

УДК 634.1/.7:551.58(470.64)

UDC 634.1/.7:551.58(470.64)

DOI 10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122

DOI 10.30679/2219-5335-2021-3-69-101-122

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНЫЙ КЛИМАТ И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

INFLUENCE OF GLOBAL WARMING ON THE REGIONAL CLIMATE AND ITS EFFECTS ON FRUIT CROPS

Сатибалов Аслан Владимирович,
д-р с.-х. наук
заведующий отделом селекции
и сортоизучения плодовых,
ягодных и орехоплодных культур
e-mail: aslan-07@list.ru

Satibalov Aslan Vladimirovich
Dr. Sci. Agr.
Head of Selection
and Variety Studies of Fruit,
Berry and Nut Crops Department
e-mail: aslan-07@list.ru

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский научно-
исследовательский институт горного
и предгорного садоводства»,
Нальчик, КБР, Россия*

*Federal State Budgetary
Scientific Institution
«North Caucasian research
Institute of mountain
and foothill gardening»,
Nalchik, KBR, Russia*

В статье приводятся результаты анализа многолетних исследований динамики основных климатических показателей за последние 35 лет в условиях предгорной плодовой зоны садоводства Кабардино-Балкарской республики. Данные исследований подтверждают, что климат региона претерпевает определённые изменения под воздействием глобальных климатических процессов. Установлено, что изменения местного климата совпадают с характером и направлением общепланетарных проблем. Показано, что изменения погодно-климатических условий за последние десятилетия, привели к потере многими сортами хозяйственно-биологической ценности, что вызывает необходимость тщательного и всестороннего изучения реакции сортов на меняющиеся условия среды. Повышение среднегодовой температуры за последнее десятилетие более чем на 1,5 °С, а в зимне-весенний период почти на 3 °С является резким и существенным увеличением. Всё это влечёт за собой

The article presents the results of the analysis of long-term studies of the dynamics of the main climatic indexes over the past 35 years in the conditions of the foothill fruit zone of horticulture of the Kabardino-Balkar Republic. Research data confirm that the climate of the region undergoes certain changes under the influence of global climate processes. It is established that changes in the local climate coincide with the nature and direction of general planetary problems. It is shown that changes in weather and climatic conditions over the past decades have led to the loss of many varieties their economic and biological value, which makes it necessary to carefully and comprehensively study the reaction of varieties to changing environmental conditions. The increase in the average annual temperature over the last decade by more than 1.5 °C, and in the winter-spring period by almost 3 °C is a sharp and significant increase. All this leads to an increase

увеличение частоты и вредоносности абио- и биотических стрессов у деревьев. Чаще стали наблюдаться понижения температуры в осенний период, зимы стали мягкими с продолжительными оттепелями и возвратными холодами, заморозки сильнее и чаще, длительные засухи, затяжные ливни, выпадение града или сочетание подобных явлений. Отсутствие в сортименте яблони и груши адаптивных сортов, обладающих комплексом хозяйственно ценных признаков и свойств, приводит к сокращению производственных урожаев, потере качества плодовой продукции. В этой связи первостепенное значение имеет детальное изучение влияния глобального потепления на региональный климат и его последствия для плодовых культур. Подобные исследования призваны оказать профильным специалистам помощь в составлении прогнозов относительно восприимчивости сельского хозяйства к изменению климата в будущем

Ключевые слова: КЛИМАТ, ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ, АДАПТИВНОСТЬ, ПЛОДОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

in the frequency and harmfulness of abiotic and biotic stresses in trees. Temperature drops in the autumn period have become more frequent, winters have become mild with prolonged thaws and returning cold, frosts have become stronger and more frequent, prolonged droughts, incessant heavy rainfalls, hailstorms or a combination of similar phenomena. The absence of adaptive varieties in the apple and pear assortment, which have a complex of economically valuable characteristics and properties, leads to a reduction in production yields, loss of quality of fruit products. In this regard, it is of paramount importance to study in detail the impact of global warming on the regional climate and its consequences for fruit crops. This studies are intended to assist dedicated experts in making forecasts about the future susceptibility of agriculture to climate change.

Keywords: CLIMATE, GLOBAL WARMING, ADAPTABILITY, FRUIT CROPS

Введение. Климат на Земле меняется с момента начала её существования. На протяжении миллионов лет тёплые и холодные периоды чередовались естественным образом без участия человека. Однако потепление, которое наблюдается в последние десятилетия – это изменение, вызванное хозяйственной деятельностью человека [1, 2].

Средняя климатическая температура Земли повышалась в течение столетия из-за искусственного повышения уровня парниковых газов, что в свою очередь привело к росту экстремальных погодных эффектов; небольшое, но значительное повышение глобальной приземной температуры, которое мы можем предсказать, приведёт к повышению уровня моря, таянию льдов, расширению пустынных зон и многому другому. Глобальные последствия будут

катастрофическими, мы приближаемся к точке невозврата. Некоторые думают, что мы прошли этот этап. Руководящий научный совет каждой развитой страны на Земле объявил глобальное потепление реальным [3].

К концу XXI века ожидается повышение глобальной температуры до 6 °С [4]. Увеличение показателей транспирации может привести к снижению или истощению запасов воды в почвах, вызывая водный стресс у растений в засушливые сезоны. Водный стресс не только снижает урожайность сельскохозяйственных культур, но и способствует ускорению созревания плодов [5]. Глобальное потепление привело к потере урожайности, уменьшению размеров плодов, снижению их сочности, слабой окраске, сокращению сроков хранения [6]. Пригодность природных ресурсов для сельского хозяйства снижается из-за возрастающего спроса растущего населения.

Согласно модельным расчётам, если срочно не принять меры, на планете ожидается около 529 тысяч смертей в год, вызванных ухудшением питания, особенно снижением потребления овощей и фруктов. Немецкий институт экономических исследований считает, что к 2050 году изменение климата приведёт к экономическим потерям в 200 триллионов долларов [7].

Глобальное потепление обусловило увеличение частоты и вредоносности био- и абиотических стрессоров. Всё чаще стали наблюдаться понижения температуры в осенний период, зимы стали мягкими с продолжительными оттепелями и возвратными холодами, заморозки сильнее и чаще, длительные засухи, затяжные ливни, выпадение града или сочетание подобных явлений. При данных обстоятельствах снижаются урожайность и качество продукции, учащаются стрессы у деревьев [8, 9].

Реформация погодно-климатических факторов за последние десятилетия, привела к утрате многими районированными сортами их хозяйственно ценных признаков, что вызывает необходимость тщательного и всестороннего изучения реакции сортов на меняющиеся условия среды [10, 11]. По многочисленным прогнозам [1, 12, 13, 14, 15, 16] потепление скажется на

состоянии растений, качестве и количестве урожая, поэтому сельскому хозяйству понадобятся новые технологические решения для преодоления обозначенных проблем. Всё это вызывает необходимость изучения реакции сортов на изменяющиеся условия.

Актуальность экологических и социальных проблем, стоящих перед человечеством в связи с глобальными изменениями климата, признана мировым сообществом. Глобальное потепление несёт больше рисков и убытков, чем перспектив для сельского хозяйства любой страны, в том числе и для России. И главная угроза глобального потепления – это непредвиденные аномальные колебания климата на планете. Потепление сопровождается импульсивными, непредсказуемыми перепадами погодных условий, что безусловно создает дополнительные риски для сельского хозяйства [13, 14].

