

УДК 634.51:51(470.6)

ББК 42.357

Д-72

Драгавцева Ирина Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая лабораторией экологии и размещения плодовых культур Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального НИИ садоводства и виноградарства Россельхозакадемии, e-mail: i_d@list.ru;

Луговской Алексей Павлович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный руководитель центра селекции Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального НИИ садоводства и виноградарства Россельхозакадемии;

Бандурко Ирина Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая кафедрой агрономии ФГБОУ ВПО Майкопского государственного технологического университета, ведущий научный сотрудник лаборатории плодовых культур Государственного научного учреждения Майкопской опытной станции ВИР Россельхозакадемии, e-mail: 55irina@bk.ru;

Лопатина Лидия Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук;

Салфетникова Анастасия Михайловна, младший научный сотрудник лаборатории экологии и размещения плодовых культур Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального НИИ садоводства и виноградарства Россельхозакадемии, e-mail: nastyushinka_sal@mail.ru.

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ АДАПТИВНОСТИ
СОРТОВ ГРЕЦКОГО ОРЕХА В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЮГА РОССИИ**
(рецензирована)

В настоящее время, наряду с оценкой действия на растение лимитирующих факторов, имеет значение оценка пластичности и гомеостатичности сорта, его способности противостоять и сводить к минимуму последствия колебаний неблагоприятных факторов внешней среды. Генетическая основа устойчивости растений к экстремальным факторам среды, должна рассматриваться с учетом возможностей их адаптивных свойств.

Географически культура грецкого ореха получила распространение в ряде южных областей России со специфическими экологическими условиями.

Данная работа позволит более объективно подойти к оценке продуктивного и адаптивного потенциала сортов грецкого ореха, что позволит решить вопрос оптимизации их размещения в тех или иных районах Северного Кавказа.

Ключевые слова: грецкий орех, сорта, адаптивность, компьютерное моделирование, биопотенциал сорта.

Dragavtseva Irina Alexandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, professor, head of the Laboratory of Ecology of the State scientific institution of the North Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of RAAS, e-mail: i_d@list.ru;

Lugovskoy Alexey Pavlovich, Candidate of Agricultural Sciences, scientific director of the State Research Center of Breeding of the North-Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of RAAS;

Bandurko Irina Anatolievna, Doctor of Agricultural Sciences, head of the Department of Agronomy of the Faculty of Agricultural Technologies of FSBEI HPE "Maikop State Technological University", a leading researcher of the Laboratory of fruit crops of the State Scientific Institution "Maikop Experiment Station of RIP" of RAAS, e-mail: 55irina@bk.ru;

Lopatina Lydia Michailovna, Candidate of Agricultural Sciences;

Salfetnikova Anastasia Michailovna, junior researcher of the Laboratory of Ecology and Distribution of Fruit Crops of the State Scientific Institution of the North-Caucasian Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture of RAAS, e-mail: nastyushinka_sal@mail.ru.

**MATHEMATICAL MODEL FOR ASSESING THE ADAPTABILITY
OF WALNUT VARIETIES DEPENDING ON ENVIRONMENTAL CONDITIONS OF THE
SOUTHERN RUSSIA**
(Reviewed)

At present, along with an evaluation of the effect of limiting factors on the plants, evaluation of species plasticity and homeostatic properties, its ability to resist and to minimize the impact of fluctuations of environmental factors is also of great value. The genetic basis of plant resistance to extreme

environmental factors must be considered in view of their possible adaptive properties.

Geographically, the culture of walnut has spread to several southern Russian regions with specific environmental conditions. This research will enable a more objective approach to the assessment of the productive and adaptive capacity of walnut varieties that will solve the problem of optimization of their distribution in different parts of the North Caucasus.

Keywords: walnut, varieties, adaptability, computer simulation, bio-potential varieties.

Предложенная в настоящей работе математическая модель адаптивности сортов грецкого ореха построена по принципу вкладывания метеоданных в рамки периодов онтогенеза и объединяет в одном уравнении признаки двух систем – растения и среды [1; 2].

