

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ПРОХОЖДЕНИЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ ФЕНОФАЗ У ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ

Т. В. КУРЛОВИЧ

*ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,  
ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь,  
e-mail: vaccinium@mail.ru*

### АННОТАЦИЯ

Широкое распространение культуры голубики показало, что ее сорта успешно формируют урожай в условиях более короткого периода вегетации и при его меньшей теплообеспеченности, чем в естественных условиях произрастания культуры. В результате анализа данных девятилетних наблюдений за тремя сортами голубики высокорослой установлено, что основным фактором, влияющим на скорость протекания генеративных фенофаз, являются показатели температуры воздуха в дневное время. Выявлена высокая степень корреляции между максимальными дневными температурами и продолжительностью протекания генеративных фенофаз при низких показателях корреляции со среднесуточными температурами, а также с суммой положительных температур.

*Ключевые слова:* голубика, температура воздуха, феноритмика, бутонизация, цветение, созревание, Беларусь.

### ВВЕДЕНИЕ

Ритм сезонного развития растений возник в процессе эволюции как приспособление к резко выраженной смене климатических явлений. Периодические изменения факторов среды являются важным условием жизни растений. Они имеют различную амплитуду и могут оказывать как субстратное, так и регуляторное воздействие. Фенологические наблюдения позволяют определить степень соответствия между биологическими особенностями интродуцируемых видов и сортов и климатическими условиями места возделывания. Анализ данных, полученных в ходе многолетних наблюдений за культивируемыми растениями, позволяет оценить диапазон их устойчивости и способности формировать урожай в пределах варьирования климатических показателей района выращивания. Многолетние данные фенологических наблюдений используются при закладке промышленных насаждений, для прогноза сроков уборки, своевременного проведения агротехнических мероприятий и др. Росту и развитию многих растений благоприятствует смена температур, как сезонная, так и суточная. В результате постоянного воздействия температурного фактора у растений выработался ряд приспособлений к постоянной смене температурных показателей – так называемый термопериодизм. Переменные температуры стимулируют многие физиологические процессы. Чередование высоких и низких температур, как и фотопериодизм, регулирует «внутренние часы» растений. По В. Лархеру [1], оптимальная разница между дневными и ночными температурами для большинства растений умеренного пояса составляет 5–7 °С, а растения континентальных областей развиваются лучше, если ночь на 10–15 °С холоднее дня.

Голубика высокорослая относится к растениям умеренного пояса. Наблюдения за феноритмикой ее сортов на евро-азиатском континенте проводятся с момента начала ее интродукции в европейских странах [2–7], в том числе и в Беларуси [7–10]. Эти исследования показали, что практически все изучаемые сорта в Беларуси успевают пройти полный цикл развития и сформировать урожай несмотря на то, что период вегетации на этой территории короче, а его теплообеспеченность значительно ниже, чем на родине культурной голубики – в Северной Америке. Вместе с тем в Беларуси календарные сроки наступления и окончания отдельных фенофаз, а также их продолжительность значительно варьируют по годам исследований [6, 8, 10], несмотря на незначительные отклонения в длительности и теплообеспеченности периода вегетации. При близких значениях сумм положительных температур за вегетационный период одни и те же со-

рта ведут себя по-разному в отдельные годы наблюдений. В частности, значительно изменяются календарные сроки прохождения отдельных фенофаз: ягода у позднеспелых сортов в разные годы вызревает полностью либо частично. Культура голубики сейчас очень динамично развивается и в России, климатические условия которой значительно отличаются от Беларуси и Северной Америки. Поэтому необходимы практические результаты, позволяющие прогнозировать, насколько успешным может быть выращивание голубики в не стандартных для данной культуры условиях. На время наступления у растений той или иной фенофазы, а также на ее длительность оказывает влияние целый ряд факторов. Очень важно выявить среди них ключевые, способствующие успешному прохождению вегетации и формированию полноценного урожая культуры в нестандартных климатических условиях.

*Целью исследований* было выявление основного фактора, от которого в наибольшей степени зависит время наступления и скорость протекания генеративных фенофаз у голубики высокорослой, чтобы в дальнейшем иметь возможность оценить, насколько успешным может быть выращивание этой культуры в регионах, продолжительность и теплообеспеченность периода вегетации которых выходят за рамки стандартных показателей.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Для успешного плодоношения растений наиболее важное значение имеет протекание генеративных фенофаз: бутонизации, цветения и плодоношения. Календарные сроки прохождения этих фенофаз зависят не только от климатических особенностей региона выращивания, но и от видовой и сортовой специфики растений. Для оценки влияния температурных показателей на наступление и прохождения генеративных фенофаз в качестве модельных сортов были выбраны три сорта с различными сроками созревания: ранний – Дюк, средний – Блюкроп и поздний – Элизабет.

