

УДК 634.1:581.5

DOI: 10.36305/0513-1634-2022-143-96-106

УПРАВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ СОРТОВ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕНОТИПА В ФЕНОТИПЕ В МЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

Ирина Александровна Драгавцева¹, Игорь Юрьевич Савин²,
Нина Васильевна Можар¹, Анна Васильевна Ключкина¹, Елена Юрьевна
Прудникова²

¹ ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия» 350072, Краснодарский край,
г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39

² ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
г. Москва, Пыжевский переулок, 7
E-mail: I_d@list.ru, savin_iyu@esoil.ru

Современное сельское хозяйство России и в том числе плодоводство требуют совершенствования систем их ведения на основе научно-технического прогресса. Перед современными плодоводами стоят следующие задачи: проведение селекции и сортоизучения растений с учетом всей сложности их взаимоотношений со средой в развитии; формализации сложноорганизованных биологических систем их поведения в меняющихся условиях среды в количественных показателях в разрезе фаз онтогенеза; оптимизации биологических систем продуктивности на базе компьютерного моделирования. В настоящей работе, на примере двух сортов груши – Киффер (пониженной морозостойкости) и Левен (повышенной морозостойкости) – в условиях Краснодарского края рассмотрены закономерности проявления их генетически обусловленных свойств в фенотипе при изменении условий среды за длительный 34-летний период. Проведен мониторинг прогноза фаз развития изучаемых сортов груши в условиях изменения климата, что позволяет проводить отбор наиболее адаптивных сортов к конкретным условиям среды. Даны рекомендации по подбору источников для повышения морозостойкости сортов не по общим качественным показателям, а по их устойчивости к морозам в конкретные фазы развития. Разработаны цифровые карты динамичности изменения пригодности температурных условий зимне-весеннего периода для изучаемых сортов груши. Построены цифровые экологические карты пригодности территорий Краснодарского края в разрезе 45 районов для анализируемых сортов с учетом изменения климата, позволяющие управлять продуктивностью растений в новых климатических условиях на основе их рационального размещения.

Ключевые слова: плодовые; сорта; продуктивность; управление; цифровой анализ

Введение

Современное сельское хозяйство России требует совершенствования систем функционирования отрасли на основе последних достижений научно-технического прогресса.

По мнению Н.И. Вавилова [1] «Глобальный кризис растениеводства в сельскохозяйственном производстве XXI века нуждается в новой стратегии его ведения, т.е. в создании устойчивых к абиотическим и биотическим факторам среды новых сортов, гибридов, видов с.х. растений с учетом всей сложности их взаимоотношений со средой в развитии».

Академик А.А. Жученко в 2010 г. [2] пришел к выводу, что величина и качество урожая обеспечивается особенностями онтогенетической и филогенетической адаптации сортов к условиям выращивания и характером их взаимодействия.

Но до сих пор в научных исследованиях преобладают, в основном, методы регистрации взаимодействия растений с окружающей средой по общепринятым качественным показателям (морозостойкость, зимостойкость, засухоустойчивость и др.), которых недостаточно для оперативного управления биосистемами растений [3-6].

Существующая система землепользования не всегда считается с особенностями проявления стрессовых ситуаций на разных этапах развития многолетних культур и их сортов в меняющихся условиях среды, не осуществляя прогноза их реакции на лимитирующие факторы.

В связи с этим, необходимы новые подходы к управлению продуктивностью плодовых растений на основе закономерностей проявления генотипа в фенотипе по каждой фазе онтогенеза в меняющихся условиях среды. Определение таких подходов и явилось целью данной статьи.

Эти подходы требуют:

- формализации сложно организованных биологических систем и их поведения в меняющихся условиях среды [7].
- оптимизации систем продуктивности на базе компьютерного моделирования.

Сегодня отечественное сельскохозяйственное производство требует существенной модернизации на основе внедрения современных цифровых технологий [8-10]. Одним из приоритетных направлений интеллектуальных решений развития сельского хозяйства (и плодоводства) является использование геоинформационных систем (ГИС) [10-12] для построения сценариев рационального размещения плодовых насаждений.