Как показывает анализ данных наших исследований, климат Северного Кавказа также претерпевает определённые изменения под воздействием глобальных климатических процессов. Так, например, в предгорной плодовой зоне садоводства Кабардино-Балкарии среднегодовая температура воздуха за последние 35 лет увеличилась в среднем на 1,5 °С.

Влияние указанных изменений на плодовые культуры ещё предстоит внимательно изучить, однако уже сейчас очевидным является факт ухудшения их состояния и снижения продуктивности за последние 25...35 лет. Несомненно, наряду с субъективными экономическими причинами, приведшими к дестабилизации отрасли садоводства, важную роль сыграли и экологические факторы, обусловленные глобальными климатическими изменениями.

Объекты и методы исследований. Материалом для выполнения настоящей работы послужил сбор данных многолетних наблюдений на метеорологической станции г. Нальчик, которая территориально располагается в предгорной плодовой зоне садоводства Кабардино-Балкарской республики.

Исследования проводились в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [17, 18] в условиях предгорной плодовой зоны садоводства, на высоте 490 м над уровнем моря. Метеорологический мониторинг, а также обработка полученных результатов в течение указанного периода проводились в соответствии с методикой, принятой в гидрометеорологической службе Российской Федерации.

Учитывая тот факт, что предгорная плодовая зона садоводства занимает весьма обширные территории на Северном Кавказе и результаты исследований объективно отражают многолетнюю динамику климата, полученные данные применимы для обширной территории региона.

Обсуждение результатов. Динамика температурного режима. Как отмечают многие авторы, за последние десятилетия отмечен устойчивый рост глобальной температуры воздуха (по разным оценкам от 0,7° до 1,2 °С) [1-4, 7-11, 19]. Следовало ожидать, что аналогичная тенденция должна прослеживаться и на региональном уровне. Однако при сохранении общего характера, направленного на повышение температуры, изменения на местном уровне не в полной мере повторяют мировую динамику. Данные 35-летних наблюдений за динамикой климата показывают, что наибольшее нарастание температуры воздуха отмечается за последние 20 лет (рис. 1).

За два первых пятилетия периода наблюдений (1985...1989 гг. и 1990...1994 гг.) среднегодовая температура воздуха составила 9,3 °С, а вот уже в последующие пятилетия отмечается её прирост на 1,0 °С в 1995...1999 гг., на 1,3 °С в 2000...2004 гг., на 1,4 °С в 2005...2009 гг., на 1,4 °С в 2010...2014 гг. и на 1,8 °С в 2015...2019 гг. Данный прирост температуры является довольно существенным, если учесть, что он произошёл за такой относительно короткий период времени (табл. 1...7).

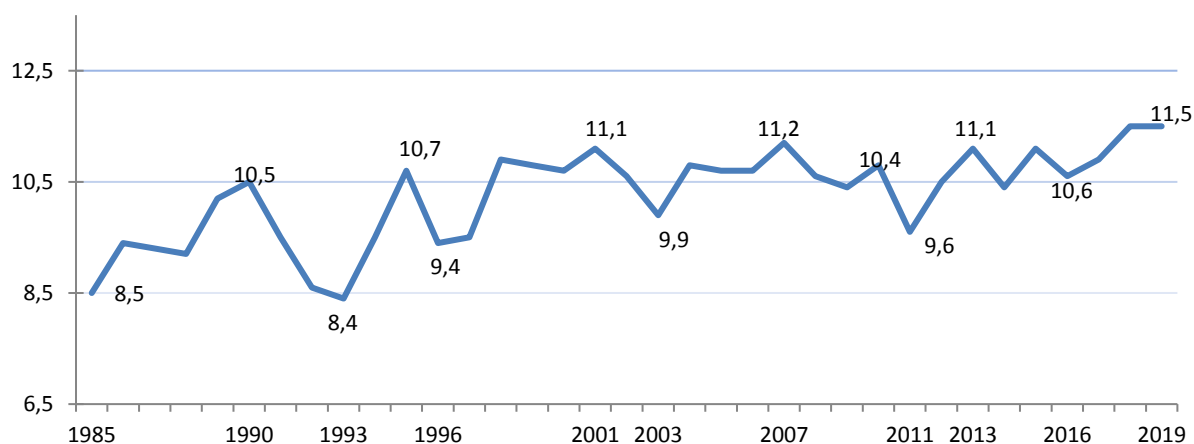


Рис. 1. Среднегодовые температуры воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (1985...2019 гг.)

Таблица 1 – Среднемесячные температуры воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (1985...1989 гг.)

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1985	-3,8	-3,6	-5,0	10,4	16,2	18,6	19,5	22,8	15,6	8,4	4,4	-1,9	8,5
1986	-0,1	-5,9	0,4	12,1	13,3	19,5	22,3	22,6	18,3	8,7	2,3	-0,8	9,4
1987	-2,4	-1,3	-1,0	7,0	15,8	19,9	22,1	19,9	16,0	7,1	4,3	-3,1	9,3
1988	-2,5	-4,7	2,0	10,6	13,9	20,0	22,3	20,8	15,8	9,8	2,2	-0,1	9,2
1989	-1,9	-1,5	5,3	12,3	14,4	19,5	21,7	21,7	16,4	10,5	4,5	-0,1	10,2
Итого	-2,1	-3,4	0,3	10,5	14,7	19,5	21,6	21,6	16,4	8,9	3,5	-1,2	9,3

Таблица 2 – Среднемесячные температуры воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (1990...1994 гг.)

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1990	-2,4	0,4	6,7	10,8	14,2	19,4	22,4	20,4	17,2	10,4	7,7	-1,0	10,5
1991	-5,2	-6,5	2,2	10,4	14,4	20,5	23,6	21,6	16,4	12,0	3,8	-1,9	9,5
1992	-2,2	-2,8	1,0	8,1	13,2	18,1	20,2	21,3	16,7	9,8	3,4	-3,4	8,6
1993	-3,3	-4,9	3,7	8,2	13,9	18,6	20,7	21,5	15,7	9,9	-5,5	2,4	8,4
1994	0,1	-6,4	2,5	11,6	15,1	17,9	22,0	20,3	19,4	11,6	2,8	-3,3	9,5
Итого	-2,6	-4,0	3,2	9,8	14,2	18,9	21,8	21,0	17,1	10,7	2,4	-1,4	9,3

Таблица 3 – Среднемесячные температуры воздуха в условиях предгорной зоны КБР (1995...1999 гг.)

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1995	-1,7	2,8	5,4	10,9	16,1	20,9	21,9	21,9	17,8	10,1	5,1	-2,8	10,7
1996	-4,0	-2,8	0,3	7,8	17,9	18,6	22,9	20,5	15,7	9,6	5,1	1,1	9,4
1997	-2,1	-2,8	1,9	9,8	17,6	19,9	20,9	21,2	13,8	12,3	3,8	-2,9	9,5
1998	-2,9	-1,4	2,3	13,2	15,8	22,5	23,3	24,1	16,9	13,1	4,3	-0,4	10,9
1999	-0,6	2,3	5,0	11,1	13,1	20,2	23,9	23,4	16,4	10,8	2,0	2,3	10,8
Итого	-2,3	-0,4	3,0	10,6	16,1	20,4	22,6	22,2	16,1	11,2	4,1	-0,5	10,3

Таблица 4 – Среднемесячные температуры воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (2000...2004 гг.)

