

Выявление «узких мест» в системах адаптивности сортов персика к конкретным абиотическим, лимитирующим рост и развитие растений факторам, воздействующим на отдельные фазы онтогенеза, для создания оптимальных алгоритмов дальнейшей селекции

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-112-119



УДК 631.52; 631.527; 634.2

Поступление/Received: 01.06.2020

Принято/Accepted: 23.12.2020

И. А. ДРАГАВЦЕВА^{1*}, В. А. ДРАГАВЦЕВ²,
А. Р. КУЗНЕЦОВА¹, А. В. КЛЮКИНА¹

¹ Северо-Кавказский Федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, 350072 Россия, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39

* I_d@list.ru

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», 195220 Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14
 dravial@mail.ru

Identification of “bottlenecks” in the systems of adaptability in peach cultivars to specific abiotic factors limiting plant growth and development and affecting individual phases of ontogenesis to develop optimal algorithms for further breeding

I. A. DRAGAVTSEVA¹, V. A. DRAGAVTSEV²,
A. P. KUZNETSOVA¹, A. V. KLYUKINA¹

¹ North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, 39 40-letiya Pobedy St., Krasnodar 350901, Russia

* I_d@list.ru

² Agrophysical Research Institute, 14 Grazhdanskiy Ave., St. Petersburg 195220, Russia
 dravial@mail.ru

Современная селекция, особенно плодовых культур, десятилетия произрастающих на одном и том же месте, требует новой стратегии создания устойчивых к абиотическим факторам среды сортов. Необходим более глубокий анализ явлений взаимодействия «генотип – среда» (ВГС), так как современные исследования показали, что уровень продуктивности и урожая растений определяется не специфическими «генами количественных признаков», а главным образом эмерджентными (вновь возникающими при смене лим-фактора среды на онтогенетическом и фитоценотическом уровнях) эффектами взаимодействия «генотип – среда». Необходимы новые знания о величинах вкладов в продуктивность сорта каждой из генетико-физиологических систем адаптивности растений (ГФС-ад) при воздействии конкретного лим-фактора среды на конкретную фазу онтогенеза. Впервые с целью поиска перспективных для дальнейшей селекции генотипов персика мы провели изучение их адаптивности к низким отрицательным температурам в разных зонах садоводства Краснодарского края.

Проанализированы сдвиги моментов воздействий низкотемпературных стресс-факторов среды по фазам развития растений сортов (по причине изменения климата) во временном интервале 1985–2018 гг.

Выявлено наличие наследственных адаптивных резервов повышения продуктивности персика по каждой фазе развития в процессе изучения феноменов ВГС. Даны рекомендации селекционерам по фазовой селекции будущих сортов – как защитить их продукционный процесс в каждой фазе развития от негативных воздействий низких температур.

Ключевые слова: селекция плодовых культур, абиотические стрессоры, алгоритмы оценки устойчивости сортов по фазам развития.

Modern breeding, especially when fruit plants cultivated for decades at the same location are concerned, requires a new strategy to develop cultivars resistant to abiotic lim-factors of the environment. A more in-depth analysis of genotype–environment interaction phenomena is needed, as modern studies have shown that the level of plant productivity and yields is determined not by specific “genes of quantitative traits”, but mainly by the emergent (newly occurring when a lim-factor of the environment changes at the ontogenetic and phytocenotic levels) effects of the genotype–environment interaction (GEI). New knowledge is needed about the values of contributions to the productivity of a cultivar made by each of the genetic–physiological systems of plant adaptability (GPS-ad) when exposed to a particular lim-factor of the environment at a particular phase of ontogenesis. For the first time, aiming at finding promising peach genotypes for further breeding, we studied their adaptability to low temperatures in different horticulture zones of Krasnodar Territory.

Shifts in the effects of low-temperature environmental stressors in the developmental phases of cultivars (produced by climate change) were analyzed in the time interval of 1985–2018.

The presence of hereditary adaptive reserves for increasing peach productivity for each phase of development in the process of studying the phenomena of GEI was disclosed. Recommendations are given to breeders on phase-to-phase breeding of future cultivars: how to protect their production process at each developmental phase from negative effects of low temperatures.

Key words: breeding of fruit crops, adaptive systems, abiotic stressors, algorithms for assessing the stability of cultivars by their development phases.