Были построены математические модели для 11 перспективных сортов – Изыщный, Пелан-1, ВПФ-52, Десертный, Масляничный, Урожайный, Заря Востока, Селекционер, Аврора, Любимый Петросяна, Совхозный. Урожайность анализировали по данным Луговского А.П. Исследования проводили в 1980-1990 гг. в период начального плодоношения.

Для проверки ограничения применения регрессивного подхода сначала проводится статистическая обработка изучаемого и факторных признаков с оценкой средних величин, их ошибок, дисперсии, вариации, t-критерия, коэффициентов корреляции, отклика с факторными признаками, т.е. проверяются статистическая достоверность и репрезентативность выборки признаков рядов.

Затем рассчитывается корреляционная матрица факторных признаков каждого с каждым, поскольку мы намерены строить линейную регрессионную модель (1), то должны выполняться требования минимума дисперсии $\sigma(i^2)$ и минимума корреляционных связей факторных признаков, включенных в комплекс

$$Y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + e_i, \quad (1)$$

где Y – изучаемый признак (отклик); x_i – факторные признаки; n – число факторных признаков.

При использовании многомерных анализов, основанных на методе наименьших квадратов, чтобы система была определена, число точек опыта должно быть не меньше числа признаков, включенных в уравнение. По предложенной методике пофазовой оценки факторных признаков получается

$$n \times m,$$

где n – число учитываемых метеофакторов; m – число учитываемых фаз развития, т.е. более 20-25.

Поставить такое же количество точек опыта исследователю очень сложно, да и не нужно, т.к. многие из признаков окажутся несущественными при формировании отклика.

Выбор признаков для анализируемого комплекса начинают с факторного анализа или с составления монофакторных регрессионных моделей.

Вначале составляют регрессионные модели, когда неизвестными являются значения одного и того же фактора, но по разным периодам развития. Например, температурная модель:

$$Y = a_0 + a_1 t_1 + a_2 t_2 + \dots + a_m t_m,$$

где t_i – средняя температура за i -ю фазу развития (или сумма температур за фазу, если нужна энергетическая характеристика среды).

И вообще в монофакторной модели

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i \quad (2)$$

- любой погодный фактор в динамике.

В результате этой части работы имеем серию монофакторных уравнений

$$Y_1 = a_{10} + a_{11} x_{11} + a_{12} x_{12} + \dots + a_{1m} x_{1m}$$

$$Y_2 = a_{20} + a_{21} x_{21} + a_{22} x_{22} + \dots + a_{2m} x_{2m}$$

$$\dots$$
$$Y_n = a_{n0} + a_{n1} x_{n1} + a_{n2} x_{n2} + \dots + a_{nm} x_{nm}$$

Каждое уравнение проходит проверку на достоверность коэффициентов уравнения и адекватность модели с оценкой доли влияния каждого фактора на изучаемый признак и общий коэффициент детерминации. Полученные уравнения участвуют в интерпретации результатов как и путевые коэффициенты и коэффициенты парной корреляции отклика с факторными признаками. Кроме того, они помогают сформировать многофакторные регрессионные модели.

Для завершающего расчетного комплекса отбирают факторы с наибольшей долей влияния, убирают высокоррелирующие и составляют многофакторную регрессионную модель зависимости изучаемого признака от изменения погодных факторов в разные фазы развития сорта. Теперь в уравнении

$$Y_n = a_{n0} + a_{n1} x_{n1} + a_{n2} x_{n2} + \dots + a_{nm} x_{nm} \quad (3)$$

a_i – может быть любой из n факторов в любую из m фаз.