Наблюдения за феноритмикой изучаемых сортов проводили по общепринятым методикам [11] в течение девяти лет (с 2011 по 2019 г.) на коллекционном участке голубики высокорослой отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, который расположен в Ганцевичском районе Брестской области. В течение девяти лет у трех модельных сортов фиксировали календарные сроки прохождения генеративных фенофаз и подсчитывали суммы положительных температур во время начала и окончания каждой фенофазы и за весь период вегетации. Для подсчета количества накопленного тепла, а также для изучения динамики среднесуточных, максимальных и минимальных температур и их суточных перепадов использовали данные наблюдений метеостанции в Ганцевичах. Вычисление коэффициента корреляции проводили по методике Б. А. Доспехова [12].

Обработку данных осуществляли на персональном компьютере с применением пакета анализа данных программы Microsoft Excel на 95%-ном уровне значимости.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Как было отмечено ранее, наблюдения за феноритмикой голубики показали, что большинство изучаемых в Беларуси сортов успевают в данном регионе пройти полный цикл развития и сформировать урожай. Продолжительность вегетационного периода и его теплообеспеченность соответствуют требованиям, предъявляемым растениями к условиям местообитания, хотя и значительно отличаются от таковых в местах естественного произрастания высокорослой голубики. Во всех ранее проведенных исследованиях соответствие ритмов сезонного развития растений климатическим особенностям района выращивания оценивалось по наблюдениям за календарными сроками прохождения отдельных фенофаз и подсчету количества накопленного тепла на момент прохождения той или иной фенофазы [2, 4, 6, 8–10]. Оценивалось также влияние продолжительности вегетационного периода на успешность формирования урожая. Но ни

в одном из представленных в литературных источниках исследований не были выявлены причины вариации календарных сроков наступления и прохождения фенофаз, а также причины значительной разницы в суммах накопленного тепла во время прохождения той или иной фенофазы. Как показывают наши наблюдения, обобщенные в табл. 1 и 2, сроки наступления и прохождения отдельных фенофаз у сортов голубики высокорослой значительно варьируют по календарным срокам и по количеству накопленного тепла как в начале, так и в конце каждой из фенофаз.

Как видно из данных табл. 1, разница между календарными сроками начала бутонизации у изучаемых сортов варьировала в пределах 31–33 дн. Раньше всего в период исследований она началась в 2016 г. (14 апреля), а позже всего – в 2011 г. (16 мая). Что касается количества накопленного тепла, то, несмотря на значительную разницу в календарных сроках, для фенофазы бутонизации эти показатели отличались не слишком значительно: 337–364 °С в 2011 г. и 211 °С в 2016 г. (табл. 2). Как видно из данных табл. 2, варьирование суммы положительных температур во время начала бутонизации в основном ограничивалось этими рамками, но были и исключения. В частности, в 2017 г. начало бутонизации наблюдалось 4–6 мая, а сумма положительных температур, в зависимости от сорта, в это время составила 595–626 °С.

Разница в сроках окончания бутонизации также значительно варьировала по календарным срокам и составляла 17–20 дн. Раньше всего бутонизация завершилась в 2018 г. (15–21 мая), а позже всего – в 2015 г. (3–7 июня). Сумма накопленного тепла варьировала, в зависимости от сортовой принадлежности, от 582–670 °С в 2018 г. до 846–917 °С в 2015 г. Исключением явился 2017 г. При завершении бутонизации в период 31 мая – 6 июня сумма положительных температур составила у изучаемых сортов 966–1050 °С.

Аналогичная картина наблюдалась и при прохождении фенофазы цветения, хотя разница в календарных сроках начала цветения была менее значительной, чем в сроках начала бутонизации. Раньше всего цветение начиналось в 2018 г. (2–7 мая), а позже всего – в 2017 г. (20–22 мая). Разница в сроках начала цветения, в зависимости от сортовой принадлежности и от года наблюдений, составляла 15–18 дн. Сумма положительных температур при наступлении этой фенофазы варьировала значительно и составляла от 370–457 °С в 2018 г. до 781–816 °С в 2017 г.

Даты окончания цветения, в зависимости от года наблюдений и изучаемого сорта, также значительно варьировали. Разница в период наблюдений составляла 19–26 дн. Раньше всего цветение завершилось в 2018 г. (20–22 мая), а позже всего – в 2017 г. (10–15 июня). При этом суммы накопленного тепла значительно варьировали и составили к тому времени в 2018 г. 682 °С, а в 2017 г. – 1120–1199 °С.