Введение

Создание сортов плодовых культур, соответствующих современным требованиям производства плодовой продукции, требует более четкого и глубокого анализа динамики лимитирующих факторов среды, влияющих на фенотипические проявления основных хозяйственно ценных признаков в рамках явления ВГС (смены рангов сортов по признаку продуктивности от года к году). Роль исследований динамики смены лим-факторов среды по фазам онтогенеза становится особенно важной в связи с изменениями климата, усилением и сдвигами во времени «ударов» лим-факторов среды по разным фазам развития растений.

Доказано, что уровни продуктивности и урожая растений определяются не специфическими генами количественных признаков, а эффектами ВГС – эмерджентными (вновь возникающими) свойствами высоких уровней организации жизни – онтогенетического и фитотенотического. Теория эколого-генетической организации количественных признаков (Dragavtsev et al., 1984) доказала, что специфических генов (QTL) для признаков продуктивности, проявляющих феномен ВГС, в природе не существует. ВГС отсутствуют на молекулярном уровне. Теория в экспериментах подтвердила, что при смене лим-фактора внешней среды, лимитирующего рост и развитие растения, меняются спектр (набор) и число продуктов генов, детерминирующих один и тот же количественный признак продуктивности.

Эксперты ФАО ООН в отчете за 2014 г. засвидетельствовали возникновение глубокого глобального кризиса в сельскохозяйственном производстве в XXI веке. Они подчеркнули, что на основе мирового опыта стало ясно, что техногенная интенсификация растениеводства не способна решить проблему дальнейшего повышения урожая, но при этом связана с ростом энергозатрат и нарушением экологического равновесия в природе. Они отметили, что возникший глобальный кризис требует новой стратегии – биологизации растениеводства, то есть создания устойчивых к абиотическим и биотическим факторам среды новых сортов, гибридов и видов сельскохозяйственных растений (Dragavtseva et al., 2019a).

Цель работы – выявить наличие наследственных адаптивных резервов у существующих сортов персика по фазам развития растений для использования их в дальнейшей селекции.

Материалы и методы

В настоящей работе изучали «узкие места» в адаптивности цветковых почек к низким температурам у трех сортов персика по разным фазам зимне-весеннего онтогенеза во временном ряду 1985–2018 гг. в трех зонах Краснодарского края. Эта информация необходима для дальнейшего осмысленного подбора родительских пар для гибридизации при конструировании новых сортов.

Исследовали реакции растений трех сортов персика на низкотемпературные стрессоры зимне-весеннего периода:

- ‘Коллинз’ – американской селекции;
- ‘Сочный’ – селекции Никитского ботанического сада;
- ‘Фаворита Мореттини’ – итальянской селекции.

Место проведения исследования – зоны садоводства Краснодарского края: Прикубанская зона (метеостанция г. Краснодар), Предгорная зона (метеостанция г. Горячий ключ), Степная зона (метеостанция г. Тихорецк).

Годы проведения исследования (1985–2018 гг.) разделены на два периода: 1985–2000 и 2001–2018 гг.

Наблюдения и учеты проводились по общепринятой в РФ «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Sedov, Ogoltsova, 1999).

Изучение отклика растений сортов персика на смену лимитирующих факторов среды по фазам онтогенеза осуществлена на основе нового методического подхода к управлению продукционным процессом плодовых культур (Dragavtseva et al., 2019b).

Краткая история проблемы

В простейшей форме селекция плодовых культур ведется с глубокой древности. Еще 3 тысячи лет назад в Ассирии-Вавилонии скрещивали формы финиковых пальм (Kocherina, Dragavtsev, 2008). В XVII столетии жители древней Италии и Франции стали применять искусственную гибридизацию в селекции плодовых растений (Rubtsov, 1936).

Отбирая лучшие сеянцы от посева семян имеющихся сортов, а также прибегая к их искусственной гибридизации, оригинаторы Бельгии, Франции и Германии в XIX столетии обогатили мировую коллекцию новыми европейскими сортами яблони, груши, сливы, вишни, черешни, персика, абрикоса, которые стали составлять основу промышленной культуры плодоводства во всем мире.

В последней четверти XIX столетия ведущая роль в селекции плодовых переходит к странам Северной Америки, где были начаты работы по использованию мирового разнообразия плодовых культур и их диких родичей (например, яблони Сиверса и диких форм абрикоса из Южного Казахстана) (John et al., 1914).

В XX столетии в Европе начинается развитие генетики и цитологии (гибридологический и цитологический анализы), изучение полиплоидии, изучение влияния подвоев, экологические и географические испытания и пр.) (Williams, 1968).