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2000	-1,3	1,4	3,3	13,8	13,9	19,8	24,1	22,9	16,4	9,0	3,5	1,1	10,7
2001	-1,1	0,1	7,1	10,9	17,7	19,3	23,7	23,0	17,9	10,5	5,5	-1,2	11,1
2002	-1,7	5,2	7,1	8,3	14,7	18,8	23,3	21,0	18,8	12,2	6,3	-7,3	10,6
2003	-0,4	-3,7	0,0	7,3	18,6	19,3	21,4	23,1	16,2	12,4	4,8	-0,4	9,9
2004	0,9	1,2	6,1	10,3	15,5	19,3	21,4	22,2	17,5	11,2	5,4	0,0	10,8
Итого	-0,7	0,8	4,7	10,1	16,1	19,3	22,8	22,4	17,4	11,1	5,1	-1,6	10,6

Таблица 5 – Среднемесячные температуры воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (2005...2009 гг.)

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2005	1,3	-3,6	1,9	10,4	16,8	18,9	23,7	23,1	18,8	10,8	4,9	1,5	10,7
2006	-6,4	-2,4	6,3	10,8	14,8	22,3	21,7	26,2	18,4	12,5	4,4	0,2	10,7
2007	2,3	-2,0	3,2	8,3	18,0	20,9	24,0	24,7	19,5	10,7	2,5	0,3	11,2
2008	-7,2	-2,3	8,6	12,9	14,3	19,2	23,0	23,4	16,9	11,6	5,7	1,2	10,6
2009	-1,9	1,8	4,7	8,3	14,6	20,9	20,1	20,1	16,3	12,7	5,4	1,2	10,4
Итого	-2,4	-1,7	4,9	10,1	15,7	20,4	22,5	23,5	18,0	11,7	4,6	0,9	10,7

Таблица 6 – Среднемесячные температуры воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (2010...2014 гг.)

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2010	-3,6	-1,6	4,2	9,8	16,5	22,5	24,7	24,9	19,1	10,1	8,7	4,5	11,7
2011	-2,2	-2,9	2,7	7,9	15,3	20,2	24,6	21,3	17,4	10,3	-0,3	0,7	9,6
2012	-4,1	-8,5	0,5	15,1	18,1	21,8	22,1	22,9	18,9	14,4	6,6	-0,5	10,5
2013	0,8	2,1	5,6	11,6	18,1	21,3	22,1	21,8	15,9	10,0	5,4	-2,2	11,1
2014	-1,6	-2,7	5,5	10,3	17,7	19,9	21,6	24,5	16,8	8,7	2,3	1,2	10,4
Итого	-2,1	-2,7	3,7	10,9	17,1	21,1	23,0	23,1	17,6	10,7	4,5	0,7	10,7

Таблица 7 – Среднемесячные температуры воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (2015...2019 гг.)

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2015	-1,1	-0,3	4,0	9,0	16,2	21,3	23,2	22,6	19,9	9,6	6,2	2,6	11,1
2016	-2,3	3,4	5,3	12,6	15,8	20,3	21,4	24,3	17,2	8,2	4,1	-2,9	10,6
2017	-2,4	-0,5	5,2	10,4	15,3	19,4	24,1	23,8	19,3	10,4	4,0	1,8	10,9
2018	-1,6	1,4	4,6	11,1	17,8	21,7	25,2	21,3	18,8	12,8	3,5	1,0	11,5
2019	-0,1	1,4	5,4	10,2	17,7	23,6	22,2	22,8	16,6	13,1	3,2	1,5	11,5
Итого	-1,5	1,1	4,9	10,7	16,6	21,3	23,2	23,0	18,4	10,8	4,2	0,8	11,1

Начиная с 1988 года, отмечен устойчивый и довольно стремительный рост температуры, интенсивность которого существенно превысила глобальные тенденции. Если в общепланетарном масштабе рост годовой температуры воздуха на $0,7^{\circ} \dots 1,0^{\circ} \text{C}$ произошёл за 50...60 лет, т. е. в среднем рост происходил на $0,01^{\circ} \dots 0,02^{\circ} \text{C}$ в год, то в нашем случае только за последние три десятилетия она выросла от уровня $9,3^{\circ} \text{C}$ до $11,5^{\circ} \text{C}$. Таким образом, среднегодовой прирост температуры составил $0,1^{\circ} \text{C}$ в год, что в 10 раз превышает темпы роста глобальной температуры.

В отношении характера роста температуры необходимо подчеркнуть, что раньше короткие тёплые периоды продолжительностью 2...3 года чередовались с такими же по продолжительности и интенсивности холодными промежутками. В целом это нивелировало годовую температуру в многолетнем разрезе. Однако начиная с 1998 года отмечается устойчивый рост

годовой температуры без существенных понижений. За последний 21 год только дважды (2003 г. и 2011 г.) среднегодовая температура не поднималась выше +10 °С. В остальные годы, то есть в течение 21 года она была выше многолетней нормы.

При детальном разборе и рассмотрении температурного режима можно констатировать, что изменения происходят, в основном, за счёт зимнего (2,4 °С) и весеннего (прирост 2,2 °С) периодов. Летом и осенью прирост составил по 1,6 °С. Наибольших значений разница между среднемесячными температурами воздуха в условиях предгорной зоны садоводства Кабардино-Балкарии за периоды 1985...1989 гг. и 2015...2019 гг. составила в феврале 4,5 °С, марте – 4,6 °С, мае – 1,9 °С, июне – 1,8 °С, сентябре – 2,0 °С, в октябре –1,9 °С и в декабре – 2,0 °С (табл. 8).

Таблица 8 – Разница между среднемесячными температурами воздуха в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР за периоды 1985...1989 гг. и 2015...2019 гг.

Год	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1985...1989	-2,1	-3,4	0,3	10,5	14,7	19,5	21,6	21,6	16,4	8,9	3,5	-1,2	9,3
2015...2019	-1,5	1,1	4,9	10,7	16,6	21,3	23,2	23,0	18,4	10,8	4,2	0,8	11,1
Разница	0,6	4,5	4,6	0,2	1,9	1,8	1,6	1,4	2,0	1,9	0,9	2,0	1,8

Проведённый анализ амплитуды температур воздуха по сезонным периодам (осень, зима, весна, лето), дал следующие результаты.

Если прежде осень наступала в середине сентября, то сейчас она устанавливается к концу сентября-началу октября и характеризуется как сухая и тёплая. Устойчивый переход температур воздуха к отрицательным значениям наблюдается в основном в ноябре. Сентябрь – тёплый, с небольшим количеством осадков. Прибавка среднесуточной температуры воздуха за 35-летний период составила 2,0 °С. Аналогичный температурный тренд прослеживается в октябре (1,9 °С) и чуть меньше в ноябре (0,9 °С) (рис. 2).

