

18. xRybczynski J.J., Tomiczak K., Grzyb M., Mikula A. Morphogenic events in ferns: single and multicellular explants *in vitro*. In: Current advances in fern research. Cham, Switzerland. – 2018. – 99–120 pp. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75103-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75103-0_5)

Simoes-Costa M.C., Moura I.R., Silva M.J., Duarte M.C. *In vitro* culture of spores from *Woodwardia fimbriata* Smith // Acta Hort. – 2015. – 1083. – 281–285. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1083.35>

Статья поступила в редакцию 30.04.2020 г.

**Malyarovskaya V.I., Rakhmangulov R.S., Koninskaya N.G Influence of the composition of the culture media on the development of sporophytes *Osmunda regalis* L. *in vitro*** // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 135. – P. 104-111.

One of the important stages for the propagation of the rare endangered fern *Osmunda regalis* L. through spores is the regeneration of sporophytes from gametophytes at *in vitro* culture. The article shows that the effective formation of *O. regalis* sporophytes occurred earlier (after 60 days) and in a larger percentage (51.6%) on a culture medium with a lower salt content ½ MS, and the exclusion of ammonium nitrate and vitamins from the medium is significantly enhanced the growth of sporophytes, compared with other variants of media and control.

**Keywords:** fern; endangered species; culture media; development of sporophytes; *in vitro* culture

## ПЛОДОВОДСТВО

УДК 574.2

DOI: 10.36305/0513-1634-2020-135-111-118

### НОВЫЙ ПОДХОД К СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА СОРТОВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ФЛУКТУАЦИИ КЛИМАТА

**Ирина Александровна Драгавцева, Анна Павловна Кузнецова,  
Анна Васильевна Клюкина**

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,  
виноградарства, виноделия», 350072, Краснодарский край, г. Краснодар,  
ул. 40-летия Победы, 39  
E-mail: I\_d@list.ru

Стабильность плодоношения плодовых культур зависит от воздействия на них природных факторов среды, в первую очередь климатических. Для плодовых культур (особенно косточковых) наиболее губительными оказались отрицательные температуры воздуха в зимне-весенний период, которые были выявлены при выполнении данных исследований. С целью разработки нового подхода к стабилизации продукционного процесса плодовых культур в условиях флуктуации климата проведена оценка адаптации растений двух сортов персика (Золотой Юбилей и Ветеран) в различных экологических зонах садоводства (Прикубанская и Западная предгорная Краснодарского края) в течение двух длительных периодов (1985-2000 гг. и 2001-2020 гг.), охватывающих изменения климата. Новый подход предусматривает оценку продукционного процесса растений исследуемых сортов по проявлению их адаптаций к низким температурам воздуха в зимне-весенний период в конкретные фазы онтогенеза с учетом флуктуации климата. Разработана матрица устойчивости цветковых почек, изучаемых сортов персика, по каждой фазе зимне-весеннего развития. Установлена вероятность проявления стрессовых температур, губящих их урожай за два длительных периода лет с учетом изменения климата. Выявлены наиболее уязвимые периоды наступления температурных стрессов для сортов персика в различных зонах садоводства. Показана смена рангов их адаптации к губительным температурам зимне-весеннего периода (во времени и пространстве). Даны предложения по корректировке рационального размещения сортов

персика с учетом успешности протекания продукционного процесса. Представлен алгоритм нового подхода к стабилизации продукционного процесса сортов плодовых культур.

**Ключевые слова:** *стабильность; продукционный процесс; взаимодействие генотип-среда; плодовые; персик; сорт*

### Введение

Стабильность продукционного процесса у плодовых культур во многом зависит от воздействия природных факторов среды, прежде всего климатических. Поэтому исследования взаимодействия растений с внешними условиями на фоне усиливающихся погодных стрессов очень важны для результативной работы селекционеров, селекционеров, экологов [3, 4, 10].