Но до сих пор, несмотря на глубокую древность, традиционные технологии селекции продолжают оставаться главными технологиями селекционного улучшения видов, причем они сами (технологии отбора, технологии подбора родительских пар) почти не улучшились за тысячелетия.

Вместе с тем проблема создания теории селекции и новых современных технологий конструирования сортов волнует плодоводов не одно столетие. Академик Н. И. Вавилов писал о необходимости создания теории селекции растений: «Мы не отказываемся от селекции как искусства, но для уверенности, быстроты и преемственности в работе мы нуждаемся в твердой, разработанной конкретной теории селекционного процесса» (Vavilov, 1935, p. 8).

Во второй половине прошлого века прогрессивные биологи (Kekser, 1963; Waddington, 1964) и эпигенетики пришли к выводу, что «...у живых организмов существуют мощные регуляторные элементы (в геноме и на уровне клетки), которые контролируют работу генов. Эти сигналы накладываются на генетику и часто по-

своему решают “быть или не быть”...» (Vanyushin, 2004, p. 33).

Возникла новая ветвь общей биологии – «эпигенетика» – наука, изучающая регуляцию систем на надгенных уровнях организации жизни («эпи» означает – «над») (Dragavtsev, Maletsky, 2016).

Эпигенетика наследования изучает все феномены возникновения и передачи по наследству всех морфологических, физиологических и биохимических свойств организмов при полной неизменности структуры ДНК.

Эпигенетика развития в константной комфортной среде изучает динамику онтогенезов вне влияния лимитирующих факторов внешней среды.

Эпигенетика развития на фоне смены лимитирующих факторов среды (экологическая генетика) изучает более сложные эколого-генетические системы регуляции.

В настоящее время эпигенетики из США, России, Бразилии и Сингапура разработали приоритетный проект «Глобальная эпигенетика», а коллективы из двенадцати государств Евросоюза, а также Индии и Африки уже несколько лет работают над проектом «От генотипа к фенотипу – холистический поход (GEN2PHEN)». Их работы показывают, что для обеспечения максимального результата продукционного процесса и выведения селекции на современный уровень, необходимы новые знания о взаимоотношениях между генетико-физиологическими системами растения и динамикой лим-факторов среды по всем фазам онтогенеза (Dragavtsev et al, 2016; Dragavtsev, 1984; Dragavtsev, 2017; Meloni, Testa, 2015).

Академик А. А. Жученко в 2010 году пришел к верному выводу, что «генов урожайности как таковых не существует, а величины и качество урожаев обеспечиваются особенностями систем онтогенетической и филогенетической адаптаций и характером их взаимодействия

(вновь возникающими эмерджентными свойствами) на разных уровнях организации жизни» (Zhuchenko, 2010, p. 88).

Результаты и обсуждение

Впервые с целью поиска наиболее перспективных для дальнейшей селекции генотипов персика проведено изучение их адаптивности к низким температурам в длинном временном ряду и в трех зонах Краснодарского края.

Работу вели по следующим основным направлениям:

1. Выявление наличия наследственных резервов повышения морозоустойчивости изучаемых сортов персика для каждой фазы развития.

2. Доказательство наличия феноменов ВГС у сортов персика, приводящих к сдвигу рангов признака морозостойкости генотипов при смене лимитирующих факторов среды.

3. Развитие новых подходов к селекции плодовых культур по фазам их развития («фазовая селекция»), то есть подбор сортов-доноров по степени адаптивности каждой фазы развития сорта к конкретным лим-факторам среды.

В фазе органического покоя губительные стрессоры по сортам колеблются между –20 и –24°C. В фазе вынужденного покоя – между –18 и –22°C. В фазе набухания цветковых почек – между –14 и –20°C, их распускания – между –8 и –15°C. При появлении лепестков – между –5 и –8°C. Наименьший разброс губительных температур – в фазе цветения (–3 и –4°C). Данные таблицы 1 доказывают наличие механизма ВГС у сортов персика.

Наличие наследственных резервов повышения морозоустойчивости выбранных сортов персика показано в таблице 2.