Концептуальная система компьютерной автоматизации взаимодействия культур, сортов с температурными условиями среды включает следующие алгоритмы:

- анализ генетических потребностей культур, сортов для наиболее полной реализации их природного потенциала в температурных условиях выращивания по каждой из фаз их развития.

- оценка температурных особенностей различных макро- и микроразнообразий возделывания культур и сортов на основе использования пространственных баз метеоданных (с привязкой к фазам развития).

- выявление наилучшего совмещения генетических потребностей с температурными параметрами территории возделывания также по конкретным этапам онтогенеза.

- разработка компьютерных карт рационального размещения плодовых культур и сортов с учетом мониторинга их поведения в меняющихся условиях среды.

Объекты и методы исследования

В изучении находились 2 сорта груши (на подвое айва (ВА-29)):

- Киффер – американской селекции пониженной морозостойкости;
- Левен – селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ (Северо-Кавказский Федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия) – повышенной устойчивости к низким температурам по конкретным фазам развития.

Для разработки цифровых карт использованы метеоданные 34 метеостанций Краснодарского края за период 1985-2020 гг. в разрезе районов [13].

Пространственное моделирование осуществлялось с использованием пакета прикладных программ ILWIS v.3.3. Интерполяция результатов, полученных для отдельных метеостанций, осуществлялась по методу скользящего среднего (<https://www.itc.nl/ilwis/users-guide/>).

Проявление свойств изучаемых генотипов в фенотипе проведено с использованием метеоданных следующих зон садоводства: Прикубанская (метеостанция

Краснодар), Степная (метеостанция Тихорецк), Предгорная (метеостанция Горячий Ключ) также за период 1985-2020 гг.

Методы исследования: полевой, лабораторный, пространственное моделирование на основе геоинформационных технологий.

Результаты и обсуждение

Выявлены критические минимальные температуры для цветковых почек груши (на примере двух сортов – Киффер и Левен) в разрезе фаз зимне-весеннего периода (табл. 1), которые были использованы как обучающие выборки при построении цифровых карт рационального размещения изучаемых сортов во времени и пространстве.

Таблица 1

Критическая минимальная температура для цветковых почек 2-х сортов груши (Киффер, Левен) по данным ФГБНУ СКФНЦСВВ в разрезе фаз зимне-весеннего развития

Название сортов и характеристика их морозостойкости	Фазы развития									
	Органический и вынужденный покой		Набухание цветковых почек		Распускание цветковых почек		Появление лепестков		Цветение	
	Декады	Абс. мин., °С	Декады	Абс. мин., °С	Декады	Абс. мин., °С	Декады	Абс. мин., °С	Декады	Абс. мин., °С
Киффер (пониженная морозостойкость)	Январь I, II	<-25	Март I, II	-16	Апрель I	-11	Апрель II	-8	Апрель III	-2
	Январь III	<-23	Март III	-15						
	Февраль I	<-22								
	Февраль II	<-22								
	Февраль III	<-18								
Левен (повышенная морозостойкость)	Январь I, II, III	<-28	Февраль III	-26	Март II	-20	Апрель I	-15	Апрель III	-4
	Февраль I	<-28	Март I	-22	Март III	-18	Апрель II	-12		
	Февраль II	<-28								

Температурные пороги представлены в количественных показателях по каждой фазе развития [13,14]. Время их наступления имеет сортовую специфику: используется в дальнейшем при проведении цифрового пространственного анализа.

Общий период исследования составлял 34 года и был разбит на два периода: 1985-2000 гг. и 2001-2020 гг. Проведен мониторинг особенностей проявления низких температур в зимне-весенний период в разных зонах садоводства Краснодарского края, который позволил выявить изменения во времени наступления и продолжительности фаз развития растений, наиболее уязвимых (критических) для оптимального протекания продукционного процесса у плодовых культур (рис. 1-6).