После проверки модели на достоверность коэффициентов и адекватность модели приступают к описанию, интерпретации полученных результатов. Знаки «+» перед коэффициентами (при высокой доле влияния) означают повышенную потребность отклика в данном факторе в эту фазу. Знаки «-» говорят о негативной реакции растений на указанный фактор в эту фазу (с учетом доли влияния). Путевые коэффициенты помогают расшифровать механизм детерминации (прямое или косвенное влияние). Завершается эколого-генетический анализ характеристикой взаимосвязи сорта с анализируемыми признаками на разных этапах его развития.

Изучено влияние отрицательных минимальных температур на самые уязвимые фазы развития зимне-весеннего периода – органический покой, вынужденный, начало вегетации, цветение. Результаты оценки параметров пластичности и коэффициент корреляции эффективности и взаимодействия «генотип-среда» сортов грецкого ореха приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Оценка параметров пластичности и коэффициент корреляции эффективности среды и эффективности взаимодействия «генотип-среда» сортов грецкого ореха

п/п	Сорт	Средняя урожайность (ц/га)	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
1	Десертный	2,276	$Y = -0,973+0,574*1$	-0,60
2	Урожайный	6,682	$Y = -2,537+1,630*1$	0,83
3	Масляничный	4,382	$Y = 1,033+0,592*1$	-0,31
4	Заря Востока	6,827	$Y = 1,001+1,030*1$	0,04
5	Совхозный	6,855	$Y = -0,690+1,334*1$	0,31
6	Любимый Петросяна	4,840	$Y = -1,286+1,083*1$	0,15
7	Изящный	4,376	$Y = -2,341+1,187*1$	0,26
8	Аврора	7,427	$Y = 4,591+0,501*1$	-0,50
9	Селекционер	4,316	$Y = -2,294+1,169*1$	0,19
10	Пелан-1	8,813	$Y = 3,309+0,973*1$	-0,02
11	ВПФ-52	5,429	$Y = 0,184+0,927*1$	-0,09

Выявлена с помощью математического моделирования зависимость урожайности грецкого ореха от минимальных температур в разрезе фаз развития сортов.

Сорт Изящный

Уравнение связи этого сорта выше перечисленными факторами выглядит следующим образом:

$$Y = -2,6 - 0,18x_1 + 0,05x_2 + 0,05x_3 + 0,99x_4 - 0,05x_5 + 0,04x_6;$$

где x_1 – минимальные температуры в фазу органического покоя; x_2 – минимальные температуры в фазу вынужденного покоя; x_3 – минимальные температуры в начале вегетации; x_4 – в период цветения; x_5 – процент гибели сережек; x_6 – процент гибели смешанных почек; Y – урожайность сорта (ц/га).

Коэффициент детерминации по сорту Изящный оказался равен 0,20.

Столь низкий коэффициент детерминации и невысокие доли влияния признаков (над чертой каждого признака) говорят о том, что на урожай сорта Изящный за анализируемые годы наибольшее влияние оказали факторы, которые не рассмотрены в данном регрессионном анализе. Более детальный анализ показал, что сорт Изящный за годы испытаний чутко реагировал на подтопление корневой системы подпочвенными водами в весенний период, что сказалось на частичном сбрасывании полезной завязи. Кроме того, снижался процент закладки плодовых почек под урожай будущего года. Сорт имеет верхушечный тип плодоношения, характеризуется сравнительно невысокой продуктивностью.

Из полученных долей влияния более всего детерминируют урожай низкие температуры в период цветения и гибели сережек.

Повышенную зимоустойчивость сорт имеет в фазу вынужденного покоя, начала вегетации и цветения (положительный коэффициент регрессии).

В фазу органического покоя усиление мороза снижает урожай сорта в среднем на 3,3% по причине его выхода из состояния органического покоя под влиянием положительных температур.

Сорт Пелан-1

Уравнение связи:

$$Y = -6,71 - 0,67x_1 - 0,02x_2 - 0,13x_3 + 1,0x_4 - 0,07x_5 - 0,015x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,33. Причина столь низкого коэффициента

детерминации оказалась в следующем.