Следует отметить, что сортовая специфика на сроки прохождения фенофаз бутонизации и цветения влияния практически не оказывала. В значительной мере эти различия проявились во время созревания ягод, поскольку здесь одновременно с влиянием температурного фактора проявились и сортовые особенности. В частности, у сорта Дюк, в зависимости от года наблюдения, разница в календарных сроках начала созревания составила 24 дн. (25.06.2016 и 19.07.2017), а окончания созревания – 23 дн. (30.07.2014 и 22.08.2012). Варьирование суммы положительных температур при этом составляло значительную разницу в зависимости от года наблюдений. Ягода начинала созревать при сумме положительных температур от 1200 °С (2012 г.) до 1800 °С (2017 г.), а закончилось созревание при накоплении суммы положительных температур 2040 °С в 2011 г. и 2340 °С в 2017 г. У сорта Блюкроп разница в календарных сроках составила 22 дн. в начале созревания (02.07.2014 и 24.07.2017) и 40 дн. в конце созревания (02.08.2014 и 11.09.2017). При этом сумма положительных температур в начале созревания варьировала от 1365 °С в 2011 г. до 1875 °С в 2017 г. и от 2040 °С в 2011 г. до 2745 °С в 2017 г. в конце созревания. Аналогичная картина наблюдалась и у сорта Элизабет. Разница в сроках начала созревания ягод составила 18 дн. (12.07.2012 и 07.08.2017), а в сроках окончания созревания – 36 дн. (04.09.2018 и 10.10.2015). Что касается суммы положительных температур, то она колебалась от 1475 °С в 2012 г. до 2170 °С в 2017 г. в начале созревания ягод и от 2420 °С в 2018 г. до 3030 °С в 2017 г. в конце их созревания (табл. 1, 2).

Таблица 1. Календарные сроки прохождения генеративных фенофаз модельными сортами голубики высокорослой

Фенофаза	Бутонизация						Цветение						Созревание					
	Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет	
	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec
Сорт	Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет	
Дата	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec
2011	16.05	03.06	16.05	31.05	14.05	05.06	18.05	05.06	18.05	03.06	18.05	11.06	08.07	15.08	11.07	15.08	22.07	15.09
2012	30.04	30.05	30.04	27.05	04.05	30.05	07.05	01.06	07.05	30.05	14.05	03.06	30.06	22.08	09.07	10.09	12.07	03.10
2013	02.05	27.05	02.05	28.05	06.05	02.06	13.05	02.06	15.05	02.06	15.05	03.06	29.06	15.08	12.07	02.09	20.07	07.10
2014	20.04	22.05	22.04	24.05	25.04	24.05	02.05	28.05	04.05	28.05	11.05	28.05	27.06	30.07	02.07	02.08	14.07	20.09
2015	27.04	03.06	27.04	06.06	30.04	07.06	11.05	09.06	12.05	10.06	20.05	12.06	08.07	12.08	11.07	25.08	05.08	10.10
2016	14.04	30.05	14.04	31.05	14.04	01.06	12.05	01.06	15.05	01.06	22.05	06.06	28.06	01.08	05.07	19.08	25.07	15.09
2017	04.05	31.05	06.05	06.06	06.05	05.06	20.05	10.06	20.05	10.06	22.05	15.06	19.07	16.08	24.07	11.09	07.08	04.10
2018	20.04	15.05	23.04	17.05	23.04	21.05	02.05	22.05	03.05	22.05	07.05	20.05	01.07	30.07	04.07	14.08	20.07	04.09
2019	27.04	27.05	02.05	27.05	03.05	29.05	06.05	03.06	12.05	31.05	16.05	04.06	25.06	15.08	08.07	08.09	20.07	30.09

Таблица 2. Теплообеспеченность вегетационного периода во время прохождения генеративных фенофаз модельными сортами голубики высокорослой

Фенофаза	Бутонизация						Цветение						Созревание					
	Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет	
	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec
Сорт	Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет		Дюк		Блюкроп		Элизабет	
Сумма температур (°С) по годам	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec	Начало	Конiec
2011	364	671	364	606	337	711	388	711	388	688	388	840	1303	2039	1365	2039	1604	2542
2012	256	702	256	653	327	702	374	725	374	702	468	748	1200	2239	1408	2534	1475	2828
2013	251	660	251	676	300	757	421	757	456	757	456	774	1261	2144	1507	2437	1661	2845
2014	307	730	340	770	379	770	465	857	483	857	561	857	1341	1996	1427	2070	1656	2909
2015	354	846	354	901	401	917	525	955	539	971	626	1005	1469	2153	1626	2308	1985	2976
2016	211	770	211	792	211	814	561	814	564	814	639	903	1301	1977	1455	2302	1820	2783
2017	595	966	626	1050	626	1032	781	1120	781	1120	816	1199	1799	2337	1875	2745	2168	3028
2018	208	582	248	611	248	670	370	682	390	682	457	682	1410	1988	1449	2319	1756	2419
2019	298	697	366	697	375	734	401	822	453	768	443	841	1291	2007	1527	2226	1715	2486

Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что у сортов голубики высокорослой отсутствует прямая зависимость прохождения генеративных фенофаз от календарных сроков и суммы положительных температур, поскольку по годам наблюдений эти показатели варьируют в значительной степени. Расчет коэффициента корреляции между скоростью протекания генеративных фенофаз и суммой накопленного в этот период тепла показывает очень слабую отрицательную корреляционную связь между данными показателями (табл. 3). Тем не менее температурный фактор оказывает значительное влияние на скорость прохождения этих фенофаз, о чем свидетельствуют данные, представленные на рис. 1–3 и в табл. 4–6.