Таблица 1. Вероятность (%) проявления низкотемпературных стрессоров в зимне-весенний период, «срезающих» урожаи сортов персика

Table 1. Probability (%) of the manifestation of low-temperature stressors in the winter/spring period, which destruct the yield of peach cultivars

Название сорта	Метеостанция	Периоды лет	
		1986–2000	2001–2018
Коллинз	г. Краснодар	18,5	5,9
	г. Горячий ключ	12,5	22,2
	г. Тихорецк	20,0	33,3
Сочный	г. Краснодар	25,0	5,9
	г. Горячий ключ	12,5	23,2
	г. Тихорецк	20,0	35,5
Фаворита Мореттини	г. Краснодар	25,0	5,9
	г. Горячий ключ	11,7	16,6
	г. Тихорецк	31,2	16,6

Таблица 2. Уровни губительных низких температур воздуха (°C) для цветковых почек сортов персика (Коллинз, Фаворита Мореттини и Сочный) по фазам зимне-весеннего развития (усредненные данные по временному периоду 1985–2018 гг.)

Table 2. Levels of low air temperatures (°C) destructive for flower buds of peach cultivars (Collins, Favorita Morettini and Sochny) by phases of winter/spring development (mean data for the period of 1985–2018)

Фазы развития												
Названия сортов	Органический покой		Вынужденный покой		Набухание цветковых почек		Распускание цветковых почек		Появление лепестков		Цветение	
	Декады	Абсолютный минимум	Декады	Абсолютный минимум	Декады	Абсолютный минимум	Декады	Абсолютный минимум	Декады	Абсолютный минимум	Декады	Абсолютный минимум
Коллинз (контроль, районирован)	Январь I, II	- 24,0 - 23,0	Январь III Февраль I, II	-22,0	Февраль III	-20,0	Март I II	-15,0 -13,0	Март III	-5,0	Апрель I	-3,0
Сочный	Январь I, II, III	-26,0	Февраль I, II	-24,0	Февраль III	-14,0	Март I II	-15,0 -12,0	Март III Апрель I	-8,0 -6,0	Апрель I	-3,0
Фаворита Мореттини	Январь I, II Январь III	-22,0 -20,0	Январь III Февраль I, II	-20,0 -18,0	Февраль III	-18,0	Март I II	-10,0 -8,0	Март III	-5,0	Апрель I	-4,0

Выявлены пространственно-временные вероятности проявления губительных для цветковых почек изучаемых сортов персика отрицательных температур зимне-весеннего периода.

Таблица 3 показывает сдвиги рангов продуктивности морозостойкости генотипов при смене лимитирующего фактора среды.

Наличие «узких» мест в устойчивости сортов персика по фазам онтогенеза к клим-фактору «мороз» (для дальнейшего подбора родительских пар) показано на рисунках 1–3. Зеленым цветом обозначены фазы развития растений с пониженной устойчивостью к морозам, а вероятности показывают частоту проявления низких губительных температур.

Таблица 3 Смена рангов морозостойкости сортов персика в трех зонах Краснодарского края при изменении критических минимумов температуры зимне-весеннего периода

Table 3. Shifts in the ranks of frost resistance in peach cultivars in three zones of Krasnodar Territory with changes in critical temperature minima in the winter/spring period

Полное название сорта	Сокращенное название сорта	Метеостанция г. Краснодар		Метеостанция г. Горячий Ключ		Метеостанция г. Тихорецк	
		Вероятность гибели цветковых почек, %	Ранги	Вероятность гибели цветковых почек, %	Ранги	Вероятность гибели цветковых почек, %	Ранги
Период 1986–2000 гг.							
Коллинз	К	18,5	2	12,5	1	20,0	3
Сочный	С	25,0	3	12,5	1	20,0	2
Фаворита Мореттини	Ф	25,0	2	11,7	1	31,2	3
Период 2001–2018 гг.							
Коллинз	К	5,9	1	22,2	2	33,3	3
Сочный	С	5,9	1	23,2	2	33,5	3
Фаворита Мореттини	Ф	5,9	1	16,6	2	16,6	2