1985-2000

январь		февраль			март			апрель		

2001-2020

январь		февраль			март			апрель		

Рис. 1 Изменение времени наступления температурных стресс-факторов зимне-весеннего периода в наиболее уязвимые фазы развития для груши сорта Киффер в Прикубанской зоне Краснодарского края (серым цветом выделены декады с критическими значениями температуры воздуха)

1985-2000

январь			февраль			март			апрель			

2001-2020

январь				февраль				март				апрель	

Рис. 2 Изменение времени наступления температурных стресс-факторов зимне-весеннего периода в наиболее уязвимые фазы развития для группы сорта Киффер в Предгорной зоне Краснодарского края

1985-2000

январь				февраль				март				апрель	

2001-2020

январь				февраль				март				апрель	

Рис. 3 Изменение времени наступления температурных стресс-факторов зимне-весеннего периода в наиболее уязвимые фазы развития для группы сорта Киффер в Степной зоне Краснодарского края

Для сорта Киффер в Прикубанской зоне садоводства условия протекания фазы вынужденного покоя и весенних фаз развития улучшились во втором периоде. В Предгорной и Степной зонах по-прежнему опасными остались температурные лимиты среды в первой половине зимы.

Совсем по-другому на изменение климата отреагировал сорт Левен (рис. 4-6).

1985-2000

январь				февраль				март				апрель	

2001-2020

январь				февраль				март				апрель	

Рис. 4 Изменение времени наступления температурных стресс-факторов зимне-весеннего периода в наиболее уязвимые фазы развития для группы сорта Левен в Прикубанской зоне Краснодарского края

1985-2000

январь				февраль				март				апрель	

2001-2020

январь				февраль				март				апрель	

Рис. 5 Изменение времени наступления температурных стресс-факторов зимне-весеннего периода в наиболее уязвимые фазы развития для группы сорта Левен в Предгорной зоне Краснодарского края

1985-2000

январь				февраль				март				апрель	

2001-2020

январь				февраль				март				апрель	

Рис. 6 Изменение времени наступления температурных стресс-факторов зимне-весеннего периода в наиболее уязвимые фазы развития для группы сорта Левен в Степной зоне Краснодарского края

Для него во втором периоде (в условиях изменившегося климата) стали благоприятными температурные условия всего зимне-весеннего периода в Прикубанской зоне Краснодарского края. В Предгорной они ухудшились в фазах органического покоя и в конце фазы вынужденного покоя. В Степной зоне – появилась опасность гибели цветковых почек сорта Левен в фазе органического покоя.

Мониторинг прохождения фаз развития груши изучаемых сортов в условиях изменения климата позволяет провести отбор наиболее адаптивных к этим изменениям сортов груши в конкретные фазы развития и дать рекомендации по подбору территорий для их выращивания, где минимизированы риски для успешного протекания продукционного процесса.

Установлено, что изменение климата повлияло на проявление генотипа в фенотипе во времени и пространстве (табл. 2).

Таблица 2

Вероятность (%) проявления температурных стрессоров зимне-весеннего периода, «срезающих» урожай сортов груши на подвое ВА-29 в разных зонах садоводства Краснодарского края

Название сорта	Периоды лет	
	1985-2000	2001-2020
	Метеостанция Краснодар (Прикубанская зона садоводства)	
Киффер	25,0	12,5
Левен	18,7	0
	Метеостанция Горячий Ключ (Предгорная зона садоводства)	
	1985-2000	2001-2020
	Метеостанция Тихорецк (Степная зона садоводства)	
Киффер	12,5	23,5
Левен	5,5	11,7
	Метеостанция Тихорецк (Степная зона садоводства)	
	1985-2000	2001-2020
	Метеостанция Тихорецк (Степная зона садоводства)	
Киффер	25,0	37,5
Левен	5,5	33,3

Из таблицы 2 следует, что Киффер оказался более морозостойким во II периоде лет (2001-2020 гг.) в Прикубанской зоне садоводства. В Предгорной и Степной зонах условия стали более жесткими.