Таблица 3. Корреляционная зависимость продолжительности протекания генеративных фенофаз у сортов голубики высокорослой от суммы положительных, среднесуточных и максимальных температур

Фенофаза	Сорт	Сумма положительных температур, °С	Среднесуточная температура, °С	Максимальная температура, °С
Бутонизация	Дюк	-0,1912	-0,4471	-0,7984
	Блюкроп	-0,1610	-0,3927	-0,8183
	Элизабет	-0,1318	-0,4281	-0,7248
Цветение	Дюк	-0,1109	-0,4179	-0,6478
	Блюкроп	-0,2312	-0,4718	-0,6947
	Элизабет	-0,1907	-0,4829	-0,5829
Созревание	Дюк	-0,0832	-0,6371	-0,8388
	Блюкроп	-0,0912	-0,7216	-0,7681
	Элизабет	-0,1109	-0,6517	-0,7248

Как видно из рис. 1–3, продолжительность генеративных фенофаз значительно колебалась по годам. В частности, быстрее всего фенофаза бутонизации протекала в 2011 г. Ее продолжительность составила 19 дн. у сорта Дюк, 16 дн. – у сорта Блюкроп и 22 дн. – у сорта Элизабет. Самым длинным период бутонизации был в 2016 г. Его продолжительность у изучаемых сортов составила 47–48 дн. (рис. 1). Если проанализировать показатели среднесуточных, максимальных и минимальных температур в период прохождения этой фенофазы, то мы увидим, что в период бутонизации в 2011 г. – время по календарным срокам с середины мая до середины первой декады июня – среднесуточные температуры составляли 17–21 °С, максимальные температуры днем – +28...+31 °С, а ночью они не опускались ниже 5–10 °С (табл. 4–6). В 2016 г. фаза бутонизации пришлось на период с середины апреля до конца мая. Среднесуточные температуры в это время варьировали от 10 до 17 °С, максимальные температуры днем не превышали 20–24 °С и только в конце фенофазы поднялись до 29 °С.

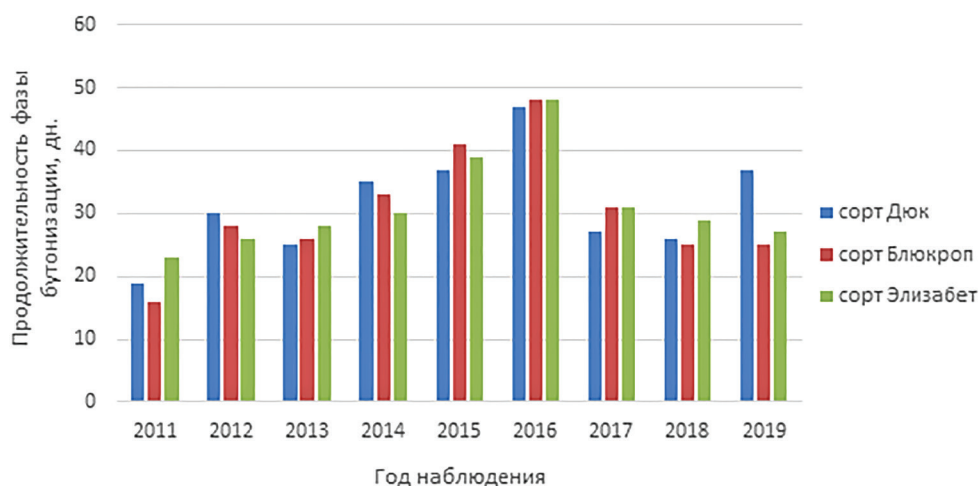


Рис. 1. Продолжительность фазы бутонизации модельных сортов голубики высокорослой по годам исследований

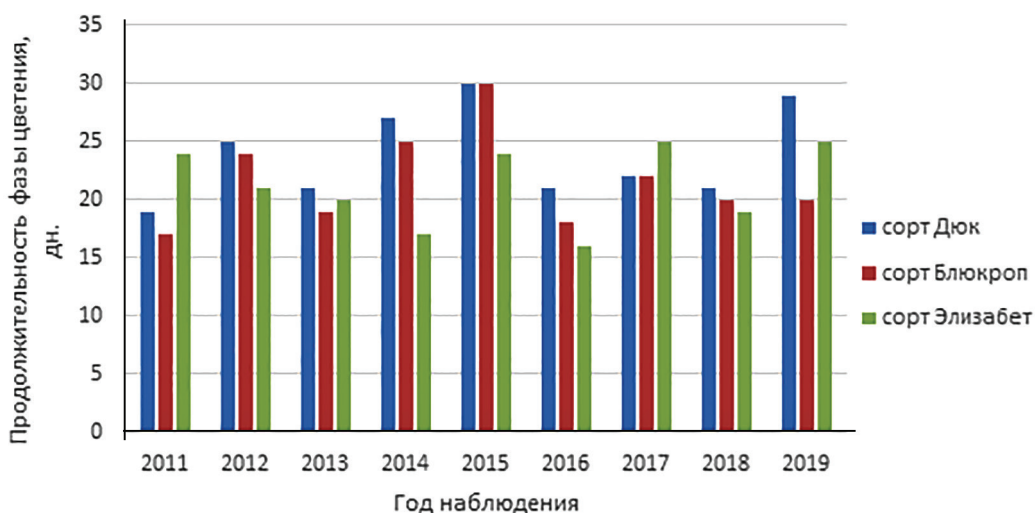


Рис. 2. Продолжительность фазы цветения модельных сортов голубики высокорослой по годам исследований

