

ПЛОДОВОДСТВО И ЯГОДОВОДСТВО В БЕЛАРУСИ

УДК 634.11:631.526.32:631.811.98

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОГЕНЕЗА ЦВЕТКОВ ЯБЛОНИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ПРОРЕЖИВАНИЯ ЗАВЯЗИ

М. Е. РУЛИНСКАЯ¹, В. В. ВАСЕХА²

¹РУП «Гродненский зональный институт растениеводства Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Академическая, 21, г. Щучин, Гродненская область, 231513, Беларусь,

e-mail: marina.oreshko.91@mail.ru

²РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: witalmin@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты наблюдений за процессом дифференциации плодовых почек в 2021–2023 гг. в условиях Гродненской области в вариантах ежегодного проведения химического прореживания завязи на сортах Алеся и Арнабель и без использования регулирующих мероприятий. Установлено, что минимальная сумма эффективных температур выше +5 °С от начала вегетации деревьев, необходимая для начала процесса дифференциации цветка коммерческих сортов яблони в условиях западной части Беларуси, составила 892,0 °С (2021 г.). В течение периода наблюдений было отмечено, что в годы с повышенным температурным режимом в первой половине вегетации начало органогенеза цветка наступало в более поздние сроки. Отличий между вариантами с применением химического прореживания и без него в сроках наступления первых трех этапов дифференциации цветка не выявлено в первые два года нормирования урожая. На третий год проведения мероприятий по химическому прореживанию завязи на обоих сортах наблюдалось опережение сроков прохождения всех этапов морфогенеза плодовых почек на 2–8 дней.

Ключевые слова: яблоня, сорт, органогенез, фенология, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Потенциал продуктивности плодовых культур, в том числе яблони, начинает закладываться в летние месяцы предшествующего года. Формирование урожая происходит поэтапно от органогенеза цветка до зрелых плодов. Реализация потенциала продуктивности зависит от воздействия биотических и абиотических факторов (зимние морозы, колебания температуры, весенние заморозки, засуха, иссушающие ветры, повреждения болезнями и вредителями и т. д.), которые в значительной степени влияют на урожай. Добиться максимальной продуктивности с высоким качеством плодов возможно за счет применения на практике знаний о репродуктивных особенностях сортов яблони, полученных на основе морфофизиологического анализа [1, 2]. Знание этапов органогенеза цветка и условий их прохождения позволяет наблюдать на каждом этапе формирование и редукцию элементов продуктивности (генеративных побегов, цветков, плодов), выявить морфологические и физиологические закономерности формирования урожая в каждом из звеньев этого сложного процесса [3, 4].

Жизнедеятельность деревьев яблони связана с появлением и развитием отдельных органов – побегов, ветвей, цветков и плодов, которые появляются, развиваются и умирают одновременно. По мнению И. С. Исаевой, этот процесс развития зависит, с одной стороны, от пищевого

и гормонального баланса растений, а с другой стороны – от специфических особенностей отдельных сортов яблони [2].

Рядом исследователей установлено, что у разных по возрасту деревьев генеративные почки образуются не в одинаковой степени. У молодых деревьев яблони только часть точек роста превращается в цветочные почки, остальные – остаются вегетативными. Явление чрезмерного образования генеративных почек характерно для взрослых деревьев яблони, поскольку у плодоносящих деревьев с возрастом увеличивается доля плодовых образований, в частности, кольчаток, что и приводит к обильной закладке цветковых почек. В связи с этим необходимо проводить систематический контроль за процессом закладки и дифференциации цветковых почек в зимне-весенний период с последующей оценкой степени плодовой нагрузки деревьев [4, 5].

У плодоносящего дерева любая вегетативная почка может изменить процесс развития и превратиться в генеративную. На переходы почек из одного состояния в другое оказывают как внешние условия, так и питание дерева. Закладка цветковых почек начинается летом при уменьшении поступательного прироста этого года. Окончательное развитие внутренних органов цветка заканчивается весной следующего года. Сроки начала и окончания дифференциации зависят от погодных условий, силы роста вегетативных частей, питания плодового дерева, сортовых особенностей, подвоя [2, 4, 5].