Для сорта Левен условия перезимовки в период 2001-2020 гг. улучшились, в Предгорной и Степной зонах – также ухудшились по сравнению с периодом 1985-2000 гг.

Параметрические показатели начала, длительности и силы воздействия температурных стрессов для культуры груши и ее сортов в зимне-весенний период, приведенные в предыдущей главе, говорят о том, что компоненты регулярности их плодоношения действуют, имея временную и пространственную зависимость.

Кроме того, данные исследования позволяют дать рекомендации по подбору источников для повышения морозостойкости не по общим качественным показателям, а в конкретную фазу развития (фазовая селекция) [15].

Например, сорт груши Киффер в исследуемых периодах (рис. 1-3) во всех изучаемых зонах садоводства имел повреждения в фазы органического и вынужденного покоя (январь-февраль). Следовательно, он не может являться источником для повышения морозостойкости сортов в фазы зимнего развития.

В период весеннего развития (распускание цветковых почек и цветение – март-апрель) сорт Киффер проявил повышенную устойчивость к заморозкам, что позволяет использовать его как источника морозостойкости в эти фазы.

Сорт Левен (рис. 4-6) может служить источником морозостойкости к весенним фазам развития и фазам вынужденного покоя.

Проведен мониторинг влияния температурных стрессов на лимитирующие факторы среды зимне-весеннего периода. Выявлены температурные ограничения

получения урожаев сортов груши Киффер и Левен по 21 метеостанции Краснодарского края за 1986-2020 г. в динамике.

Результаты подобного анализа для сорта груши Киффер представлены в виде карты – пространственной модели на рисунке 7.

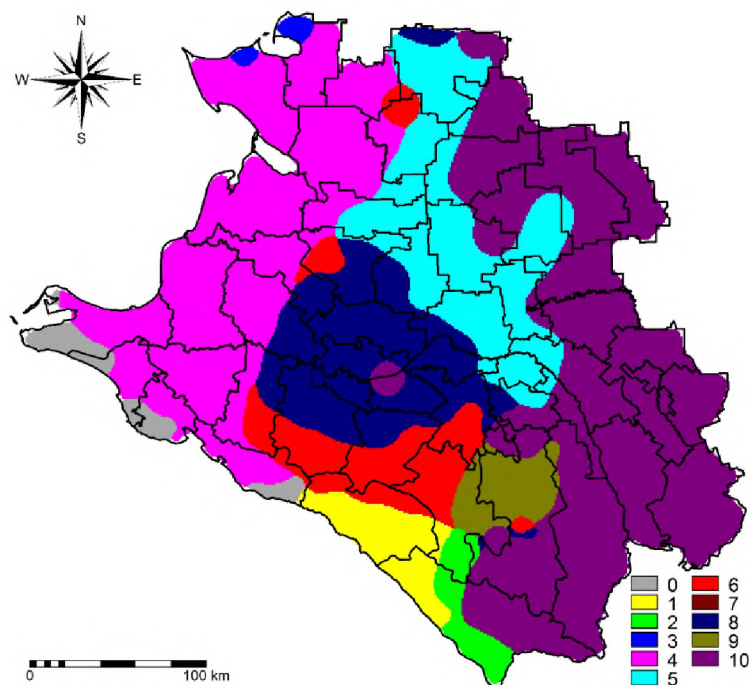


Рис. 7 Карта оценки динамичности изменения пригодности температурных условий зимне-весеннего периода для груши сорта Киффер на территории Краснодарского края за период с 1986 по 2020 гг.

Согласно построенной цифровой карты ограничения для сорта Киффер за весь период наблюдений отсутствовали только на небольших участках западной части Черноморского побережья (класс 0, серый цвет на карте на рисунке 7) (табл. 3).