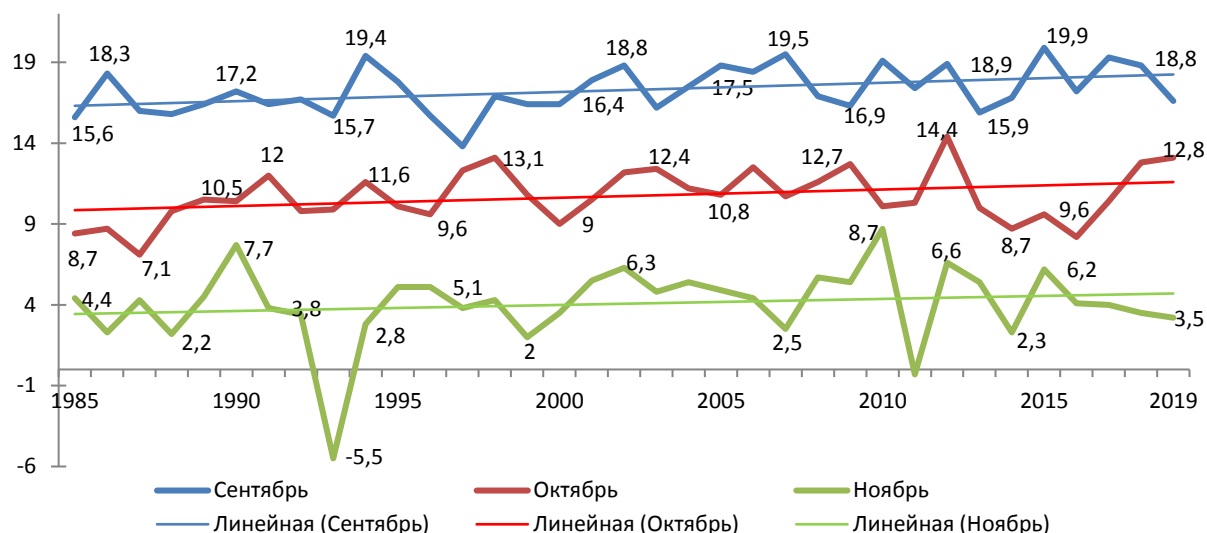


Рис. 2. Амплитуда температур воздуха в осенний период в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (1985...2019 гг.)

Повышение температуры привело к тому, что осенью при установлении тёплой погоды у деревьев часто наблюдается вторичный рост, который продолжается до первых морозов. Ранние морозы могут оказать отрицательное влияние на подготовку растений к периоду покоя. У сортов, созревающих в более поздние сроки, продукты фотосинтеза в большей мере затрачиваются на рост плодов вплоть до уборки. После съёма урожая деревья часто не успевают накопить достаточное количество ассимилянтов для нормальной закалки и перезимовки. Поэтому в годы, когда рост и развитие деревьев не заканчивается до наступления холодов уровень зимостойкость значительно снижается. Ранние осенние заморозки и резкие перепады температуры воздуха в ночное и дневное время вызывают преждевременный массовый листопад и окончание вегетационного периода, побеги остаются недозревшими и переходят неподготовленными в состояние покоя.

Самый максимальный прирост температуры воздуха по сезонам за 35 лет наблюдений зафиксирован в зимний период, который составил 2,4 °C. Резкие колебания температуры несколько нивелировали её общий рост. За исследуемый период отмечено 12 лет (1988, 1990, 1994, 1997, 2001, 2002, 2005,

2006, 2008, 2010, 2012 и 2014 гг.), когда минимальные значения рассматриваемого показателя находились в пределах $-20,0 \dots -25,8$ °С, при этом морозы были непродолжительными и часто сменялись оттепелями. Из 35 лет только 9 имели среднемесячную температуру ниже средней многолетней.

За первые 5 лет (1985...1989 гг.) был только один год со среднемесячной температурой выше средней многолетней, тогда как за период 2015...2019 годы все 5 лет отмечены с превышением рассматриваемого показателя, то есть зимы стали теплее (рис. 3). При этом морозный период стал короче: холода наступают позже, а весеннее потепление – раньше.

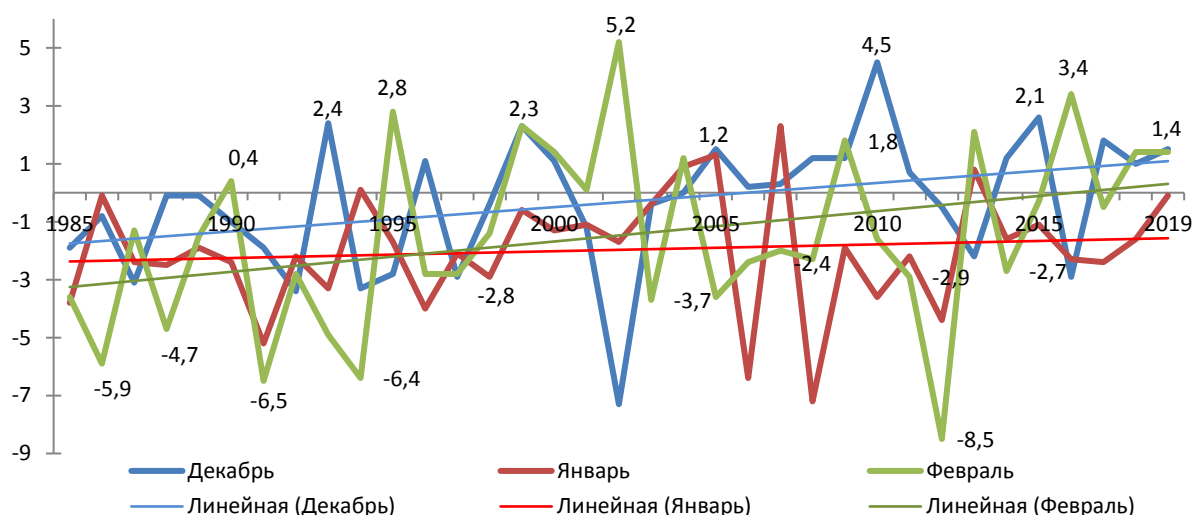


Рис. 3. Амплитуда температур воздуха в зимний период в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (1985...2019 гг.)

Средний уровень декабрьской температуры поднялся с $-1,2$ °С (в 1985...1989 гг.) до $0,8$ °С (в 2015...2019 гг.). Аналогичный тренд наблюдается в январе (с $-2,1$ °С до $-1,5$ °С) и в феврале (с $-3,4$ °С до $1,1$ °С). Как мы видим, наибольший прирост температуры воздуха отмечен в феврале. И этот, некогда самый холодный в условия предгорной плодовой зоны зимний месяц, стал больше похож на весенний.

Принято считать, что самыми неблагоприятными факторами погоды, отрицательно действующим на рост, развитие, урожайность и долговечность плодовых культур, являются факторы зимнего периода. В процессе эволюции растения, чтобы избежать повреждения чувствительных тканей от зимних повреждений, развили механизм покоя [20]. После определённой продолжительности холодного периода дерево готово к возобновлению роста следующей весной [21].

Анализ процессов, наблюдаемых в условиях предгорий региона, позволяет констатировать, что один из компонентов зимостойкости плодовых культур – величина максимальной морозоустойчивости дерева, развиваемая в закалённом состоянии к середине зимы [16, 22] – практически потерял свою актуальность. Это связано с тем, что морозов, пагубно влияющих на плодовые деревья, почти не наблюдается. Нами установлено, что в зоне возделывания сортов яблони и груши критическая минимальная температура воздуха в зимний период не должна опускаться ниже $-27...-30$ °С. За тридцатипятилетний период в условиях предгорной плодовой зоны зафиксировано всего пять зим, когда температура опускалась до $-22...26$ °С (1990 г.; 1994 г.; 2006 г.; 2012 г.; 2014 г.). Морозы были недолговременными и не нанесли большого ущерба плодовым деревьям. Хотя и наблюдались повреждения плодовых почек, однолетних побегов и многолетней древесины, выпадов в садах не было.