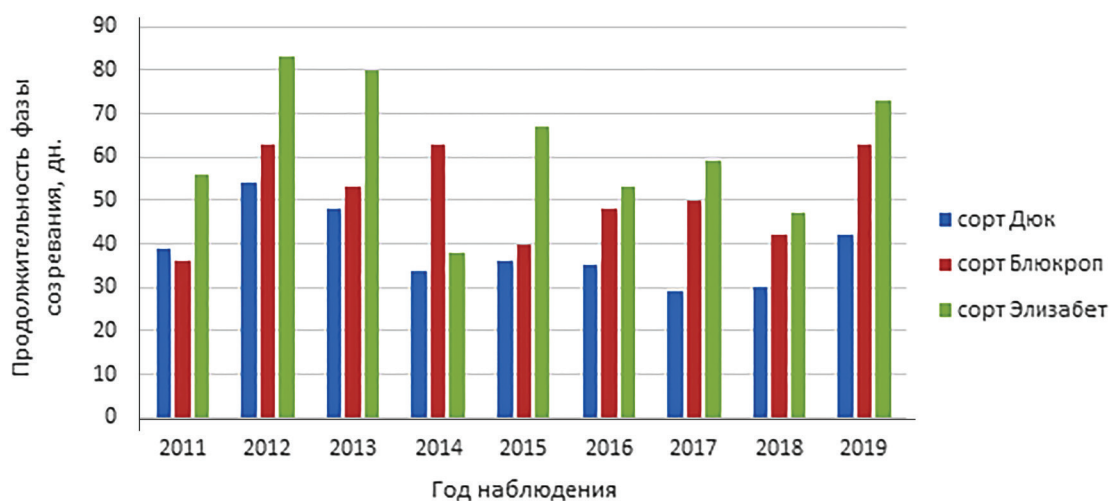


Рис. 3. Продолжительность фазы созревания модельных сортов голубики высокорослой по годам исследований

Минимальные температуры ночью опускались до 0 °С и только к третьей декаде мая поднялись до 6 °С (табл. 4–6). Из этого следует вывод, что температурный режим окружающей среды оказал значительное влияние не только на начало и окончание данной фенофазы, но и на ее продолжительность, которая в условиях прохладной погоды в 2016 г. увеличилась более чем в два раза.

Аналогичная картина наблюдалась и в прохождении фенофазы цветения, сортовые различия здесь выявились более четко, чем в фазе бутонизации. Самый короткий период цветения отмечен у сортов Дюк (19 дн.) и Блюкруп (17 дн.) в 2011 г., а у сорта Элизабет – в 2014 и 2016 гг. (17 и 16 дн. соответственно). Наиболее продолжительной фенофаза цветения у сортов Дюк и Блюкруп (30 дн.) зафиксирована в 2015 г., а у сорта Элизабет – (25 дн.) в 2019 г. (рис. 2).

Анализ температурного режима в период прохождения данной фенофазы (табл. 4–6) показывает, что в 2011 г. цветение у сорта Элизабет началось на 10 дн. раньше, чем у Дюка и Блюкропа, и пришлось на время с более низкими температурными показателями. Поэтому и цветение у этого сорта было более продолжительным в сравнении с сортами Дюк и Блюкруп. Цветение раннего и среднеспелого сортов по календарным срокам выпало на третью декаду мая – первую

Таблица 4. Среднесуточные температуры по декадам в период проведения исследований (по данным метеостанции в Ганцевичах)

Год наблюдения	Среднесуточная температура по декадам, °С																							
	май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь			ноябрь					
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
2011	9,4	14,9	17,0	21,4	18,1	17,0	17,5	21,5	19,6	17,7	18,2	17,5	14,0	14,7	13,4	11,3	4,4	3,1	6,6					
2012	14,7	13,0	16,2	14,2	18,1	16,9	23,7	17,3	20,7	20,0	16,6	16,5	14,0	14,0	12,0	11,3	8,1	3,2	7,9					
2013	14,2	18,7	15,5	17,6	17,8	20,0	19,2	17,3	18,4	21,1	17,6	16,2	13,3	14,4	8,5	7,2	8,1	10,7	7,5					
2014	10,8	15,2	18,3	17,7	15,7	16,1	19,1	20,2	22,1	23,4	19,4	14,1	14,7	13,8	11,2	8,9	11,4	2,1	5,4					
2015	11,7	12,0	15,2	17,5	17,6	16,0	17,8	17,9	18,7	22,2	18,6	19,1	15,6	16,1	13,3	7,3	6,9	5,3	2,7					
2016	14,0	12,4	17,2	15,3	17,8	22,2	18,9	19,5	20,7	20,4	15,5	18,6	17,2	13,2	11,0	9,5	3,3	4,5	6,0					
2017	10,3	12,1	16,8	15,0	17,3	17,8	15,4	17,4	19,5	20,2	21,3	14,4	14,2	15,0	11,4	7,8	10,6	4,7	7,1					
2018	17,5	14,6	17,9	16,7	19,7	17,9	16,8	20,0	24,3	21,3	20,5	18,0	19,1	16,5	10,8	8,8	9,0	6,7	8,2					
2019	8,6	15,4	17,4	19,8	22,3	20,1	16,3	16,3	19,4	16,5	19,0	18,9	17,0	12,8	9,0	8,2	13,5	8,1	3,7					