Таблица 3

Расшифровка классов динамики, представленных на рисунке 7

Классы	Периоды			
	1986-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2020
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Примечание. Заливкой отмечены периоды, в которые наблюдались ограничения для сорта по температурным условиям. Например, к классу 0 отнесены территории, на которых за анализируемый период не было ограничений по температуре для сорта, к 1 классу были отнесены участки, на которых ограничения наблюдались только в период с 2000-2010 гг. (желтый цвет на рисунке 7), к 2 классу отнесены территории, где ограничения наблюдались в период с 1986 по 2000 гг. (зеленый цвет на рисунке 7) и так далее. К 10 классу отнесены территории, где ограничения наблюдались во все рассматриваемые десятилетия.

В то же время, на востоке края ограничения по температурным условиям фиксировались за анализируемый период практически ежегодно (класс 10, сливовый цвет на карте на рисунке 7). На территории средней части Черноморского побережья ограничения по температуре для этого сорта отсутствовали с 1986 года по 2000. В период с 2000 по 2010 они проявлялись в отдельные годы, а в период с 2011 по 2020 их вновь не наблюдалось (класс 1 (желтый цвет) на карте на рисунке 7). На территории южной части Черноморского побережья ограничения имели место до 2000 года и затем прекратились (класс 2, зеленый цвет на карте).

Для этого изучаемый 34-летний период был разбит на следующие этапы: 1986-1990, 1990-2000, 2000-2010, 2010-2020.

Для каждого из них определялось количество лет с ограничениями для развития сорта по температурным условиям. Затем в ГИС проводилась пространственная интерполяция результатов анализа, полученных для отдельных метеостанций.

Классы изменений, показанные на карте, расшифрованы в таблице 3.

На крайнем северо-западе края наблюдается обратная картина: ситуация стала менее благоприятной для сорта Киффер с 2000 года, чем была до этого. Появились ограничения по температурным условиям, которых ранее не наблюдалось (класс 3 (синий цвет на карте)) (рис. 8).

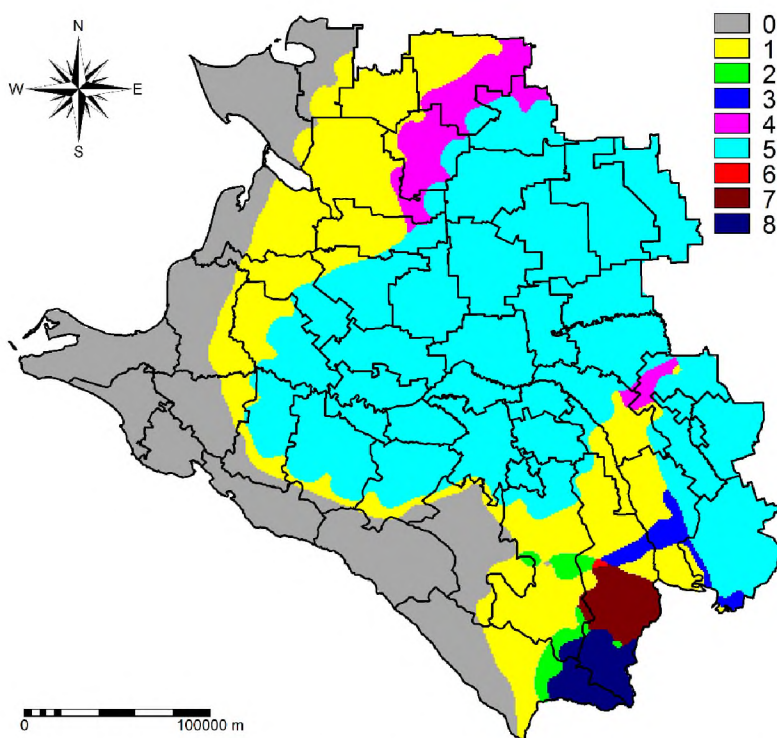


Рис. 8 Карта оценки динамичности изменения пригодности температурных условий зимне-весеннего периода для группы сорта Левен на территории Краснодарского края за период с 1986 по 2020 гг.