Основной причиной подмерзаний в регионе служат не столько низкие температуры воздуха, действие которых в отдельные зимы кратковременно, сколько резкие их колебания, причем с большой амплитудой. Показательными в этом плане являются условия зимы 2000/01 года, когда в третьей декаде января максимальные температуры воздуха днём доходили до $13,3$ °С, а ночью они падали до $-20,5$ °С. Амплитуда колебаний температур составляла $33,8$ °С (рис. 4). От резких перемен дневных и ночных температур на коре образуются

трещины. И в дальнейшем с возвратом даже не критически низких температур (до $-15 \dots -20 \text{ }^\circ\text{C}$) участки коры, потеряв закалку, вымерзают.

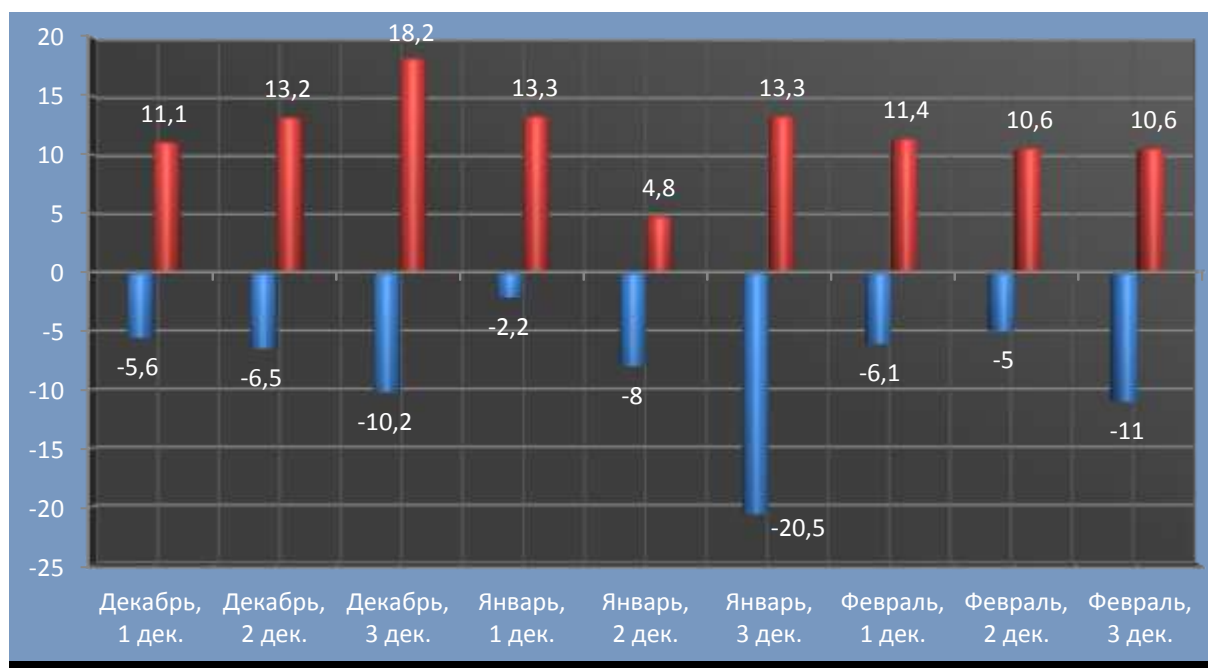


Рис. 4. Амплитуда температур воздуха в зиму 2000/01 гг.

Относительно весенних месяцев следует отметить, что самый большой среднегодовой прирост температуры зафиксирован в марте (рис. 5), который составил $4,6 \text{ }^\circ\text{C}$.

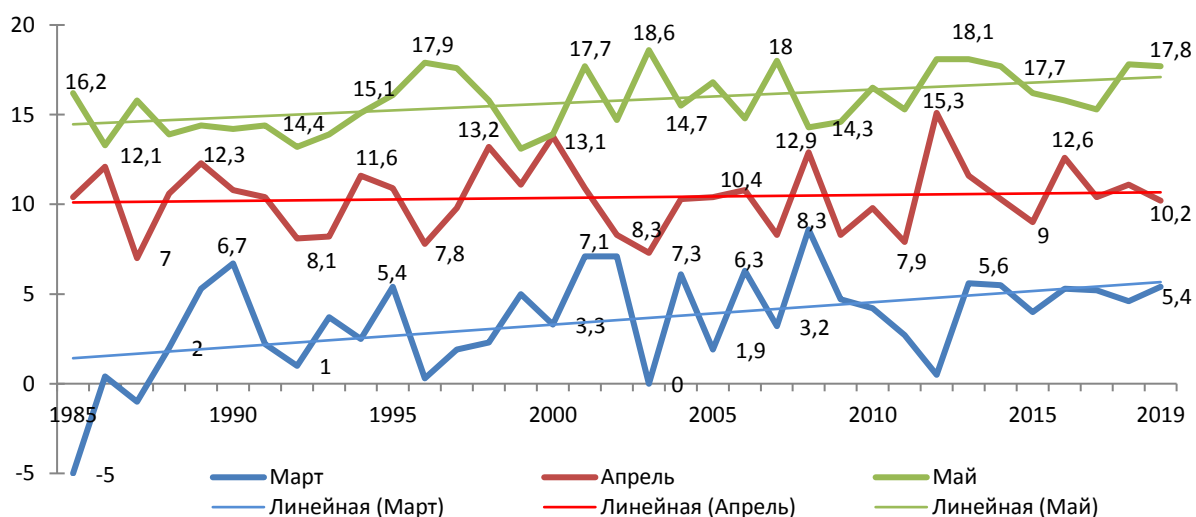


Рис. 5. Амплитуда температур воздуха в весенний период в условиях предгорной плодовой зоны садоводства (1985...2019 гг.)

Март в регионе преимущественно холодный, с частыми возвратными холодами. Понижения температуры воздуха в весенний период оказывают отрицательное воздействие на деревья. Нередким явлением в условиях региона является тот факт, что весной после установления тёплой погоды часто наблюдаются резкие понижения её до минусовых значений. Задержка в датах цветения многих деревьев указывает на то, что процессы нарушения покоя действительно изменяются, скорее всего, в ответ на изменение климата [23, 24]. Растения, повреждённые возвратными холодами во время цветения или образования завязи, уже не дают урожая в этом году. Критическими температурами для завязей яблони и груши являются $-1,2 \dots -2,2$ °C, а при $-3,9$ °C и ниже обычно погибают все генеративные образования. Степень повреждения цветков заморозками обусловлена как сортовыми особенностями, так и фазой их развития. Бутоны подмерзают значительно меньше, чем открытые цветки [16]. Чаще всего от весенних заморозков страдают раноцветущие сорта, требующие меньшего тепла для прорастания почек.

Как мы видим, тренд роста температуры воздуха сохраняется и в апреле, но уже не с такими высокими значениями, как в марте. И если раньше (1985...1989 гг.) заморозки наблюдались вплоть до конца апреля с температурой воздуха $-1,2$ °C, то за период 2015...2019 годы последние заморозки не выходят за пределы первой декады апреля с минимальными значениями $-1,8$ °C. Данное обстоятельство позволяет плодовым в более благоприятных условиях подготавливаться и проходить период цветения.