Таблица 5. Максимальные температуры по декадам в период проведения исследований (по данным метеостанции в Ганцевичах)

Год наблюдения	Максимальная температура по декадам, °С																							
	май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь			ноябрь					
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
2011	23,1	27,7	27,9	30,9	27,9	24,9	27,1	31,0	30,0	28,2	27,6	28,0	23,0	25,8	23,4	20,3	16,6	11,8	11,2					
2012	27,6	27,1	29,5	27,0	31,5	27,2	33,6	28,2	33,8	33,0	28,3	27,9	24,0	25,6	26,9	20,9	18,2	10,0	11,7					
2013	28,0	28,8	25,4	26,4	27,8	30,6	28,7	27,3	29,2	32,0	29,7	28,9	22,7	22,6	15,1	17,3	14,9	19,2	14,2					
2014	23,5	25,0	30,0	26,9	24,3	26,8	28,9	29,1	33,8	35,5	32,4	23,3	25,5	24,8	18,7	21,8	21,7	14,0	18,2					
2015	22,9	28,9	28,0	29,9	32,1	24,8	33,5	27,6	30,5	34,8	34,0	31,5	34,4	27,7	25,8	21,2	12,7	11,5	11,7					
2016	23,7	23,8	28,7	26,7	32,5	32,4	33,4	30,7	31,4	31,5	27,4	31,5	28,5	29,0	22,7	23,7	9,6	8,8	7,2					
2017	24,6	24,0	27,6	24,7	28,5	31,2	26,1	28,3	31,2	32,3	33,1	24,8	25,0	26,5	20,6	13,8	20,2	10,7	11,7					
2018	30,0	23,0	30,9	29,7	30,1	29,4	28,4	28,4	31,2	30,0	30,6	29,1	28,5	27,3	26,8	21,5	22,3	16,8	12,4					
2019	17,8	26,9	26,0	27,5	32,5	29,9	33,7	27,0	29,1	25,5	30,3	31,5	29,5	26,7	18,9	23,0	23,1	22,0	17,0					

Таблица 6. Минимальные температуры по декадам в период проведения исследований (по данным метеостанции в Ганцевичах)

Год наблюдения	Минимальная температура по декадам, °С																							
	май			июнь			июль			август			сентябрь			октябрь			ноябрь					
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
2011	-1,2	2,2	3,5	9,0	9,6	8,3	12,7	13,3	8,7	6,8	7,5	10,3	4,1	0,6	0,8	-0,9	-6,2	-6,1	-4,8					
2012	3,3	0,9	3,7	2,5	9,8	7,0	12,5	9,7	6,3	10,3	8,7	5,3	0,5	5,3	1,4	2,3	-2,2	-4,9	0,2					
2013	1,6	8,3	4,3	11,3	7,6	12,8	7,4	9,0	9,8	10,8	5,6	6,4	3,0	8,3	0,0	-1,4	-1,0	1,0	-3,5					
2014	-0,4	3,1	8,6	10,5	7,7	3,8	8,5	10,7	12,8	12,5	10,3	6,3	5,1	0,8	-1,7	-3,2	-5,5	-9,7	-4,1					
2015	-1,2	0,3	4,1	4,8	5,6	8,3	10,6	8,5	9,8	5,3	4,9	5,7	4,7	4,3	2,3	-6,2	-3,7	-5,2	-5,1					
2016	3,7	1,4	6,0	2,5	3,4	10,6	9,3	10,5	12,2	6,9	3,8	6,9	6,5	0,8	2,9	0,9	-4,1	0,0	-3,1					
2017	-9,1	-2,2	5,0	1,1	7,5	8,0	6,3	7,9	11,6	7,5	8,1	4,1	6,4	7,4	-1,7	1,0	3,8	-0,5	0,4					
2018	5,9	2,8	2,8	0,4	9,8	7,5	9,9	11,5	15,4	12,1	9,4	5,9	10,6	3,1	-2,8	-2,9	-2,0	-4,6	-3,9					
2019	-2,4	3,6	9,1	8,2	12,3	9,2	8,9	8,0	10,9	6,3	7,7	6,0	6,8	3,6	-3,8	-0,3	3,7	-7,3	-2,9					