Данное исследование было направлено на изучение процессов, связанных с онтогенезом генеративной сферы яблони при условии ежегодного проведения мероприятий по химическому прореживанию завязи яблони.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в саду РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» в 2021–2023 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агротехническая характеристика пахотного слоя: рН 5,0–5,1, гумус – 1,61 %, содержание P_2O_5 – 279–322 мг/кг почвы, K_2O – 191–226 мг/кг почвы.

Объектом исследований являлись сорта яблони Алеса и Арнабель, посадка – 2012 г. Схема посадки – 4,5 × 2,0 м с плотностью 1111 дер/га, подвой – М7. Содержание междурядий – естественное залужение, в рядах – гербицидный пар. Защита от болезней и вредителей проводилась исходя из требований и рекомендаций, изложенных в регламенте по возделыванию яблони [6].

Для сравнительного анализа на каждом сорте были выбраны контроль (без обработки) и вариант с применением препарата ХЭФК (этефон, 480 г/л) в дозе 0,24 л/га. Срок внесения – через 3 дня после опадения 80 % лепестков в период формирования завязи (фаза 67 BBCH). Повторность опытов четырехкратная, одна повторность – 3 дерева. Для мониторинга прохождения процесса формирования зачатков цветка начиная с июня проводился отбор проб и просмотр под микроскопом срезов генеративных почек. Пробы брали с кольчаток, находящихся в разных частях кроны, по 10 почек от каждого сорта яблони. За период наблюдений (2021–2023 гг.) все изучаемые сорта характеризовались обильным цветением, что позволило осуществить опыт по регулированию генеративной сферы яблони (количество завязи) путем химического прореживания с целью изучения этапов органогенеза цветков яблони в полном объеме.

Учеты и наблюдения проводили согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019), принимая во внимание методические подходы, изложенные в книге «Морфогенез плодовых растений» (Ленинград, 1984) [4, 7]. Фенологические стадии растений определяли в соответствии с расширенной шкалой BBCH (Кведлинбург, 2018) [8].

Гидротермический коэффициент (ГТК) Г. Т. Селянинова вычисляли по формуле:

$$ГТК = \Sigma r / 0,1 \Sigma t,$$

где Σr – сумма осадков за конкретный период (мм); Σt – сумма температур за этот же период (°C).

ГТК характеризует степень увлажнения изучаемого периода: больше 1,60 – влажный период; 1,60–1,30 – оптимальный; 1,29–1,00 – слабозасушливый; 0,99–0,70 – засушливый; 0,69–0,40 – очень засушливый; 0,39–0,20 – сухой; 0,19 и меньше – очень сухой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным И. С. Исаевой (1974), на сроки начала дифференциации генеративных почек плодовых культур существенно влияет целый ряд климатических факторов – прежде всего температура и осадки, и, как правило, данный процесс сопряжен не только с наступлением фазы окончания роста побегов, но и установлением среднесуточной температуры воздуха на уровне $+18...+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [2]. Данные по изучению особенностей органогенеза генеративных почек персика в условиях Минской области также подтверждают комплексное воздействие двух климатических факторов – температуры и влагообеспеченности на формирование зачатков цветка [9, 10].

За годы проведенных наблюдений разницы между изучаемыми сортами и вариантами опыта в сроках начала органогенеза цветка выявлено не было. Установлено, что минимальная сумма эффективных температур выше $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ от начала вегетации деревьев, необходимая для начала процесса дифференциации цветка коммерческих сортов яблони в условиях Гродненской области, составила $892,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 2021 г. при начале распускания почек (01 BBCH), отмеченном 1 апреля. В целом сроки начала вегетации не сильно отличались по годам наблюдений – от 1 до 5 апреля (табл. 1).