Оптимальное сочетание факторов зимостойкости (по четвёртому компоненту [21]) имеют деревья со средними и поздними сроками цветения, а также с нерастянутой продолжительностью вегетации. Они своевременно развивают состояние морозостойкости и относительно слабо реагируют на оттепели.

Более быстрыми темпами закаливания отличаются деревья со средней и слабой нагрузкой урожаем. После суровых зим деревья даже устойчивых сортов с обильным плодоношением сильнее подмерзают, чем деревья менее

устойчивых сортов с умеренной нагрузкой урожаем. Обильно плодоносящие деревья наиболее чувствительны к ранним морозам.

Поэтому даже в южных регионах перед закладкой садов целесообразно подбирать сорта и породы наиболее устойчивые к неблагоприятным условиям зимнего периода. Применение этих знаний при закладке садов позволит сократить затраты и получать стабильные урожаи в различных условиях возделывания.

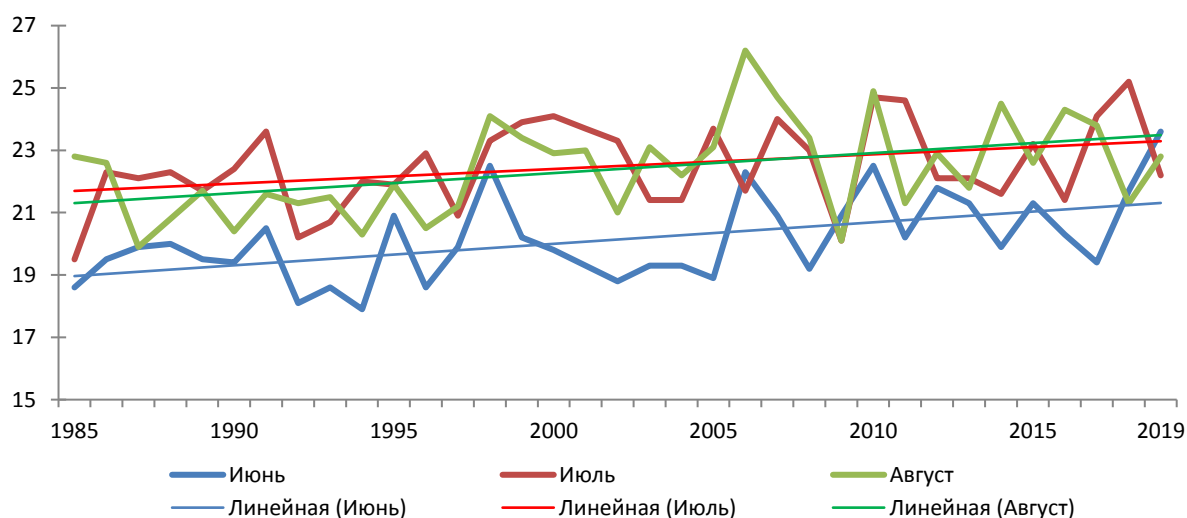


Рис. 6. Амплитуда температур воздуха в летний период в условиях предгорной плодовой зоны садоводства (1985...2019 гг.)

Во второй половине мая с установлением среднесуточной температуры воздуха выше $+15...+17$ °C наступает лето, которое характеризуется как тёплое. За период с 1985 по 1999 годы среднемесячная температура воздуха в июне $19,5$ °C, в июле и августе по $21,6$ °C. За 2015...2019 годы среднемесячная температура воздуха в июне $21,3$ °C, в июле $23,2$ °C и августе $23,0$ °C (рис. 6).

Динамика водного режима. Частыми явлениями в регионе стали дни с атмосферной засухой, число которых за вегетационный период может достигать 50...70. Воде принадлежит огромная роль в природе. Она является необходимым условием жизни на Земле. В любом организме вода является

средой, в которой происходят химические реакции, без которых они не могут жить. В среднем в организме растений содержится более 50 % воды, а в почве – не менее 20 %. Вода входит составной частью во все органы плодовых и ростовых образований, участвует в создании органического вещества (в процессе фотосинтеза). В воде растворяются минеральные соли, и вместе с ней через корни поступают в растения.

Вода поддерживает в тканях растений необходимый тургор, регулирует тепловое состояние растений, участвует в процессе построения и жизнедеятельности клеток всего растения [25; 26].

Фундаментальность роли воды в жизни клетки известна нам ещё из школьных учебников. Из этих же учебников мы знаем о круговороте воды в природе, представляющем собой постоянный обмен влагой между гидросферой, атмосферой и земной поверхностью, состоящий из процессов испарения, передвижения водяного пара в атмосфере, его конденсации в атмосфере, выпадения осадков и стока. Большая часть воды возвращается из атмосферы в виде осадков.

Атмосферные осадки являются одними из важнейших и определяющих характеристик климата, имеющих существенное значение для сельского хозяйства, т.к. они служат основными источниками обеспечения растений влагой. Многолетнее, среднемесячное, сезонное, годовое количество осадков, их распределение, интенсивность – все эти показатели имеют важное значение при определении возможности выращивания той или иной культуры, сорта в данной местности.

Многолетняя динамика суммы годовых осадков за период исследований отображена на рис. 7.

Сравнительный анализ количества выпавших осадков по пятилетним периодам представлен в таблице 9.

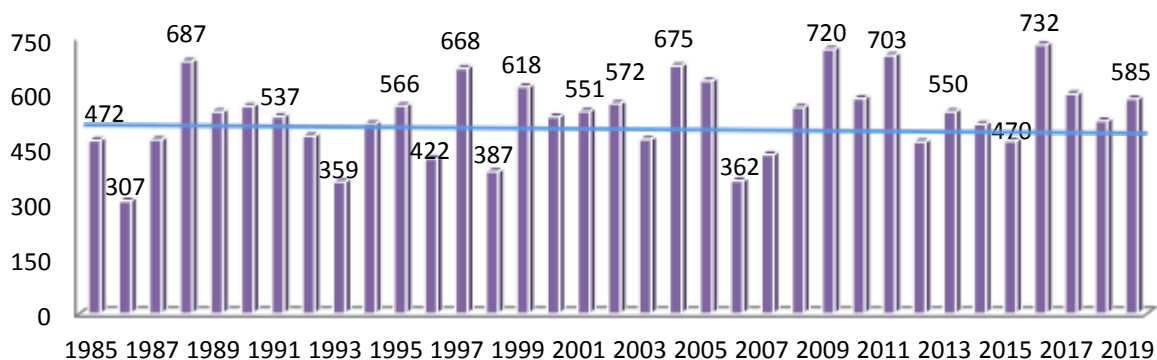


Рис. 7. Среднегодовые нормы осадков в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР (1985...2019 гг.)