Изучение системы «взаимодействие генотип-среда» (ВГС) имеет длительную историю. Однако, до последнего времени методических подходов к раскрытию ее механизмов не существовало. Впервые философское понятие «единство организма и среды» возникло в 1763 г. Й. Кельрейтер считал, что любой организм что-то берет из окружающей среды и что-то в нее выделяет [6]. В 1909 г. В.Л. Иоганнсен вводит понятия «генотип» и «фенотип». Тогда же возникает новый термин – «взаимодействие генотип-среда» [5]. В 1952 г. И.М. Сеченов, И.П., Павлов, М.Е. Введенский пишут: «Организм без среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него» [11]. То есть понятие «взаимодействие генотип-среда» впервые начинает рассматриваться как система, куда входят существенные переменные, присущие как объектам живой природы, так и среде. Но их подход не объяснял и даже не предусматривал раскрытие этого взаимодействия.

Во второй половине XIX века впервые появляется теория взаимодействия генотип-среда, куда входят переменные, присущие как объектам живой природы, так и среде [1, 7, 12, 13, 15]. Начиная с исследований Г. Нильсена-Эле, развивается генетика количественных признаков живых организмов [14]. М.Д. Месарович (1970) пишет: «Следует подчеркнуть, что для прогресса в понимании сложных биологических организаций использование теории многоуровневых систем является совершенно необходимым» [8]. Основанный на этой теории подход, в отличие от традиционного аналитического, показывает, что предметами системного исследования каждого объекта являются познание специфических системообразующих связей между элементами системы, характеристики структуры этих связей, обуславливающих целостность сложного объекта и возникновение у него вновь появляющихся при изменении новых (эмерджентных) свойств. Чтобы доказать их возникновение, необходимы системные исследования по раскрытию механизма «взаимодействия генотип-среда» для проведения которых среди многих связей в системе растений необходимо, в первую очередь, выделить главные специфические системообразующие.

Целью исследований является разработка нового подхода управления продукционным процессом сортов плодовых культур по степени их адаптации к лимитирующим факторам среды в условиях флуктуации климата.

### Материалы и методы

Работа проведена на примере двух сортов персика среднего срока созревания: Золотой Юбилей (американской селекции) и Ветеран (по данным ОПХ «Центральное» ФГБНУ СКФНЦСВВ и отчетам госсортоучастков Краснодарского края – Белоглинского и Челбасского).

Оценка фенолого-пространственной и фенолого-временной адаптации сортов проведена по следующим фазам зимне-весеннего развития: органический покой,

вынужденный покой, набухание цветковых почек, распускание цветковых почек, появление лепестков, цветение.

Работа выполнена в двух зонах садоводства Краснодарского края – Прикубанская (метеостанция Краснодар) и Западная предгорная (метеостанция Горячий Ключ). Исследование проведено по двум периодам: 1985-2000 гг. (15 лет) и 2001-2020 гг. (19 лет). Методы: программа и методика сортоизучения плодово-ягодных и орехоплодных культур [9] и эколого-генетический контроль количественных признаков растений [2].

### Результаты исследования

Разрабатывается новый методический подход к оценке и стабилизации продукционного процесса генотипов плодовых культур по проявлению их адаптации к условиям внешней среды в конкретные фазы онтогенеза в связи с флуктуацией климата.

Для анализа температурных ограничений зимне-весеннего периода, влияющих на получение урожаев анализируемых сортов персика, разработана матрица устойчивости их цветковых почек по каждой фазе зимне-весеннего развития (таблица 1).

Таблица 1

**Уровни губительных температур воздуха (°C) в зимне-весенний период для цветковых почек сортов персика (Золотой Юбилей, Ветеран) по фазам зимне-весеннего развития**

Сорт	Фазы развития											
	Органический покой		Вынужденный покой		Набухание цветковых почек		Распускание цветковых почек		Появление лепестков		Цветение	
	Декады	Абсолютный минимум, °С	Декады	Абсолютный минимум, °С	Декады	Абсолютный минимум, °С	Декады	Абсолютный минимум, °С	Декады	Абсолютный минимум, °С	Декады	Абсолютный минимум, °С
Золотой Юбилей	Январь I, II, III	< -25	Февраль I, II	< -24 < -22	Февраль III	< -20	Март I II III	< -15 < -13 < -10	Апрель I II	< -5 < -5	Апрель II III	< -5 < -2
Ветеран	Январь I, II	< -26	Январь III Февраль I, II	< -26 < -26	Февраль III	< -21	Март I II III	< -15 < -13 < -10	Апрель I II	< -5 < -5	Апрель II III	< -5 < -2

Из таблицы следует, что в фазу органического покоя обоих сортов цветковые почки гибнут при различном минимуме температуры. Сорт Ветеран более устойчив в фазу органического покоя и набухания цветковых почек.