Таблица 1. Климатические особенности вегетационного периода до начала дифференциации генеративных почек яблони

Годы наблюдений	Период от фазы 01 BBCH до начала дифференциации генеративных почек			Период от фазы 60 BBCH до начала дифференциации генеративных почек		
	продолжительность, дни	$\Sigma t_{\text{эф}} \geq +5\text{ }^{\circ}\text{C}$	ГТК	продолжительность, дни	$\Sigma t_{\text{эф}} \geq +5\text{ }^{\circ}\text{C}$	ГТК
2021	100	892,0	1,97	56	720,6	1,48
2022	108	896,5	2,38	62	752,1	2,12
2023	103	950,3	1,52	67	804,2	1,51

Продолжительность периода от фазы 01 BBCH до начала дифференциации генеративных почек во многом была сопряжена с обеспеченностью влагой и теплом. При высоком значении гидротермического коэффициента и жаркой погоде со среднесуточными температурами выше среднегодовое значение морфогенез генеративных почек начинался позже, как и фаза окончания роста однолетних побегов и закладки верхушечной почки.

В период от начала цветения до начала дифференциации генеративных почек более значимое влияние на сроки начала органогенеза цветка оказывал температурный фактор. Так, в 2023 г. при ГТК, близком к норме, высокие значения среднесуточной температуры воздуха в середине периода вегетации и как следствие максимальное значение $\Sigma t_{\text{эф}} \geq +5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за годы исследований привели к удлинению периода между фазой 60 BBCH и формированием в генеративных почках конуса нарастания в виде полусферических бугорков с последующим его вытягиванием (этап I дифференциации). Если анализировать значение среднесуточной температуры воздуха в данный отрезок вегетации, то при более высоких ее значениях, при условии достаточного выпадения осадков, сроки наступления начала формирования цветка относительно фазы 60 BBCH оказывались более ранними. Данная взаимосвязь была представлена логарифмической моделью при $R^2 = 0,9926$, значимость $F < 0,05$ (рис. 1). Логарифмическая модель была выбрана за счет самого высокого коэффициента детерминации, при других типах моделей данный показатель составил: экспоненциальная модель – $R^2 = 0,9891$; линейная модель – $R^2 = 0,9907$; степенная модель – $R^2 = 0,9876$.

В течение периода изучения было отмечено, что в год с самой жаркой погодой весной и летом начало органогенеза цветка наступало в более поздние сроки. При условии близких значений уровня влагообеспеченности в первой половине вегетации сроки начала формирования нового цветка по годам наблюдений отличались незначительно.

В результате полученных экспериментальных данных отмечено, что в погодных условиях 2021 г. начало морфогенеза генеративных почек у сортов яблони Алеся и Арнабель отмечено 9 июля – образование на продольном срезе почек конуса нарастания полусферической формы (табл. 2).

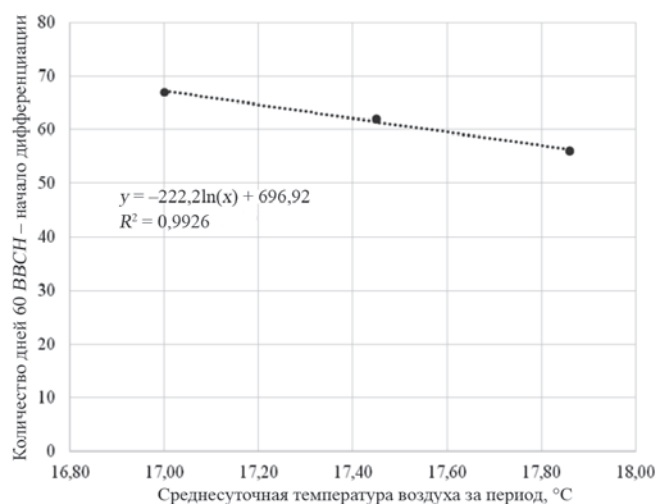


Рис. 1. Логарифмическая модель взаимосвязи между количеством дней от фазы 60 BBCH до начала дифференциации генеративных почек и среднесуточной температурой воздуха за данный период

Таблица 2. Сроки наступления стадий морфогенеза генеративных почек сортов яблони Алесь и Арнабель, 2021–2023 гг.