Таблица 9 – Среднемесячные нормы осадков в условиях предгорной плодовой зоны садоводства КБР

Годы	Средние значения температуры воздуха												За год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1985...1989	24	21	31	51	75	97	81	66	50	47	35	20	598
1998...2002	18	24	46	62	86	119	46	62	76	36	27	35	637
2010...2014	27	19	36	63	115	97	101	49	57	48	25	18	655
2015...2019	23	21	38	59	92	104	76	59	61	44	29	24	630

Количество выпадающих осадков не проявляет тенденцию к увеличению, оно отмечается в небольших пределах, что не является значительным. Хотя средняя многолетняя сумма осадков за последние 35 лет почти не изменилась, между тем, отмечаемые в отдельные годы отклонения, были весьма существенными. При среднегодовой многолетней величине осадков 636 мм в отдельные годы выпадало 700...800 мм и более (1988, 1992, 1997, 2001, 2004, 2005, 2009, 2011, 2016), в иные годы мене 550 мм (1986, 1993, 1996, 1998, 2006, 2007, 2015, 2018). Как мы можем заметить, за рассматриваемый период было почти равное количество лет с избыточным и недостаточным количеством осадков. Так же следует отметить, что в период закладки и дифференциации цветковых почек, завязывания и роста плодов (июль-август) уменьшилось выпадение осадков, а за периоды март-апрель и

сентябрь-ноябрь количество осадков, наоборот, увеличилось. Таким образом, в период начала вегетации и цветения складываются благоприятные условия для развития парши, а негативные условия ко времени закладки и дифференциации цветковых почек, негативно отражаются на урожае следующего года.

Таким образом, климатические изменения, происходящие в связи с глобальным потеплением, оказывают существенное влияние на условия произрастания плодовых культур. Как показывает анализ, приведённый выше, эти изменения не всегда происходят в благоприятную для плодовых культур сторону. Так, например, в последние десятилетия участились ранние морозы в фазу подготовки растений к физиологическому покою (ноябрь-декабрь), представляющие опасность для возделываемых в регионе сортов яблони и груши с растянутым периодом вегетации и поздним сроком созревания плодов; в фазу вынужденного покоя (январь-февраль) уменьшилась сила морозов, а частота и продолжительность оттепелей увеличилась; сократилось количество ранневесенних (март-апрель) заморозков; увеличилась частота понижений температуры воздуха в период цветения яблони и груши (апрель-май); в период закладки и дифференциации цветковых почек, завязывания и роста плодов (июль-август) уменьшилось выпадение осадков, увеличились высокие положительные температуры, то есть участились засухи; увеличилось количество осадков за периоды март-апрель и сентябрь-ноябрь.

Выводы. Глобальное потепление повлекло за собой повышение среднегодовой температуры за последнее десятилетие более чем на 1,5 °С. В результате чаще стали наблюдаться похолодания в осенний период, зимы стали чрезвычайно мягкими с продолжительными оттепелями и возвратными холодами, заморозки сильнее и чаще, а летом – длительные засухи,

интенсивные осадки (ливни, град) или сочетание подобных опасных явлений. Повышение температуры воздуха привело к смещению сроков прохождения фенологических фаз развития яблони и груши.

Сорта с растянутым периодом вегетации нередко страдают от ранних морозов, наблюдаемых в конце вегетации. В годы с неблагоприятно складывающимися метеоусловиями, когда рост и развитие деревьев не заканчивается до наступления холодов, уровень зимостойкости значительно снижается. На рассматриваемой территории периодически наблюдаются повреждения из-за неблагоприятных условий перезимовки. Это указывает на недостаточный генетический потенциал зимостойкости сортов яблони и груши. Поэтому одним из важнейших свойств, лимитирующих успешное возделывание этих ведущих плодовых культур, является зимостойкость растений.

Предгорья Центральной части Северного Кавказа располагают благоприятными естественными условиями для выращивания яблоневых и грушевых садов. Однако здесь одним из отрицательных факторов для плодовых растений является поражение их в значительной степени грибными болезнями по причине высокой влажности воздуха и выпадения основных осадков в первой половине вегетации. По данным наших исследований из 35 лет наблюдений – 28 были эпифитотийными по парше. В годы эпифитотий резко снижается продуктивность плодовых насаждений, ухудшается и качество плодов.

Из-за изменения климата обычным явлением в последние десятилетия для региона стали участившиеся засухи. Для формирования стабильных и качественных урожаев требуется относительно равномерное распределение осадков, и в особенности в период активного роста и развития растений. Однако именно эти месяцы оказываются засушливыми.

В связи с повсеместным ухудшением агроэкологических условий проблема внедрения сортов с высокой экологической устойчивостью является весьма актуальной.

Литература

1. Ratna Rai, Soni Joshi, Sumana Roy, Omveer Singh, Malay Samir and Anil Chandra G. B. Implications of Changing Climate on Productivity of Temperate Fruit Crops with Special Reference to Apple // Journal of Horticulture. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar – 263145, U.S. Nagar, Uttarakhandi Horticulture ISSN: 2376-0354 Horticulture, an open access journal. 2015. V. 2. I.2.
2. Singh H.P. Impact of climate change on horticultural crops // Challenges of Climate Change-Indian Horticulture, Westville Publishing House, New Delhi. 2010. P. 1-8.
3. Wallace S. Broecker. Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? [Электронный ресурс] Science, New Series, Vol. 189, No. 4201 (Aug. 8, 1975). P. 460-463 Published by: American Association for the Advancement of Science Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1740491>
4. Else M. Climate change impacts on UK top and soft fruit production // Outlook Agric. 2010. P. 257-262.
5. Henson R. The rough guide to climate change London // Penguin Books. – 2008, pp. 384.
6. Jangra M.S., Sharma J.P. Climate resilient apple production in Kullu valley of Himachal Pradesh // International Journal of Farm Sciences. 2013. P. 91-98.
7. Глобальное потепление климата в России и мире: что это такое, причины, последствия и пути решения проблемы [Электронный ресурс] URL: <https://cleanbin.ru/problems/global-warming?yclid=1349444158622573996>
8. Сатибалов А.В. Особенности прохождения фенологических фаз годового цикла развития груши в зависимости от условий региона // Субтропическое и декоративное садоводство. 2017. № 62. С. 90-97.
9. Сатибалов А.В., Нагудова Л.Х., Тхазеплова Ф.Х. Параметры адаптивности сортов груши в условиях предгорий Кабардино-Балкарии // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 1 (37). С. 114-117.
10. Рябов В.А. Условия перезимовки и урожай персика в Степном отделении Никитского ботанического сада с 1963 по 2001 гг. // Труды НБС ННЦ. 2004. С. 82-94.
11. Проскуряков М.А. Хронобиологический анализ растений при изменении климата. Алматы: ЛЕМ. 2012. 228 с.
12. Рябов В.А., Баскакова В.Л. Реакция сортов груши на изменение условий перезимовки в связи с глобальным потеплением // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины: Крымский агротехнологический университет. 2012. № 149. С. 157-166.
13. Ткачѳв А.Н. Изменение климата, сельское хозяйство, продовольственная безопасность // Доклад на пленарном заседании в рамках 40-й сессии Конференции Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединѳнных Наций (ФАО). 2012. [Электронный ресурс] URL: <http://mcx.ru/press-service/news/aleksandr-tkachev-vystupil-na-40-y-sessii-konferentsii-fao/>
14. Никулин А.М. Сайт: Фрутинфо. Новости. 2012. [Электронный ресурс] URL: <https://fruitinfo.ru/news/aleksandr-tkachev-poteplenie-grozit-rossii-poterey-2-vvp-374212>
15. Лїпїнський В.М., Дячко В.А., Бабїченко В.М. Клімат України. – К.: Видавництво Раєвського. 2003. С. 5-27.
16. Сатибалов А.В. Оценка адаптивного потенциала сортов груши в предгорьях Кабардино-Балкарии // Субтропическое и декоративное садоводство. 2019. № 71. С. 101-109.
17. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. ВНИИС им. Мичурина. Мичуринск, 1973. 492 с.