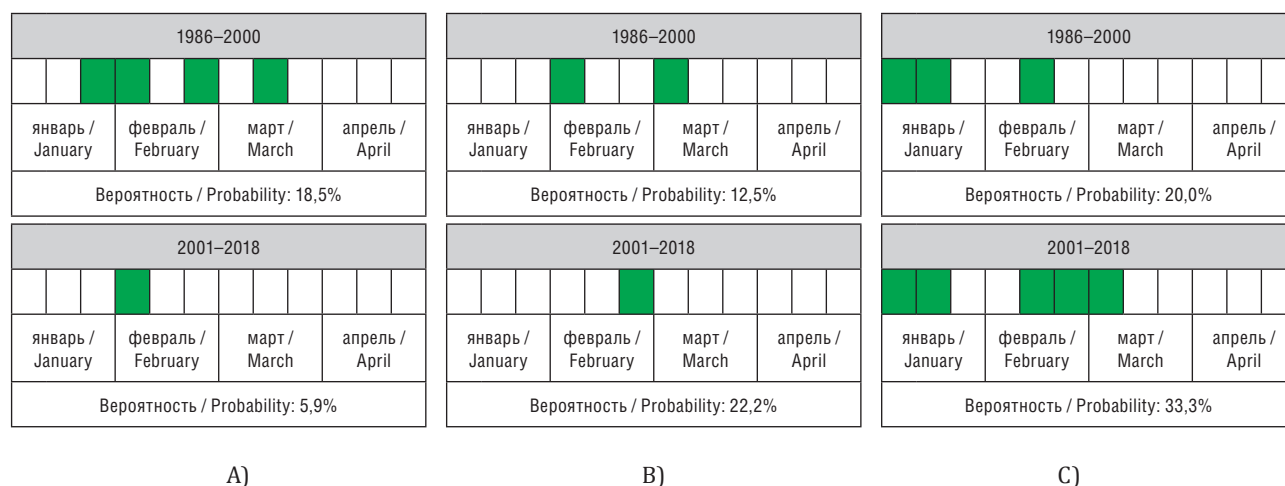


Рис. 1. Гибель цветковых почек персика сорта Коллинз от низких отрицательных температур, периоды 1986–2000 и 2001–2018 гг., взятых из данных:

- A) метеостанции г. Краснодар (Прикубанская зона Краснодарского края),
 B) метеостанции г. Горячий Ключ (Предгорная зона Краснодарского края),
 C) метеостанции г. Тихорецк (Степная зона Краснодарского края)

Fig. 1. Destruction of peach flower buds in cv. Collins by low temperatures, 1986–2000 and 2001–2018, reported by:

- A) the meteorological station in Krasnodar (Near-Kuban zone, Krasnodar Territory),
 B) the meteorological station in Goryachy Klyuch (Foothill zone, Krasnodar Territory),
 C) the meteorological station in Tikhoretsk (Steppe zone, Krasnodar Territory)

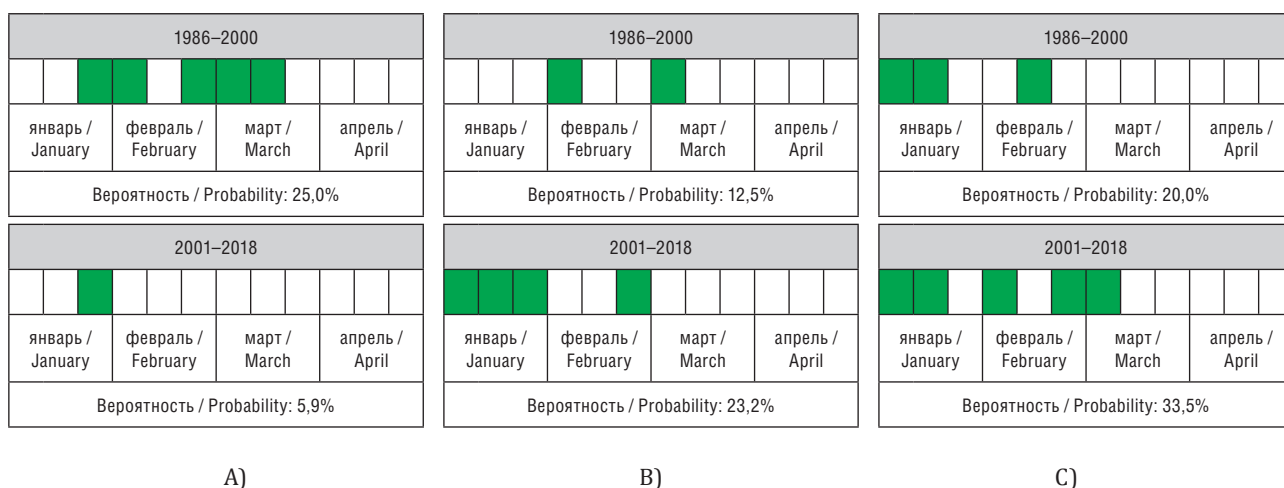


Рис. 2. Гибель цветковых почек персика сорта Сочный от низких отрицательных температур, периоды 1986–2000 и 2001–2018 гг., взятых из данных:

A) метеостанции г. Краснодар (Прикубанская зона Краснодарского края),

B) метеостанции г. Горячий Ключ (Предгорная зона Краснодарского края),

C) метеостанции г. Тихорецк (Степная зона Краснодарского края)

Fig. 2. Destruction of peach flower buds in cv. Sochny by low temperatures, 1986–2000 and 2001–2018, reported by:

A) the meteorological station in Krasnodar (Near-Kuban zone, Krasnodar Territory),

B) the meteorological station in Goryachy Klyuch (Foothill zone, Krasnodar Territory),

C) the meteorological station in Tikhoretsk (Steppe zone, Krasnodar Territory)

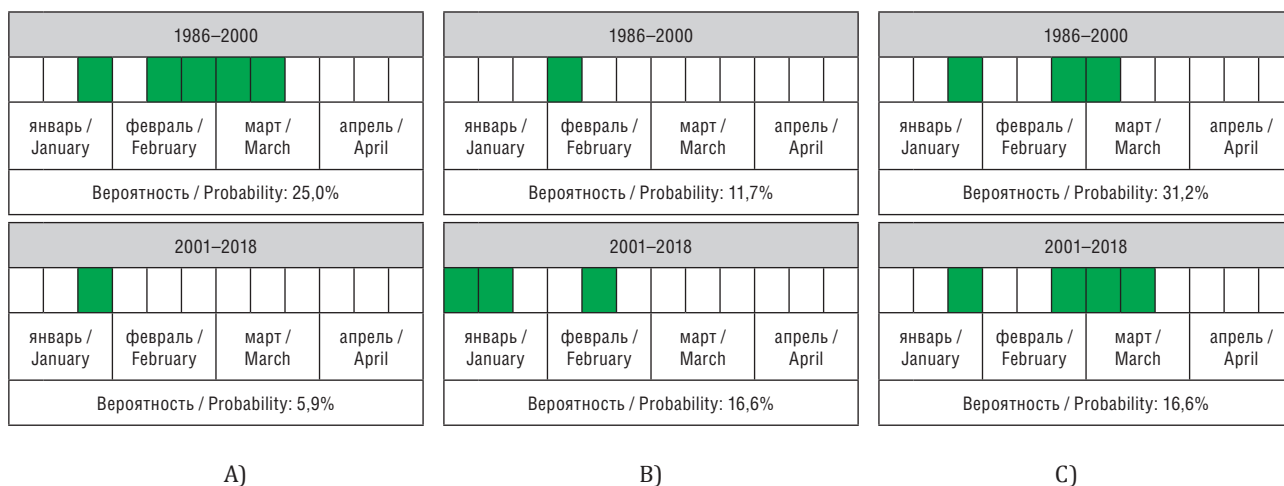


Рис. 3. Гибель цветковых почек персика сорта Фаворита Мореттини от низких отрицательных температур, периоды 1986–2000 и 2001–2018 гг., взятых из данных:

A) метеостанции г. Краснодар (Прикубанская зона Краснодарского края),

B) метеостанции г. Горячий Ключ (Предгорная зона Краснодарского края),

C) метеостанции г. Тихорецк (Степная зона Краснодарского края)

Fig. 3. Destruction of peach flower buds in cv. Favorita Morettini by low temperatures, 1986–2000 and 2001–2018, reported by:

A) the meteorological station in Krasnodar (Near-Kuban zone, Krasnodar Territory),

B) the meteorological station in Goryachy Klyuch (Foothill zone, Krasnodar Territory),

C) the meteorological station in Tikhoretsk (Steppe zone, Krasnodar Territory)

Приведенные результаты позволяют утверждать, что сорт 'Коллинз' имеет самое «узкое место» по устойчивости к стрессору «мороз» в фазе вынужденного покоя.

Сорта 'Фаворита Мореттини' и 'Сочный' наиболее устойчивы в фазах набухания и распускания цветковых почек.

Данная информация позволяет дать рекомендации селекционерам по фазовой селекции новых сортов с высокой защитой их продукционного процесса в каждой фазе развития от негативных низкотемпературных воздействий.

Заключение

Данное исследование позволило сделать следующее:

- проанализировать перемещения «ударов» стресс-факторов среды по фазам развития растений сортов персика в процессе изменения климата;
- выявить наличие наследственных адаптивных резервов повышения продуктивности сортов персика по каждой фазе развития в процессе изучения феноменов взаимодействия «генотип – среда»;
- дать рекомендации селекционерам по фазовой селекции будущих сортов для высокой защиты их продукционного процесса по каждой фазе развития растений от негативных воздействий низких температур.