С целью оценки адаптивной реакции сортов персика на неблагоприятные условия зимне-весеннего периода, вызывающие гибель цветковых почек, установлена вероятность их проявления по фазам развития за два длительных периода первый за 15 лет (1985-2001 гг.) и второй за 19 лет (2001-2020 гг.), охватывающих изменения климата (табл. 2-5).

Таблица 2

**Проявление губительных температур зимне-весеннего периода (°C) для цветковых почек персика сорта Золотой Юбилей в Прикубанской зоне садоводства (метеостанция г. Краснодар), 1985-2020 гг.**

Месяц/ декада	Фазы развития	Абсолютный минимум, (лимитирующий фактор) °C	1985-2000 гг.		2001-2020 гг.	
			Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум	Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум
январь						
I	органический покой	< -25	1988	-26,5		
II						
III					2006	-27,7
февраль						
I	вынужденный покой	< -24				
II		< -22	1991	-23,5		
III		< -20	1986	-23,2		
март						
I	распускание цветковых почек	< -15	1985	-26,5		
II		< -13	1986	-25,6		
III		< -10				
апрель						
I	появление лепестков	< -5				
II						
II	цветение	< -5			2020	-9
III		< -2				

Таблица 3

**Проявление губительных температур зимне-весеннего периода (°C) для цветковых почек персика сорта Золотой Юбилей в Предгорной зоне садоводства (метеостанция г. Горячий ключ), 1985-2020 гг.**

Месяц/ декада	Фазы развития	Абсолютный минимум, (лимитирующий фактор) °C	1985-2000 гг.		2001-2020 гг.	
			Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум	Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум
январь						
I	органический покой	< -25	1987	-26,5	2002	-27,0
II					2006	-31,0
III						
февраль						
I	вынужденный покой	< -26	1985	-25,0	2012	-26,0
II			1991	-27,0		
III	набухание цветковых почек	< -21	1986	-23,2		
март						
I	распускание цветковых почек	< -15				
II		< -13	1986	-18,0		
III		< -10				
апрель						
I	появление лепестков	< -5				
II						
II	цветение	< -5			2020	-10,0
III		< -2				

Таблица 4

**Проявление губительных температур зимне-весеннего периода (°С) для цветковых почек персика сорта Ветеран в Прикубанской зоне садоводства (метеостанция г. Краснодар), 1985-2020 гг.**

Месяц/ декада	Фазы развития	Абсолютный минимум (лимитирующий фактор), °С	1985-2000 гг.		2001-2020 гг.	
			Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум	Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум
январь						
I	органический покой	< -26	1988	-26,5		
II						
III					2006	-27,7
февраль						
I	вынужденный покой	< -26				
II						
III	набухание цветковых почек	< -21	1986	-23,2		
март						
I	распускание цветковых почек	< -15	1985	-26,5		
II	распускание цветковых почек	< -13				
III		< -10				
апрель						
I	появление лепестков	< -5				
II						
II	цветение	< -5			2020	-9
III		< -2				

Таблица 5

**Проявление губительных температур зимне-весеннего периода (°С) для цветковых почек персика сорта Ветеран в Предгорной зоне садоводства (метеостанция г. Горячий Ключ), 1985-2020 гг.**

Месяц/ декада	Фазы развития	Абсолютный минимум (лимитирующий фактор), °С	1985-2000 гг.		2001-2020 гг.	
			Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум	Фактические годы проявления	Фактический абсолютный минимум
январь						
I	органический покой	< -26			2002	-27,0
II					2006	-31,0
III						
февраль						
I	вынужденный покой	< -26	1991	-27,0	2012	-26,0
II						
III	набухание цветковых почек	< -21				
март						
I	распускание цветковых почек	< -15				
II		< -13				
III		< -10				
апрель						
I	появление лепестков	< -5				
II					2020	-10,0
II	цветение	< -5				
III		< -2				

В результате выявлена пространственно-временная вероятность проявления губительных для цветковых почек изучаемых сортов персика отрицательных температур зимне-весеннего периода (таблица 6).