На остальной территории края происходило чередование более благоприятных и менее благоприятных десятилетий за рассматриваемый период. В целом можно сказать, что в последнее десятилетие ситуация стала более благоприятной для сорта в центральной и западной части края и на Черноморском побережье (классы 1,2,4,6,8 на карте на рисунке 7). За рассматриваемый период стало больше ограничений для сорта Киффер по температурным условиям в восточной части края (классы 3,5,7 и 9 на карте).

Иные результаты были получены в результате подобного анализа для сорта груши Левен (см. рис. 8).

В отличие от сорта Киффер, для сорта Левен за весь рассматриваемый период ограничения по температурным условиям практически отсутствовали (класс 0 на карте на рисунке 8) на большей территории, которая включает в себя все Черноморское побережье и всю западную часть края. Вдоль этих территорий располагаются земли, где ограничения имели место, но очень редко (около 1 раза в десятилетие) (класс 1 на карте на рисунке 8). Ограничения по температурным условиям для этого сорта фиксировались почти ежегодно лишь в высокогорной части на юго-востоке края (класс 8 на карте на рисунке 8). На остальной части территории края за последние 34 года отмечается чередование более и менее благоприятных для сорта по температурным условиям десятилетий. Дополнительно можно отметить следующие закономерности.

Классы изменений, показанные на этой карте, расшифрованы в таблице 4.

Таблица 4

Расшифровка классов динамики, представленных на рисунке 8

Классы	Периоды			
	1986-1990	1990-2000	2000-2010	2010-2020
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Примечание. Заливкой отмечены периоды, в которые наблюдались ограничения для сорта по температурным условиям. Например, к классу 0 отнесены территории, на которых за анализируемый период не было ограничений по температуре для сорта, к 1 классу были отнесены участки, на которых ограничения наблюдались только в 1 год за десятилетие (желтый цвет на рисунке 8), к 2 классу отнесены территории, где ограничения наблюдались в период с 1986 по 2000 гг. (зеленый цвет на рисунке 8) и так далее. К 8 классу отнесены территории, где ограничения для сорта Левен наблюдались во все рассматриваемые десятилетия.

В последнее десятилетие ситуация по температурным условиям для сорта Левен немного улучшилась лишь на небольшой территории на севере края (класс 4 на карте) и в горной юго-восточной части (классы 2 и 6). Ситуация по сравнению с периодом до 2000 года ухудшилась на небольшой территории на юго-востоке края (класс 3 на карте). В целом на территории края преобладают земли, отнесенные к классу 5 (см. рисунок 8). На этих землях небольшое улучшение условий наблюдалось лишь в период 1990-2000 гг. А в последние 20 лет условия практически не менялись.

Для примера построены цифровые экологические карты пригодности территорий Краснодарского края в разрезе 45 районов для сорта Киффер и Левен с учетом изменений климата (рис. 9-10).

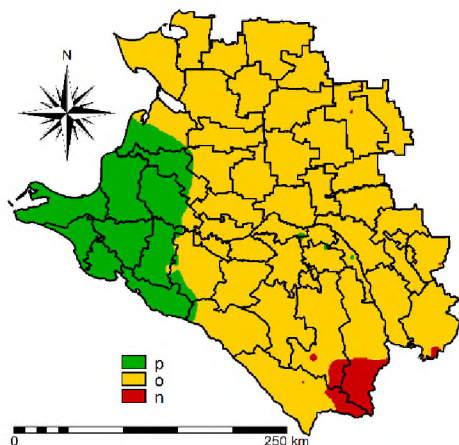


Рис. 9а Карта пригодности территорий Краснодарского края для группы сорта Киффер 1986-1995 гг.

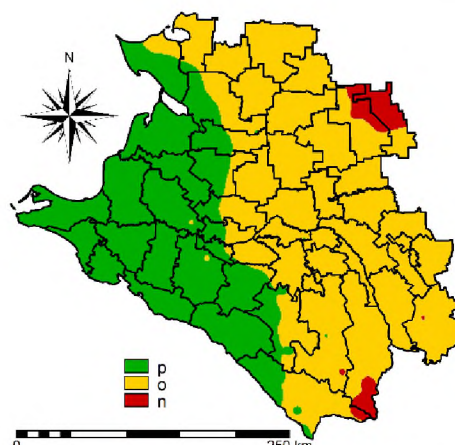


Рис 9б Карта пригодности территорий Краснодарского края для группы сорта Киффер 2011-2020 гг.