декаду июня, когда среднесуточные температуры держались в пределах 17–22 °С, максимальные температуры днем поднимались до 28–31 °С, а ночью не опускались ниже 4–9 °С. Аналогичный температурный режим наблюдался и в 2014 и 2016 гг. во время цветения сорта Элизабет: среднесуточные температуры – 15–18 °С, максимальные – 25–30 °С, минимальные – 4–9 °С. Цветение сортов Дюк и Блюкроп в 2015 г. по календарным срокам выпало на вторую декаду мая – первую декаду июня. Среднесуточные температуры в этот период варьировали в пределах 12–18 °С, в дневное время температура поднималась до 20–25 °С, несколько дней – даже до 29–30 °С. Но в ночное время она опускалась до 0–5 °С. Это сказалось на скорости течения физиологических реакций в клетках растений, а соответственно, и на продолжительности протекания данной фенофазы, которая увеличилась почти в два раза по сравнению с этим показателем в 2011 г.

Цветение у сорта Элизабет в 2015 г. началось на 9 дн. позже – с третьей декады мая – и пришлось на период с достаточно высокими температурными показателями. Поэтому и закончилось быстрее, чем у раннего и среднеспелого сортов. В 2019 г. цветение всех трех сортов укладывается в период от второй декады мая по первую декаду июня и также является довольно продолжительным, но более коротким, чем в 2015 г. У сорта Элизабет период цветения, по сравнению с самым коротким периодом протекания этой фенофазы, увеличился на 10 дн. Это также объясняется более низкими температурными показателями в данный период. Так, среднесуточная температура варьировала во время цветения сорта в пределах 17–20 °С, максимальные температуры днем не поднимались выше 26–27 °С, чаще были в пределах 20–24 °С, а ночью опускались до 8–9 °С (табл. 4–6). Всё это также сказалось на скорости протекания физиологических реакций и вызвало увеличение продолжительности протекания данной фенофазы.

Начало и окончание фенофазы созревания ягод у изучаемых сортов голубики в значительной степени определялось сортовой спецификой и протекало в разные месяцы летне-осеннего периода. У сорта Дюк эта фенофаза протекала в зависимости от года изучения с третьей декады июня до середины августа, у сорта Блюкроп – с начала июня по конец августа, у сорта Элизабет – с третьей декады июля до середины или конца сентября. Продолжительность созревания ягод также значительно варьировала по годам исследований. Самым коротким периодом созревания у сорта Дюк был в 2017 и 2018 гг. и составил 29 и 30 дн., а самым длинным – в 2012 и 2013 гг.: 54 и 48 дн. соответственно. У сорта Блюкроп наиболее короткий период созревания отмечен в 2011 (36 дн.) и 2015 гг. (40 дн.), а наиболее длинный – в 2012, 2014 и 2019 гг. (63 дн.). У позднеспелого сорта Элизабет эти показатели различались еще более значительно. Самый короткий период созревания ягод у данного сорта отмечен в 2014 (38 дн.) и 2018 гг. (47 дн.), а самый длинный – в 2012 (83 дн.), 2013 (80 дн.) и 2019 гг. (73 дн.) (рис. 3).

Анализ температурных показателей окружающей среды (табл. 4–6) в период проведения исследований также позволяет сделать вывод о прямой зависимости от них скорости прохождения и этой фенофазы. Так, во время созревания ягод у сорта Дюк в 2017 и 2018 гг. среднесуточные температуры варьировали в пределах 20–21 и 17–24 °С, максимальные температуры – 31–33 и 28–32 °С, а минимальные – 8–12 и 10–15 °С. В 2012 и 2013 гг. эти показатели были значительно ниже: среднесуточные температуры варьировали в пределах 17–20 и 16–21 °С, максимальные – в пределах 24–27 °С, иногда поднимались до 31 и 24–27 °С или повышались до 30 °С, минимальные температуры составляли 5–10 и 6–11 °С, чем и объясняется увеличение продолжительности созревания ягод почти в два раза по сравнению с 2017 и 2018 гг. Температурные показатели во время созревания сорта Блюкроп в 2011 и 2015 гг. также были более высокими по сравнению с 2012, 2014 и 2019 гг. Так, среднесуточные температуры в 2011 и 2015 гг. варьировали в пределах 18–22 °С, максимальные – 27–31 и 27–35 °С, минимальные – 7–14 и 5–10 °С. В 2012, 2014 и 2019 гг. данные показатели составляли соответственно: среднесуточные температуры – 14–20, 14–23 и 16–19 °С, максимальные – 24–33, 23–31 и 27–31 °С, минимальные – 1–10, 8–10 и 4–11 °С. Аналогичная картина наблюдалась и в период созревания ягод у сорта Элизабет. В частности, в 2014 и 2018 гг. среднесуточные температуры варьировали в пределах 14–20 и 18–24 °С, максимальные – в пределах 29–35 и 29–31 °С, минимальные – в пределах 6–13 и 7–15 °С. В 2012, 2013 и 2019 гг. среднесуточные температуры составляли соответственно 12–20, 9–21 и 9–20 °С, максимальные – 20–31, 15–32 и 18–31 °С, минимальные – 1,5–10, 0–11 и даже –4–11 °С.