Стадии морфогенеза	Варианты	Алесь			Арнабель		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
I	Контроль	09.07	18.07	14.07	09.07	20.07	16.07
	Прореживание	09.07	18.07	11.07	09.07	20.07	14.07
II	Контроль	23.07	28.07	26.07	23.07	28.07	28.07
	Прореживание	23.07	28.07	22.07	23.07	28.07	26.07
III	Контроль	06.08	15.08	15.08	06.08	15.08	18.08
	Прореживание	06.08	15.08	10.08	06.08	15.08	15.08
IV	Контроль	12.08	02.09	31.08	12.08	02.09	04.09
	Прореживание	12.08	31.08	28.08	12.08	31.08	31.08
V	Контроль	27.08	19.09	08.09	01.09	19.09	12.09
	Прореживание	27.08	15.09	04.09	01.09	15.09	08.09
VI	Контроль	10.09	28.09	16.09	15.09	28.09	20.09
	Прореживание	06.09	23.09	12.09	10.09	23.09	16.09
VIIa	Контроль	07.10	30.09	25.09	12.10	03.10	25.09
	Прореживание	02.10	30.09	20.09	07.10	03.10	20.09
VIIб	Контроль	27.10	10.10	18.10	01.11	14.10	28.10
	Прореживание	27.10	10.10	15.10	01.11	14.10	20.10

У изучаемых сортов на первых пяти этапах органогенеза цветка в условиях 2021 г. в контрольном варианте и в опыте с химическим прореживанием завязи существенных отличий в сроках наступления стадий дифференциации не выявлено. Различия обнаружены начиная с VI этапа – от образования углубления в центральной части формирующегося бутона и появления на внутренней стенке чашечки закладывающихся бугорков – будущих лепестков. При этом в условиях 2022 г. в варианте с применением прореживания завязи отличия в сроках наступления стадий дифференциации наблюдались с IV этапа – разница составила 2 дня. Отличительные особенности в прохождении I этапа морфогенеза генеративных почек между вариантами без нормировки завязи и с ее применением зафиксированы и на 3-й год применения препарата ХЭФК – в 2023 г. На наш взгляд, это обусловлено накопительным эффектом от действия препаратов, прореживающих завязь, из-за изменения баланса питательных веществ в силу уменьшения нагрузки количеством завязи на один пункт плодоношения. В изучаемых вариантах с нормировкой данный этап наступил на 3 дня раньше – 11.07–14.07, при этом в контрольном варианте – 14.07–16.07 (рис. 2).

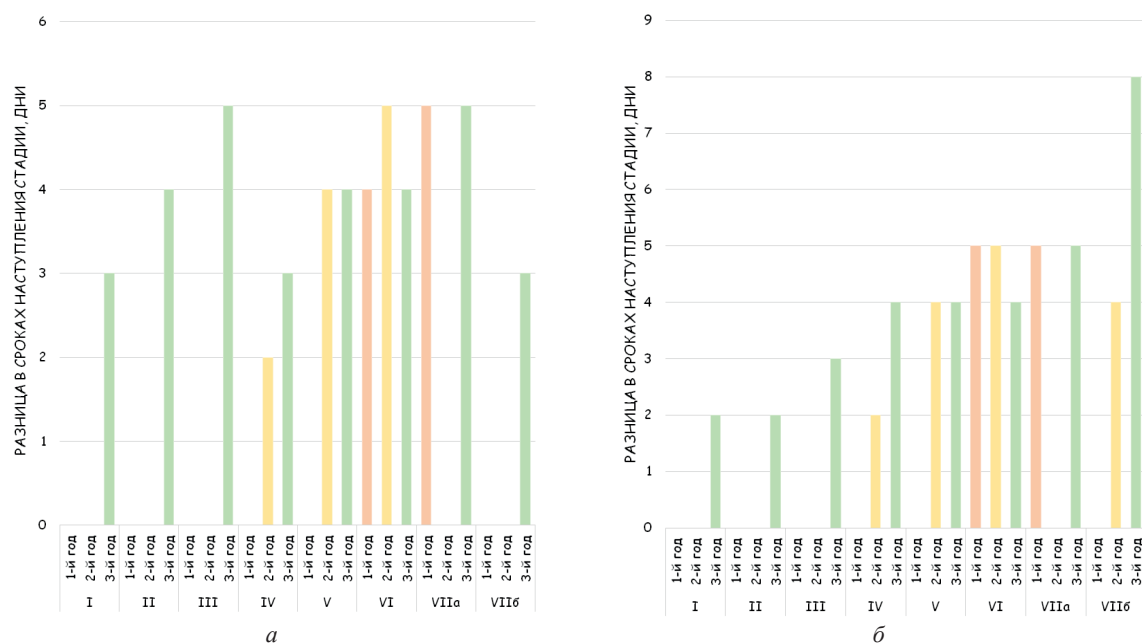


Рис. 2. Разница в сроках (дни) начала наступления стадий морфогенеза генеративных почек у сортов яблони Алеся (а) и Арнабель (б) при ежегодном прореживании завязи в течение 2021–2023 гг. по сравнению с контролем