18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 608 с.
19. Сатибалов А.В., Бакуев Ж.Х., Гаглоева Л.Ч., Нагудова Л.Х. Особенности фенологии плодовых культур в условиях Северного Кавказа в связи с изменением климата // Проблемы развития АПК региона. 2016. № 1 (25). С. 72-76.
20. Campoy J.A., Ruiz D., Egea J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review // *Sci. Hortic.* 2011. P. 357-372.
21. Luedeling E., Girvetz E.H., Semenov M.A., Brown P.H. Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees // *PLoS One*. 2011. P. 120-155.
22. Кичина В.В. Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости (концепция, приёмы и методы). М.: Колос. 1999. 126 с.
23. Legave J.M., Blanke M., Christen D., Giovannini D., Mathieu V., et al. A comprehensive overview of the spatial and temporal variability of apple bud dormancy release and blooming phenology in Western Europe // *Int. J. Biometeorol.* 2013. P. 317-331.
24. Vedwan N., Rhoades R.E. Climate change in the Western Himalayas of India: a study of local perception and response // *Clim. Res.* 2001. 19: 109-117.
25. Кушниренко М.Д. Водный режим и засухоустойчивость плодовых растений. Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 1967. 330 с.
26. Кушниренко М.Д., Печерская С.Н. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений / М.Д. Кушниренко. Кишинев: Штиинца, 1991. 304 с.

References

1. Ratna Rai, Soni Joshi, Sumana Roy, Omveer Singh, Malay Samir and Anil Chandra G. B. Implications of Changing Climate on Productivity of Temperate Fruit Crops with Special Reference to Apple // *Journal of Horticulture*. Pant University of Agriculture and Technology, Pantnagar – 263145, U.S. Nagar, Uttarakhandi Horticulture ISSN: 2376-0354 Horticulture, an open access journal. 2015. V. 2. I.2.
2. Singh H.P. Impact of climate change on horticultural crops // *Challenges of Climate Change-Indian Horticulture*, Westville Publishing House, New Delhi. 2010. P. 1-8.
3. Wallace S. Broecker. Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? [Elektronnyj resurs] *Science*, New Series, Vol. 189, No. 4201 (Aug. 8, 1975). P. 460-463 Published by: American Association for the Advancement of Science Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/1740491>
4. Else M. Climate change impacts on UK top and soft fruit production // *Outlook Agric.* 2010. P. 257-262.
5. Henson R. The rough guide to climate change London // Penguin Books. – 2008, pp. 384.
6. Jangra M.S., Sharma J.P. Climate resilient apple production in Kullu valley of Himachal Pradesh // *International Journal of Farm Sciences*. 2013. P. 91-98.
7. Global'noe poteplenie klimata v Rossii i mire: chto eto takoe, prichiny, posledstviya i puti resheniya problemy [Elektronnyj resurs] URL: <https://cleanbin.ru/problems/global-warming?yclid=1349444158622573996>
8. Satibalov A.V. Osobennosti prohozhdeniya fenologicheskikh faz godichnogo cikla razvitiya grushi v zavisimosti ot uslovij regiona // *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo*. 2017. № 62. S. 90-97.
9. Satibalov A.V., Nagudova L.H., Thazeplova F.H. Parametry adaptivnosti sortov grushi v usloviyah predgorij Kabardino-Balkarii // *Problemy razvitiya APK regiona*. 2019. № 1 (37). S. 114-117.

10. Ryabov V.A. Usloviya perezimovki i urozhaj persika v Stepnom otdelenii Nikitskogo botanicheskogo sada s 1963 po 2001 gg. // Trudy NBS NNC. 2004. S. 82-94.
11. Proskuryakov M.A. Hronobiologicheskij analiz rastenij pri izmenenii klimata. Almaty: LEM. 2012. 228 s.
12. Ryabov V.A., Baskakova V.L. Reakciya sortov grushi na izmenenie uslovij perezimovki v svyazi s global'nym potepleniem // Nauchnye trudy Yuzhnogo filiala Nacional'nogo universiteta bioresursov i prirodnopol'zovaniya Ukrainy: Krymskij agrotekhnologicheskij universitet. 2012. № 149. S. 157-166.
13. Tkachyov A.N. Izmenenie klimata, sel'skoe hozyajstvo, prodovol'stvennaya bezopasnost' // Doklad na plenarnom zasedanii v ramkah 40-j sessii Konferencii Prodovol'stvennoj i sel'skohozyajstvennoj organizacii Ob"edinyonnyh Nacij (FAO). 2012. [Elektronnyj resurs] URL: <http://mcx.ru/press-service/news/aleksandr-tkachev-vystupil-na-40-y-sessii-konferentsii-fao/>
14. Nikulin A.M. Sajt: Frutinfo. Novosti. 2012. [Elektronnyj resurs] URL: <https://fruitinfo.ru/news/aleksandr-tkachev-poteplenie-grozit-rossii-poterey-2-vvp-374212>
15. Lipins'kii V.M., Dyachko V.A., Babichenko V.M. Klimat Ukraïni. – K.: Vidavnistvo Raevs'kogo. 2003. S. 5-27.
16. Satibalov A.V., Bakuev Zh.H., Gagloeva L.Ch., Nagudova L.H. Osobennosti fenologii plodovyh kul'tur v usloviyah Severnogo Kavkaza v svyazi s izmeneniem klimata // Problemy razvitiya APK regiona. 2016. № 1 (25). S. 72-76.
17. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur. VNIIS im. Michurina. Michurinsk, 1973. 492 s.
18. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / Pod obshch. red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covej. Oryol: VNIISPK, 1999. 608 s.
19. Campoy J.A., Ruiz D., Egea J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review // Sci. Hortic. 2011. R. 357-372.
20. Luedeling E., Girvetz E.H., Semenov M.A., Brown P.H. Climate change affects winter chill for temperate fruit and nut trees // PLoS One. 2011. R. 120-155.
21. Kichina V.V. Selekcija plodovyh i yagodnyh kul'tur na vysokij uroven' zimostojkosti (konceptiya, priyomy i metody). M.: Kolos. 1999. 126 s.
22. Satibalov A.V. Ocenka adaptivnogo potenciala sortov grushi v predgor'yah Kabardino-Balkarii // Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo. 2019. № 71. S. 101-109.
23. Legave J.M., Blanke M., Christen D., Giovannini D., Mathieu V., et al. A comprehensive overview of the spatial and temporal variability of apple bud dormancy release and blooming phenology in Western Europe // Int. J. Biometeorol. 2013. R. 317-331.
24. Vedwan N., Rhoades R.E. Climate change in the Western Himalayas of India: a study of local perception and response // Clim. Res. 2001. 19: 109-117.
25. Kushnirenko M.D. Vodnyj rezhim i zasuhoustojchivost' plodovyh rastenij. Kishinyov: Kartya Moldovenyaske, 1967. 330 s.
26. Kushnirenko M.D., Pecherskaya S.N. Fiziologiya vodoobmena i zasuhoustojchivosti rastenij / M.D. Kushnirenko. Kishinev: Shtiinca, 1991. 304 s.