Сорт «Пелан-1» имеет боковой тип плодоношения, образуя на концах побегов текущего года по 2-3 плода вместе. Характеризуется высокой потенциальной завязываемостью плодов, но в отдельные годы отмечалось снижение урожайности ореха по следующим причинам:

1984 г. – часто выпадающие дожди во время цветения ореха, а также высокая относительная влажность воздуха, сравнительно низкие температуры препятствовали нормальному перекрестному опылению сорта;

1985 г. – наблюдалось подмерзание плодовых почек в результате резкого снижения температуры воздуха до $-26,5^{\circ}\text{C}$, в период вынужденного покоя (3 марта);

1986 г. – то же самое;

1988 г. – в период массового цветения мужских и женских соцветий наблюдалось кратковременное снижение температуры воздуха до -1°C , что вызвало почти полную гибель генеративных органов.

Особенно опасны для сорта оттепели в фазу органического покоя (доля влияния 14,2%). Из всех анализируемых сортов Пелан-1 не склонен к перегрузке урожаем.

Сорт ВПФ-52

$$\underline{2,9} \quad \underline{0,38} \quad \underline{11,3} \quad \underline{6,7} \quad \underline{27,2} \quad \underline{30,6}$$

$$Y=1,98+0,1x_1-0,01x_2+0,92x_3+0,72x_4-0,16x_5+0,2x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,79.

Для сорта особенно опасны заморозки в начале вегетации (11,3%) и в период цветения (6,7%). Сорт генетически не морозостоек в период начала вегетации и цветения. Урожай орехов больше всего снижается от гибели сережек (27,2%) и гибели смешанных почек (30,6%).

Сорт Десертный

$$\underline{5,4} \quad \underline{1,5} \quad \underline{5,4} \quad \underline{9,7} \quad \underline{20,8} \quad \underline{23,3}$$

$$Y=5,1-0,2x_1-0,2x_2+0,31x_3+0,77x_4-0,08x_5+0,1x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,69.

Сорт генетически не морозостоек, наиболее опасны морозы в период органического покоя (доля влияния 5,4%) и в период цветения (9,7%). Процент гибели урожая орехов от гибели сережек составляет 20,8% и от гибели смешанных почек – 23,3%.

Сорт Масляничный

$$\underline{2,5} \quad \underline{2,5} \quad \underline{9,8} \quad \underline{21,7} \quad \underline{31,5}$$

$$Y=-3,66+0,09x_1-0,22x_3+1,17x_4+0,14x_5+0,22x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,68.

Наиболее опасны для сорта морозы в фазу цветения.

Гибель урожая плодов от подмерзания сережек составляет 21,7%, от подмерзания смешанных почек – 31,5%.

Сорт Урожайный

$$\underline{6,6} \quad \underline{2,3} \quad \underline{0,8} \quad \underline{7,1} \quad \underline{15,5} \quad \underline{14,4}$$

$$Y=-6,4-0,43x_1+0,09x_2-0,13x_3+1,5x_4-0,17x_5+0,18x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,47.

Доля влияния мороза на урожай орехов гибели смешанных почек составляет 14,4%, гибели сережек – 15,5%.

Наиболее опасны для сорта отрицательные температуры в фазу органического покоя и цветения, но в меньшей степени, чем для других сортов. Сорт обладает повышенной морозостойкостью.

Сорт Заря Востока

$$\underline{7,7} \quad \underline{11,8} \quad \underline{0,5} \quad \underline{10,3} \quad \underline{18,2} \quad \underline{22,9}$$

$$Y=-3,72-0,4x_1+0,4x_2-0,05x_3+1,6x_4-0,15x_5+0,21x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,71.

Доля влияния мороза на урожай в фазу вынужденного покоя деревьев составляет 11,8%, а в фазу цветения – 10,3%.

Сорт обладает повышенной морозостойкостью.

Сорт Селекционер

$$\underline{1,5} \quad \underline{3,25} \quad \underline{2,1} \quad \underline{2,9} \quad \underline{4,3}$$

$$Y=-0,6-0,08x_1-0,12x_2+0,28x_3+0,52x_4-0,05x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,15.