По нашим наблюдениям, при ежегодном внесении препаратов, направленных на нормировку урожая, на протяжении трех лет закладка тычинок и развитие зачатков будущего пестика (этап VI) у сортов Алеся и Арнабель в контрольном варианте происходит на 4–5 дней позже, чем в опытном варианте с применением прореживателя (06.09, 10.09, 12.09, 16.09, 23.09). Отличия в сроках наступления VIIa этапа образования цветка, когда под каждым из зачатков пестика, ниже дна чашечки, видна формирующаяся удлинённая полость, в которой в будущем разовьётся семязпочка, с опережением в 5 дней с применением прореживания завязи отмечены в условиях 2021 и 2023 гг. Наступление VIIб этапа в изучаемых вариантах опыта у сорта Алеся, когда наблюдали увеличение размеров зачатка пестика с образованием полости, в условиях 2021 г. отмечено 27 октября, а в условиях 2022 г. – с опережением на 17 дней (10 октября). В условиях 2021 г. у сорта Арнабель (этап VIIб) зафиксирован 1 ноября в обоих вариантах опыта, в 2022 г. – 14 октября. При этом в условиях 3-го года внесения препарата данный этап наступил с опережением на 8 дней (20 октября) по сравнению с контролем.

При изучении наступления стадий морфогенеза плодовых почек яблони на протяжении 2021–2022 гг. отличий в сроках наступления стадий дифференциации на первых трех этапах не выявлено. Различия в сроках прохождения этапов морфогенеза (I–VIIб) обнаружены в период 2023 г.

В 1-й год внесения препаратов (2021 г.) у сорта Алеся разница составила 4 дня в период наступления V и VI этапов морфогенеза. У сорта Арнабель ускорение сроков органогенеза по сравнению с контролем отмечено с момента формирования бугорков тычинок (VI этап) с опережением в 5 дней и продолжилось до образования удлинённой полости (VII этап). При этом в условиях 2022 г. (2-й год внесения препаратов) существенных отличий не наблюдалось до наступления IV этапа формирования бутона. Так, у сорта Арнабель ускорение сроков органогенеза с опережением в 2 дня по сравнению с контролем отмечено с момента образования валика на вершине цилиндра (IV этап). Опережение сроков продолжилось до формирования бугорков тычинок (VI этап).

Наблюдения в условиях 3-го года применения химического прореживания показали разницу в сроках наступления всех этапов органогенеза по сравнению с контрольным вариантом. В результате полученных экспериментальных данных отмечено, что сроки наступления уже I–III этапа морфогенеза генеративных почек в зависимости от сорта наступали на 2–5 дней рань-

ше. Если более раннее прохождение этапов формирования будущих лепестков, закладки тычинок и зачатков будущего пестика (этапы V–VI) отмечалось ежегодно на фоне применения препарата ХЭФК, то на 3-й год у сортов Алеся и Арнабель при нормировании завязи отмечено на 3–8 дней опережение наступления и более продвинутых стадий морфогенеза цветка, связанных с развитием пестика и семяпочки (VIIa–VIIб).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За 2021–2023 гг. проведенных наблюдений установлено, что минимальная сумма эффективных температур выше +5 °C от начала вегетации деревьев, необходимая для начала процесса дифференциации цветка коммерческих сортов яблони в условиях Гродненской области, варьировала в пределах 892,0–950,3 °C и в зависимости от календарного года приходилась на 9–20 июля.