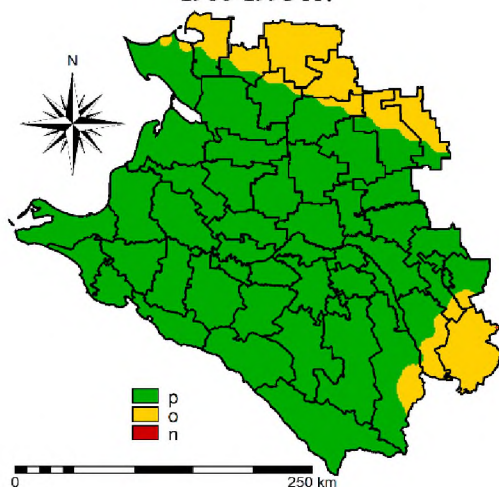


Рис. 10а Карта пригодности территорий Краснодарского края для группы сорта Левен 1986-1995 гг.

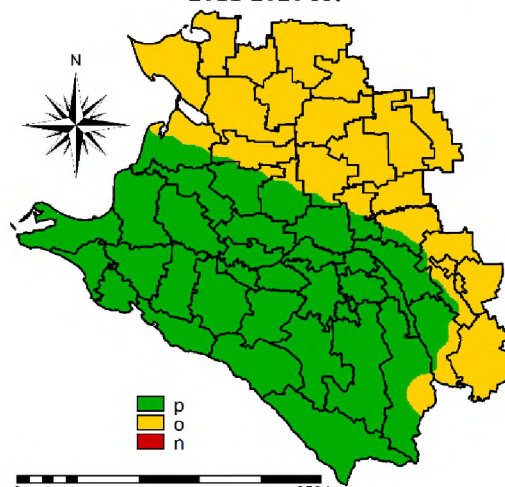


Рис.10б Карта пригодности территорий Краснодарского края для группы сорта Левен 2011-2020 гг.

Они позволят управлять продуктивностью сортов в зависимости от их перезимовки в зимне-весенний период в новых климатических условиях их рационального размещения.

Выводы

1. Современное отечественное сельскохозяйственное производство требует осуществления и модернизации на основе внедрения цифровых технологий, которое невозможно без формализации биологических систем и их поведения в изменяющихся условиях среды с помощью компьютерного моделирования.
2. Проведен мониторинг проявления критических низких температур в зимне-весенний период по разным зонам Краснодарского края за 1985-2020 гг.
3. Установлено влияние изменения климата на проявление генотипа в фенотипе, что позволяет управлять продуктивностью сортов плодовых культур с учетом их перезимовки.
4. Построены компьютерные цифровые карты рационального размещения сортов груши в изменившихся климатических условиях (в сравнении с более ранним периодом).
5. Подобный анализ пространственно-временных трендов благоприятности климата для отдельных сортов должен учитываться как при закладке новых садов, так и

при прогнозировании изменений урожая существующих насаждений на ближайшие годы.