Урожайность деревьев этого сорта зависит от других факторов.

Сорт высоко морозостоек. Низкие температуры мало влияют на урожайность деревьев (4,3%). Ощутимое воздействие на продуктивность растений оказывают оттепели в период

вынужденного и органического покоя ореха.

Сорт Аврора

1,3 4,6 6,9 3,2 20,6 21,4

$$Y=10,0-0,07x_1-0,16x_2+0,86x_3-0,53x_4-0,18x_5+0,2x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,58.

Больше всего страдают деревья этого сорта от гибели сережек (20,6%).

Сорт Любимый Петросяна

0,6 5,2 5,4 6,0 15,6 16,8

$$Y=1,9+0,03x_1+0,16x_2+0,6x_3+0,88x_4-0,12x_5+0,15x_6$$

Коэффициент детерминации равен 0,50.

Большое влияние на урожайность дерева ореха оказывает процент гибели сережек и смешанных почек, т.е. сорт наиболее уязвим в период цветения. Сорт не достаточно зимостоек в условиях Центральной части Кубани.

Сорт Совхозный

0,8 0,8 3,8 0,9 14,8 14,6

$$Y=10,56-0,05x_1+0,5x_2+0,7x_3-0,21x_4-0,2x_5+0,2x_6$$

Наиболее опасен для сорта период во вторую фазу биологического покоя (гибель урожая составляет 9,8%). В период органического покоя не любит оттепелей и повышения температур во время цветения. Сорт потенциально более зимостоек по сравнению с другими сортами.

У всех сортов процент гибели сережек идет со знаком минус, т.е., чем больше их погибнет, тем ниже урожай, а процент гибели смешанных почек у большинства сортов идет (за исключением сортов Пелан-1, Селекционер) со знаком плюс.

Это говорит о том, что гибель некоторой части смешанных почек (в нашем опыте около 21% по сорту Аврора) не оказывает заметного влияния на снижение продуктивности деревьев ореха.

Можно предположить, что потенциальная продуктивность сортов Пелан-1 и Селекционер выше других сортов. Они должны быть перспективны для подбора пар при селекции на урожайность и имеют более высокий ареал их размещения на юге России.

Заключение

Таким образом, несмотря на то, что потенциальная продуктивность большинства сортов ореха грецкого высока, в условиях юга России часто имеют место ощутимые повреждения его генеративных почек.

Они имеют место в фазе биологического покоя, когда абсолютный минимум составляет – 26°C и ниже; в фазе вынужденного покоя при температуре –16°C. В марте (фаза распускания) опасны заморозки ниже –10°C; при цветении опасны заморозки ниже –2°C.

Исходя из вышеизложенного, размещение сортов ореха грецкого в конкретных агроклиматических условиях выращивания следует проводить с учетом их адаптивного потенциала в разрезе фаз развития, обеспечивающего получение устойчивых урожаев за счет реализации комплекса хозяйственно ценных признаков.

По результатам комплексной оценки для районов Северного Кавказа, пригодных по климатическим параметрам для выращивания ореха грецкого, перспективны сорта Аврора, Заря востока, Пелан-1, Совхозный, Урожайный.

Литература:

1. Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Методика интегральной оценки экологической пластичности и адаптивности сортов косточковых культур. – Краснодар, 1989. – 19 с.
2. Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Методика дифференцированной оценки эколого-генетической адаптивности плодовых культур. – Краснодар, 1990. – 22 с.

References:

1. Dragavtseva I.A., Lopatina L.M. Methodology for integral assessing the eco-logical plasticity and adaptability of the varieties of stone fruits. Krasnodar, 1989. 19 p.
2. Dragavtseva I.A., Lopatina L.M. Methods for differentiated assessment of environmental and genetic adaptability of fruit crops. Krasnodar, 1990. 22 p.