Публикуется в рамках гранта № 19-44-230023 РФ и темы № 0689-2019-00 госзадания ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Published under Grant No. 19-44-230023 of the Russian Federation and Topic No. 0689-2019-00 of the State Task posed to the North-Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making.

References / Литература

- Dragavtsev V.A., Dragavtseva I.A., Efimova I.L., Morenets A.S., Savin I.Y. Management by "genotype-environment" interaction – most important lever for increase of cultivated plants yield. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2016;59:105-121. [in Russian] (Драгавцев В.А., Драгавцева И.А., Ефимова И.Л., Моренец А.С., Савин И.Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» – важнейший рычаг повышения урожая сельскохозяйственных растений. *Труды КубГАУ*. 2016;59:105-121).
- Dragavtsev V.A., Litun P.P., Shkel N.M., Nechiporenko N.N. A model of ecogenetic control of quantitative traits in plants (Model ekologo-geneticheskogo kontrolya kolichestvennykh priznakov rasteniy). *Proceedings of the USSR Academy of Sciences*. 1984;274(3):720-723. [in Russian] (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):720-723).
- Dragavtsev V.A., Maletsky S.I. Inscrutable are gene-to-traits pathways. *Biosfera = Biosphere*. 2016;8(2):143-150. [in Russian] (Драгавцев В.А., Малецкий С.И. Пути «гены-признаки» неисповедимы. *Биосфера*. 2016;8(2):143-150). DOI: 10.5281/zenodo.55868
- Dragavtsev V.A., Popov E.B., Maletsky S.I. N.I. Vavilov as one of the founders of modern epigenetics. *Uspekhi sovremennoy nauki = Advances in Modern Science*. 2017;1(9):8-17. [in Russian] (Драгавцев В.А., Попов Е.Б., Малецкий С.И. Н.И. Вавилов как один из основателей современной эпигенетики. *Успехи современной науки*. 2017;1(9):8-17).
- Dragavtsev V.A., Tsilke R.A., Reyter B.G., Vorobyev V.A., Dubrovskaya A.G., Korobeynikov N.I., Novokhatin V.V., Maksimenko V.P., Babakishiyev A.G., Ilyushchenko V.G., Kalashnik N.A., Zuykov Y.P., Fedotov A.M. Genetics of productivity traits in spring wheat in Western Siberia (Genetika priznakov produktivnosti yarovykh pshe-nits v Zapadnoy Sibiri). Novosibirsk: Nauka; 1984. [in Russian] (Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г., Воробьев В.А., Дубровская А.Г., Коробейников Н.И., Новохатин В.В., Максименко В.П., Бабакишиев А.Г., Илющенко В.Г., Калашник Н.А., Зуйков Ю.П., Федотов А.М. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Новосибирск: Наука; 1984).
- Dragavtseva I.A., Efimova I.L., Kuznetsova A.P., Klyukina A.V. To the disclosure of mechanism of interaction "genotype-environment" according to the phases of ontogenesis to use it in the fruit crops breeding. *Scientific Works of North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Wine-making*. 2019a;(25):76-85. [in Russian] (Драгавцева И.А., Ефимова И.Л., Кузнецова А.П., Ключкина А.В. Научные труды Северо-Кавказского Федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019a;(25):76-85). DOI: 10.30679/2587-9847-2019-25-76-85
- Dragavtseva I.A., Kuznetsova A.P., Mozhar N.V., Klyukina A.V. Influence of temperature stresses of winter-spring period the fruiting of fruit crops (apricot, pear) in the Krasnodar Territory under changing climate conditions. *Scientific Works of North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making*. 2019b;(23):109-116. [in Russian] (Драгавцева И.А., Кузнецова А.П., Мозар Н.В., Ключкина А.В. Влияние температурных стрессов зимне-весеннего периода на плодоношение плодовых культур (абрикос, груша) в Краснодарском крае в условиях изменения климата. *Научные труды Северо-Кавказского Федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*. 2019b;(23):109-116). DOI: 10.30679/2587-9847-2019-23-109-116
- John R., Whitson J., Williams H.S.; Luther Burbank Society (eds). Luther Burbank: his methods and discoveries and their practical application. Prepared from his original field notes covering more than 100,000 experiments made during forty years devoted to plant improvement, with the assistance of the Luther Burbank Society and its entire membership, under the editorial direction of John Whitson and Robert John and Henry Smith Williams. New York: Luther Burbank Press; 1914. DOI: 10.5962/bhl.title.20414
- Kekser G. Kinetic models of development and heredity (Kineticheskiye modeli razvitiya i nasledstvennosti). In: *Modeling in Biology (Modelirovaniye v biologii)*. Moscow; 1963. p.42-64. [in Russian] (Кексер Г. Кинетические модели развития и наследственности. В кн.: *Моделирование в биологии*. Москва; 1963).
- Kocherina N.V., Dragavtsev V.A. Introduction to the theory of ecogenetic organization of polygenic traits of plants and the theory of breeding indices (Vvedeniye v teoriyu ekologo-geneticheskoy organizatsii poligennykh priznakov rasteniy i teoriyu selektsionnykh indeksov). St. Petersburg: AFI; 2008. [in Russian] (Кочерина Н.В.,

- Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. Санкт-Петербург: АФИ; 2008).
- Meloni M., Testa J. The epigenetic revolution under close examination. *Biosfera = Biosphere*. 2015;7(4):450-467. [in Russian] (Мелони М., Теста Дж. Эпигенетическая революция в пристальном рассмотрении. *Биосфера*. 2015;7(4):450-467). DOI: <http://dx.doi.org/10.24855/biosfera.v7i4.130>
- Rubtsov G.A. Scientific basis of fruit tree breeding (Nauchnye osnovy selektsii plodovykh derevyev). Leningrad: VASKhNIL; 1936. [in Russian] (Рубцов Г.А. Научные основы селекции плодовых деревьев. Ленинград: ВАСХНИЛ; 1936).
- Sedov E.N., Ogoltsova T.P. (eds). Program and methodology of variety studies for fruit, berry and nut crops (Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur). Orel: VNIISPK, 1999. [in Russian] (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК; 1999).
- Vanyushin B.F. Materialization of epigenetics, or Small changes with big consequences (Materializatsiya epigenetiki, ili Nebolshiye izmeneniya s bolshimi posledstviyami). *Khimiya i zhizn = Chemistry and Life*. 2004;(2):32-37. [in Russian] (Ванюшин Б.Ф. Материализация эпигенетики, или Небольшие изменения с большими последствиями. *Химия и жизнь*. 2004;(2):32-37).
- Vavilov N.I. Theoretical foundations of plant breeding (Teoreticheskiye osnovy selektsii rasteniy). Vol. 1. Moscow: Selkhozgiz; 1935. [in Russian] (Вавилов Н.И. Теоретические основы селекции растений. Т. 1. Москва: Сельхозгиз; 1935).
- Waddington K.H. Morphogenesis and genetics. Moscow: MIR; 1964. [in Russian] (Уоддингтон К.Х. Морфогенез и генетика. Москва: МИР; 1964).
- Williams W. Genetic bases and plant breeding. Moscow: Kolos; 1968. [in Russian] (Уильямс У. Генетические основы и селекция растений. Москва: Колос; 1968).
- Zhuchenko A.A., Ecological genetics of cultivated plants as an independent scientific discipline. Theory and practice (Ekologicheskaya genetika kulturnykh rasteniy kak samostoyatel'naya nauchnaya distsiplina. Teoriya i praktika). Krasnodar: Prosveshcheniye-Yug; 2010. [in Russian] (Жученко А.А., Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина. Теория и практика. Краснодар: Просвещение-Юг; 2010).

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Драгавцева И.А., Драгавцев В.А., Кузнецова А.Р., Ключкина А.В. Выявление «узких мест» в системах адаптивности сортов персика к конкретным абиотическим, лимитирующим рост и развитие растений факторам, воздействующим на отдельные фазы онтогенеза, для создания оптимальных алгоритмов дальнейшей селекции. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020;181(4):112-119. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-112-119

Dragavtseva I.A., Dragavtsev V.A., Kuznetsova A.P., Klyukina A.V. Identification of "bottlenecks" in the systems of adaptability in peach cultivars to specific abiotic factors limiting plant growth and development and affecting individual phases of ontogenesis to develop optimal algorithms for further breeding. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020;181(4):112-119. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-112-119

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-112-119>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Dragavtseva I.A. <https://orcid.org/0000-0003-2557-1822>

Dragavtsev V.A. <https://orcid.org/0000-0002-0934-020X>

Kuznetsova A.P. <https://orcid.org/0000-0003-4829-6640>

Klyukina A.V. <https://orcid.org/0000-0003-2238-8408>