Расчеты коэффициента корреляции между скоростью прохождения генеративных фенофаз у сортов голубики высокорослой и среднесуточной температурой показали близкую к средней отрицательную корреляционную зависимость между этими показателями в период прохождения фенофаз бутонизации и цветения и среднюю отрицательную степень зависимости в период созревания плодов. Между максимальными дневными температурами и скоростью прохождения этих фенофаз зависимость была более значительной и составляла от  $-0,6478$  до  $-0,8388$  абсолютной величины коэффициента корреляции, т. е. величину, близкую к высокой степени зависимости (табл. 3). Из этого следует, что чем выше максимальные дневные температуры в период прохождения генеративных фенофаз сортами голубики высокорослой, тем быстрее они завершаются, а следовательно, наиболее значимым фактором, определяющим скорость протекания фенофаз у голубики высокорослой, являются максимальные дневные температуры. Данная зависимость позволяет объяснить, почему в регионах с жарким летним периодом сорта голубики успевают сформировать полноценный урожай, несмотря на то что продолжительность периода вегетации и его теплообеспеченность оказываются ниже этих показателей в регионе естественного произрастания культуры.

### ВЫВОДЫ

Влияние температурного фактора на скорость прохождения генеративных фенофаз четко проявляется несмотря на генетически детерминированную сортовую специфику голубики высокорослой. Чем выше дневные температуры в период вегетации растений, тем раньше начинаются и быстрее завершаются генеративные фенофазы.

Варьирование среднесуточных температурных показателей в слабой степени коррелирует со скоростью протекания фенофаз бутонизации и цветения, но оказывается более значимым в период созревания ягод.

Скорость протекания генеративных фенофаз очень слабо коррелирует с суммой положительных температур, но в значительной степени зависит от максимальных дневных температур, что позволяет объяснить успешное формирование урожая сортами высокорослой голубики в условиях недостаточной для этого теплообеспеченности вегетационного периода.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лархер, В. Экология растений / В. Лархер. – М. : Мир, 1978. – 384 с.
2. Буткус, В. Ф. Биологическая и биохимическая характеристика голубики высокорослой (фенология и рост побегов) / В. Ф. Буткус, З. П. Буткене, Я. Д. Мажейкайте // Тр. АН ЛитССР. Сер. В. – 1985. – Т. 1. – С. 39–50.
3. Гладкова, Л. И. Выращивание голубики и клюквы. Обзорная информация / Л. И. Гладкова. – М., 1974. – 62 с.
4. Данилова, И. А. Интродукция голубики высокорослой в ГБС АН СССР / И. А. Данилова // Дикорастущие ягодные растения СССР : материалы конф. – Петрозаводск, 1980. – С. 63–64.
5. Рейман, А. Высокоролая голубика / А. Рейман, К. Плишка. – М. : Колос, 1984. – 54 с.
6. Голубика высокорослая: оценка адаптационного потенциала при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2007. – 442 с.
7. Рипа, А. К. Клюква крупноплодная, голубика высокая, брусника / А. К. Рипа, В. Ф. Коломийцева, Б. А. Аудрина. – Рига : Зинатне, 1992. – С. 121–150.
8. Дрозд, О. В. Сезонный ритм роста и развития новых сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.), интродуцированных в Белорусском Полесье / О. В. Дрозд // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2018. – Т. 63, № 4. – С. 472–485.
9. Курлович, Т. В. Голубика высокорослая в Беларуси / Т. В. Курлович, В. Н. Босак. – Минск : Беларус. навука, 1998. – 176 с.
10. Павловский, Н. Б. Ритмы сезонного роста и развития сортов голубики высокорослой, интродуцированных в Беларуси / Н. Б. Павловский // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – Т. 25. – С. 186–195.
11. Юркевич, И. Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений / И. Д. Юркевич, Д. С. Голлод, Э. П. Ярошевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 28 с.
12. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – С. 268–307.

**THE INFLUENCE OF AIR TEMPERATURE ON PASSING GENERATIVE PHENOPHASES  
OF Highbush BLUEBERRY**

T. V. KURLOVICH

**Summary**

The widespread distribution of cultivated blueberry has shown that its cultivars successfully produce harvest in conditions with a shorter vegetation period and with its lower heat availability than in the natural habitat of that culture. An analysis of data from a 9-year long observation of three cultivars of highbush blueberry has established that the chief factor influencing the durations of the generative phenophases are the air temperature indicators during daytime. A high degree of correlation between maximum daytime air temperatures and durations of generative phenophases with low correlation coefficients with average 24-hour temperatures and the sum of positive temperatures above 0 °C has been identified.

*Key words:* blueberry, air temperature, phenorhythmics, budding, blossom, ripening, Belarus.

*Поступила в редакцию 15.04.2021*