Таблица 6

**Вероятность (%) наступления температурных стрессов зимне-весеннего периода, снижающих урожай изучаемых сортов персика (Золотой Юбилей, Ветеран) в двух зонах садоводства (Прикубанская и Западная предгорная) за длительный временной период (1985-2020 гг.)**

Название сорта	Периоды лет	
	1985-2000	2001-2020
Золотой Юбилей	Метеостанция г. Краснодар	
	33,3	10,5
	Метеостанция г. Горячий ключ	
	33,3	21,0
Ветеран	Метеостанция г. Краснодар	
	20,0	10,5
	Метеостанция г. Горячий ключ	
	6,6	21,0

Показана смена рангов адаптации изучаемых сортов персика к губительным зимне-весенним температурам по периодам исследуемых лет и точкам изучения (таблица 7).

Таблица 7

**Смена рангов морозостойкости сортов персика в разных зонах садоводства Краснодарского края по исследуемым периодам (1985-2020 гг.) в условиях изменения климата**

Название сорта	Метеостанция г. Краснодар		Метеостанция г. Горячий Ключ	
	Вероятность гибели	Ранги	Вероятность гибели	Ранги
Период 1985-2000 гг.				
Золотой Юбилей	33,3	2	10,5	1
Ветеран	20,0	2	10,5	1
Период 2001-2020 гг.				
<b>Золотой Юбилей</b>	<b>33,3</b>	<b>2</b>	<b>21,0</b>	<b>1</b>
Ветеран	6,6	1	21,0	2

Ранжирование вероятности гибели урожая сортов персика от низких температур по периодам лет (по вертикали) и пунктам изучения (по горизонтали) показало различную реакцию сортов на отрицательные температуры, лимитирующие урожай в зимне-весенний период, который детерминирован проявлением генетико-физиологических систем сортов. Меняется статус морозостойкости (а, следовательно, урожайности) сорта. Происходит смена рангов устойчивости сортов к морозам при смене лимитов среды. В таблице представлены ранги от низкой вероятности проявления морозов к более высокой.

Проведенный анализ полученных результатов показал, что у сорта Золотой Юбилей в Прикубанской зоне вероятность гибели генеративных почек в 1985-2000 гг. выше, чем в Западной предгорной. У сорта Ветеран в этот период отмечена такая же тенденция. В 2001-2020 гг. у сорта Золотой Юбилей на территории Прикубанской зоны выявлена вероятность гибели генеративных почек на том же уровне, что и в 1985-

2000гг. Однако в Западной предгорной зоне у этого сорта вероятность их гибели была вдвое выше. Ранжирование проведено в том же порядке, как и в период 1985-2000гг. Сорт Ветеран на территории Прикубанской зоны отличается самыми низкими значениями вероятности гибели генеративных почек растений. На территории Предгорной зоны она увеличилась в три раза, что и привело к смене рангов.

Следовательно, лучшие условия для плодоношения сортов персика Золотой Юбилей и Ветеран складываются в последний анализируемый период (2001-2020 гг.) в условиях Прикубанской зоны Краснодарского края. Для сорта Ветеран в этот период условия его выращивания в Западных предгорьях ухудшились.

Таким образом, проведенные исследования раскрывают новый подход к стабилизации продукционного процесса сортов плодовых культур в условиях флуктуации климата, который имеет следующий алгоритм:

- проведение анализа перемещения стресс-факторов среды для культур и сортов во времени пространстве;
- проведение учета устойчивости культур и сортов к лимитам среды по фазам развития, выраженной в количественных показателях;
- ранжирование сортов по их устойчивости при смене различных лимитов среды;
- выделение сортов с максимальной устойчивостью к лимитирующим факторам среды на конкретных территориях.

### Выводы

1. Разработана методология и алгоритм стабилизации продукционного процесса у плодовых культур (на примере сортов персика) в меняющихся климатических условиях.
2. Проведена оценка фенолого-пространственной и фенолого-временной адаптации изучаемых сортов персика к изменяющимся условиям среды.
3. Полученные результаты позволяют усовершенствовать создание устойчивых плодовых агроценозов в условиях изменения климата; повысить урожайность плодовых культур и сортов за счет их рационального размещения.