Список литературы

1. *Вавилов Н.И.* Учение о происхождении культурных растений после Дарвина // Сов. наука. – 1940. – № 2. – С. 55-75.
2. *Генкель П.А., Окнина Е.З.* Состояние покоя и морозоустойчивость плодовых растений. – М., 1964. – 244 с.
3. *Драгавцев В.А., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М.* Управление продуктивностью сельскохозяйственных культур на основе закономерностей их генотипической и фенотипической изменчивости при смене лимитов среды. – Краснодар, 2003. – 211 с.
4. *Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Загиров Н.Г., Казиев М.Р., Ахматова З.П., Моренец А.С., Баталов С.Б.* Ресурсный потенциал земель Северного Кавказа для пловодства. – Краснодар: ФГБНУ Дагестанский НИИСХ им. Ф. Г. Кисриева. – 2016. – 136 с.
5. *Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Ефимова И.Л., Моренец А.С.* Использование новых наукоемких подходов, передовых технологий и современных инструментариев для повышения производства плодовой продукции // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2017. – № 144(2). – С. 22-27.
6. *Драгавцева, И.А., Савин И.Ю., Овечкин С.В.* Ресурсный потенциал земель Краснодарского края для возделывания плодовых культур. – Краснодар, 2005. – 140 с.
7. *Жаворонков П.А.* Проблема создания зимостойких сортов груши // Селекция плодовых и ягодных культур на ежегодную урожайность и зимостойкость. – М., 1963. – с. 599-609.
8. *Жиров В.К., Руденко С.М., Жибоедов П.М.* Покой и зимостойкость на Крайнем Севере. – Апатиты, 1990. – 111 с.
9. *Жученко А.А.* Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная дисциплина. Теория и практика. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. – 486 с.
10. *Леонченко В.Г., Евсеева Р.П., Жбанова Е.В., Черенкова Т.А.* Предварительный отбор перспективных генотипов плодовых растений на экологическую устойчивость и биохимическую ценность плодов (методические рекомендации). – Мичуринск, 2007. – 72 с.
11. *Belal, Abdel-Aziz A. et al.* Land Evaluation Based on GIS-Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) for Agricultural Development in Dry Wadi, Eastern Desert, Egypt // International Journal of Soil Science. – 2015. – Vol. 10. – 100-116 p. DOI: 10.3923/ijss.2015.100.116
12. *Truong Q., Ma Z., Ma C., He L., Luong T.* Applications of GIS for Evaluation Land Suitability for Development Planning of Peanut Production // Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem, GRMSE, 2014. – Vol. 482. DOI: 10.1007/978-3-662-45737-5_66
13. *Sharma A. Panigrahy S.* Apple orchard characterization using remote sensing and GIS in Shimla district of Himachal Pradesh. In Proceedings of Remote Sensing and Photogrammetry Annual Conference, 2007. – p. 11-14.
14. *Savin I., Klyukina A., Dragavtseva I.* About possibilities of apple trees flowering date detection based on MODIS data International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2020. – p. 157-163. DOI: 10.5593/sgem2020/2.2/s10.019

Статья поступила в редакцию 05.04.2022 г.

Dragavtseva I.A., Savin I.Yu., Mozhar N.V., Klyukina A.V., Prudnikova E.Yu. Productivity management of fruit crops cultivars on the basis of regularities of genotype manifestation in phenotype under changing environmental conditions using digital spatial analysis // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2022. – № 143. – P. 96-106

Modern agriculture in Russia, including fruit growing, requires the improvement of their management systems based on scientific and technological progress. Modern fruit growers face the following tasks: selection and variety study of plants, taking into account the complexity of their relationship with the environment in development; formalization of complexly organized biological systems of their behavior in changing environmental conditions in quantitative terms in the context of ontogenesis phases; optimization of biological productivity systems based on computer simulation. In this paper, on the example of two pear cultivars - Kieffer (lower frost resistance) and Leven (increased frost resistance) - in the conditions of the Krasnodar Region, the patterns of manifestation of their genetically determined properties in the phenotype are considered when environmental conditions change over a long 34-year period. The monitoring of the forecast of the development phases of the studied pear cultivars under the conditions of climate change was carried out, which makes it possible to select the most adaptive varieties to specific environmental conditions. Recommendations are given on the selection of sources to increase the frost resistance of cultivars not in terms of general quality indicators, but in terms of their resistance to frost in specific development phases. Digital maps of the dynamics of changes in the suitability of temperature conditions in the winter-spring period for the studied pear cultivars have been developed. Digital ecological maps of the suitability of the territories of the Krasnodar Region in the context of 45 districts for the analyzed cultivars, taking into account climate change, have been built, allowing you to manage plant productivity in new climatic conditions based on their rational distribution.

Key words: *fruit; cultivars; productivity; management; digital analysis*