Определено, что в условиях, характеризующихся избыточным увлажнением на фоне жаркой погоды со среднесуточными температурами выше среднеемноголетнего значения, морфогенез генеративных почек на изучаемых сортах начинался позже. Однако при близком к оптимальному значению среднесуточной температуры воздуха в период вегетации от начала цветения до начала органогенеза генеративных почек наблюдается обратная взаимосвязь – при более высоких значениях среднесуточной температуры, при условии достаточного уровня влагообеспеченности, сроки наступления начала формирования цветка относительно фазы 60 BBCH оказывались более ранними, что представлено логарифмической моделью взаимосвязи между данными факторами: $y = -222,2\ln(x) + 696,92$.

Выявлены особенности прохождения этапов дифференциации генеративных почек у яблони сортов Алеся и Арнабель при применении химического прореживания завязи. Установлено, что в первые два года применения препарата ХЭФК, начиная с IV этапа органогенеза цветка, отмечаются более ранние сроки начала дифференциации по сравнению с контрольным вариантом. На 3-й год проведения мероприятий по химическому прореживанию на обоих сортах наблюдалось опережение сроков прохождения всех этапов морфогенеза плодовых почек на 2–8 дней, что необходимо учитывать при разработке плана агротехнических мероприятий по уходу за насаждениями и, прежде всего, системы питания в течение периода вегетации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьева, Л. В. Нормирование нагрузки деревьев яблони плодами в садах на слаборослых подвоях / Л. В. Григорьева // Вестник МичГАУ. – 2010. – № 2. – С. 21–24.
2. Исаева, И. С. Морфофизиология плодовых растений : курс лекций / И. С. Исаева ; под ред. д-ра биол. наук, проф. Ф. М. Куперман ; М-во высш. и сред. спец. образования СССР, Науч.-метод. кабинет по заоч. и вечер. обучению Моск. гос. ун-та им. М. В. Ломоносова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974. – 135 с.
3. Дорошенко, Т. Н. Перспективы применения физиологически активных веществ в современных технологиях возделывания яблони / Т. Н. Дорошенко, Д. В. Максимцов // Пути повышения эффективности садоводства : сб. науч. тр. Гос. Никит. ботан. сада / Гос. Никит. ботан. сад ; редкол.: Ю. В. Плугатарь (гл. ред.) [и др.] ; под общ. ред. А. В. Смыкова. – Крым, 2027. – Т. 144. – Ч. II. – С. 18–21.
4. Витковский, В. Л. Морфогенез плодовых растений / В. Л. Витковский. – Л. : Колос, 1984. – 205 с.
5. Исаева, И. С. Органогенез различных типов побегов у яблони в связи с их продуктивностью / И. С. Исаева // Биология и селекция яблони ; под ред. С. И. Исаева. – М., 1976. – С. 191–212.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 520 с.
7. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.
8. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / Julius Kühn-Institut (JKI) ; ed. U. Meier. – Quedlinburg, 2018. – 204 p.
9. Васеха, В. В. Биологические особенности органогенеза генеративных почек персика и отбор адаптивных сортов в условиях центральной зоны плодоводства Беларуси / В. В. Васеха // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 71–75.
10. Гадавы цыкл дыферэнцыяцыі зачаткаў кветак персіка пасля суровай зімы 2020–2021 гг. / В. В. Васеха, В. А. Мацвееў, М. М. Барысенка, К. А. Чарнавокая // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодководства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 82–89.

FEATURES OF APPLE FLOWER ORGANOGENESIS UNDER CHEMICAL THINNING OF FRUIT SET

M. E. RULINSKAYA, V. V. VASEKHA

Abstract

This article presents the results of observations on flower bud differentiation conducted in 2021–2023 in the Grodno Region under annual chemical thinning treatments of fruit set in the apple cultivars Alesya and Arnabel, compared with untreated controls. It was established that the minimum sum of effective temperatures above +5 °C required to initiate flower differentiation in commercial apple cultivars in western Belarus was 892.0 °C (in 2021). During the observation period, it was noted that in years with elevated temperatures in the first half of the growing season, flower organogenesis began at later dates. No differences in the timing of the first three stages of flower differentiation were observed between the chemical thinning and control variants during the first two years of fruit load regulation. However, in the third year of chemical thinning treatments, earlier progression through all stages of flower bud morphogenesis (by 2–8 days) was recorded in both cultivars.

Keywords: apple, cultivar, organogenesis, phenology, Belarus.

Поступила в редакцию 21.02.2025