*Публикуется в рамках гранта №19-44-230023 р\_а и госзадания № 0689-2019-004*

### Список литературы

1. *Винер Н.* Кибернетика, или управление и связь в животном и машине // Вестник АН СССР. – 1964. – №7. – С. 1-20.
2. *Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М., Нечипоренко Н.Н.* Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Доклады АН СССР. – 1984. – 274(3). – С. 720-723.
3. *Драгавцева И.А., Савин И.Ю.* Управление продуктивностью и продукционным процессом плодовых культур на основе закономерностей их генетических и фенотипических изменений при смене лимитов внешней среды // Садоводство и виноградарство. – 2020. – №1. – С. 39-48.
4. *Драгавцева И.А., Кузнецова А.П., Савин И.Ю., Прудникова Е.Ю.* Пути обеспечения стабильности плодоношения сортов плодовых на основе оценки их адаптационного потенциала в изменяющихся условиях среды // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 3. – С. 34-42.

5. *Йоганнсен В.Л.* Элементы точного учения об изменчивости и наследственности. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1933. – 165 с.
6. *Кельрейтер Й.Г.* Учение о поле и гибридизации растений. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1940. – 137 с.
7. *Кастлер Г.* Место теории информации в биологии / Теория информации в биологии. – М.: Мир, 1960. – 188 с.
8. *Месарович М.Д.* Теория систем и биология: точка зрения и теоретика / Системные исследования. Ежегодник. – М., 1970. – С. 137-163.
9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
10. *Попов Е.Б., Драгавцев В.А., Малецкий С.И.* Три кита эконики. – СПб.: Вуиздат, 2020. – 82 с.
11. *Сеченов И.М., Павлов И.П., Введенский М.Е.* Физиология нервной системы. – М.: Медгиз, 1952. – 142 с.
12. *Эшби У.Р.* Введение в кибернетику. – М.-Л.: Изд-во иностр. лит, 1959. – 362 с.
13. *Bertalanfy L.* General System Theory – A Critical Review // General Systems. – Vol. VII. – 1962. – P. 1-20.
14. *Nilson-Ele G.* Genetics of quantitative characters. – Sweden, Svalyof, – 1927. – 84 pp.
15. *Shannon C.E.* A Mathematical Theory of Communication // Technical Journal. – Vol. 27. – 1948. – P. 623-656.

*Статья поступила в редакцию 14.05.2020 г.*

**Dragavtseva I.A., Kuznetsova A.P., Klyukina A.V. A new approach to stabilization of the production process of fruit culture cultivars under climate fluctuation** // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2020. – № 135. – P. 111-118.

The stability of fruiting of fruit crops is highly dependent on exposure to natural environmental factors, primarily climate. For fruit crops (especially stone fruit) most destructive were negative air temperatures in winter and spring, which was revealed with the execution of this research.

With the aim of developing a new approach to stabilization of production process of fruit crops in conditions of climate fluctuations assessment of plant adaptation of two peach cultivars (Golden Jubilee and the Veteran) in different ecological zones of horticulture (the Kuban and the Western foothills of the Krasnodar territory) for two long periods – 1985-2000 and 2001-2020, covering climate change. The new approach provides for the evaluation of plant production process of the studied cultivars on the manifestation of their adaptation to low temperatures in the winter-spring period in the particular phases of ontogenesis, with the consideration of the fluctuations of climate.

The matrix of flower buds stability of the studied peach cultivars was worked out for each phase of winter-spring development. The probability of occurrence of stressful temperatures that destroy their crops over two long periods of years, taking into account climate change, was established. The most vulnerable periods of onset of temperature stress for peach cultivars in various areas of horticulture were identified. It shows the change in the ranks of their adaptation to the destructive temperatures of the winter-spring period (in time and space). Suggestions are given for adjusting the rational placement of peach cultivars, taking into account the success of the production process. The algorithm of a new approach to the stabilization of the production process of cultivars of fruit crops is presented.

**Keywords:** *stability; production process; interaction genotype-environment; fruit; peach; cultivar*