

УДК 58.085

DOI 10.63874/2218-0311-2025-1-77-86

**Светлана Михайловна Ленивко¹, Оксана Александровна Демидович², Юрий Федорович Рой³,
Ирина Даниловна Лукьянчик⁴, Нонна Степановна Ступень⁵**

^{1,3}канд. биол. наук, доц., доц. каф. биологических и химических технологий
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

²магистрант 2-го курса факультета естествознания
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

⁴канд. с.-х. наук, доц., доц. каф. биологических и химических технологий
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

⁵канд. техн. наук, доц., доц. каф. биологических и химических технологий
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина

Svetlana Lenivko¹, Oksana Demidovich², Yuri Roy³, Irina Lukyanchik⁴, Nonna Stupen⁵
^{1,3}Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Biological and Chemical Technologies of Brest State A. S. Pushkin University
²2-th Year Master's Student of the Faculty of Natural Sciences
of Brest State A. S. Pushkin University

⁴Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Biological and Chemical Technologies of Brest State A. S. Pushkin University

⁵Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department
of Biological and Chemical Technologies of Brest State A. S. Pushkin University
e-mail: lenivko73@mail.ru

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ МИКРОКЛОНОВ АКТИНИДИИ СОРТА ГИБРИДНАЯ КОЛБАСИНОЙ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* И *EX VITRO*

Проведенная комплексная оценка микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной показала, что в условиях *in vitro* микропобеги необходимой величины быстрее формируются на питательной среде, включающей гормон 6-бензиламинопурина в концентрации 0,5 мг/л и содержащей фруктозу в полном объеме. Листья этих побегов после адаптации к условиям открытого грунта также отличались наибольшим содержанием фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и *b*). Однако микроклоны с безгормональных питательных сред лучше адаптируются к условиям *ex vitro* вследствие более ранней закладки перидермы.

Ключевые слова: актинидия, сорт Гибридная Колбасиной, *Actinidia Lindl.*, микроклон.

Comprehensive Assessment of the Development of Microclones of Actinidia of the cultivar «Hybrid Kolbasina» in vitro and ex vitro Conditions

A comprehensive assessment of actinidia microclones of the Hybrid Kolbasina cultivar showed that, under *in vitro* conditions, microshoots of the required size are formed more quickly on a nutrient medium containing the hormone 6-benzylaminopurine at a concentration of 0,5 mg/l and containing fructose in full. The leaves of these shoots, after adaptation to open ground conditions, also had the highest content of photosynthetic pigments (chlorophyll *a* and *b*). However, microclones from hormone-free nutrient media adapt better to *ex vitro* conditions due to earlier formation of the periderm.

Key words: actinidia, cultivar Hybrid Kolbasina, *Actinidia Lindl.*, microclone.

Введение

Представители рода Актинидия (*Actinidia Lindl.*) в настоящее время относятся к малораспространенным ягодным культурам, однако отличаются, с одной стороны, высоким содержанием природных антиоксидантов и биологически активных веществ, с другой – привлекательными декоративными характеристиками, приятными вкусовыми качествами. Несмотря на многолетний опыт выращивания актинидии в южных широтах, остается недостаточно изученным уровень ее адаптивного потенциала при расширении ареала распространения. Формирующиеся агроклиматические условия в юго-западном регионе Белорусского Полесья, характеризующиеся короткой и теплой для

Беларуси зимой, а также самым продолжительным летом [1; 2], позволяют прогнозировать рентабельность выращивания здесь актинидии.

В Республике Беларусь базовая коллекция актинидии находится в отделе ягодных культур РУП «Институт плодоводства» НАНБ и в настоящее время представлена тремя зимостойкими видами (из более 40 видов, произрастающих в мире) (*A. kolomikta*, *A. arguta* и *A. polygama*), а также рядом сортов (Ласунка, Киевская крупноплодная, Превосходная и др.) [3]. Также на базе отдела биотехнологии института плодоводства наряду с традиционными способами размножения начата разработка технологии микрореклонирования актинидии [4]. Опубликованы результаты только по адаптации мужских форм актинидии (*Actinidia* Lindl.) *ex vitro*, оценено влияние их генотипа на морфологические показатели укорененных *in vitro* растений-регенерантов на субстрате торф + агроперлит (3 : 1) [5]. Несомненно, что это указывает на необходимость расширения исследований по разработке и отбору наиболее эффективных и экономически менее затратных подходов как микроразмножения, так и дальнейшей адаптации растений-регенерантов актинидии на нестерильных средах с учетом сортовых особенностей.

В связи с этим нами проведена комплексная оценка развития микроклонов женских растений актинидии сорта Гибридная Колбасиной гибридного происхождения (*A. arguta* × *A. purpurea*), характеризующегося крупными сладкими плодами сливового цвета с ананасным ароматом [6; 7], в условиях *in vitro* и *ex vitro*.

Материалы и методы

На первом этапе исследования оценено развитие микрочеренков на питательных средах (ПС) Мурасиге и Скуга с половинным составом минеральных солей ($\frac{1}{2}$ MS) в различных модификациях: с полным и половинным составом фруктозы в отсутствии или присутствии 6-бензиламинопурина в концентрации 0,5 мг/л (0,5 БАП):

- 1-й тип ПС – $\frac{1}{2}$ MS + 0,5 БАП + $\frac{1}{2}$ фруктоза;
- 2-й тип ПС – $\frac{1}{2}$ MS + 0,5 БАП + фруктоза;
- 3-й тип ПС – $\frac{1}{2}$ MS + $\frac{1}{2}$ фруктоза;
- 4-й тип ПС – $\frac{1}{2}$ MS + фруктоза.

Культивирование микрочеренков осуществляли при температуре 20–22°C при освещении люминисцентными лампами интенсивностью около 3000 люкс, 16-часовом фотопериоде в течение двух месяцев.

На втором этапе исследования оценено анатомическое строение сформированных в условиях *in vitro* корнесобственных растений-регенерантов актинидии сорта Гибридная Колбасиной. Для анатомических исследований в смеси спирта и глицерина были зафиксированы стебли и корни средней части. Из них, по общепринятой в анатомии растений методике (Прозина М. Н., 1960), были сделаны макро- и микросрезы, изготовлены постоянные препараты, на которых и проводились исследования. Для исследования анатомической структуры листа, листового черешка и частично корня срезы делались от руки лезвием безопасной бритвы и фиксировались в глицерине.

На третьем этапе исследования осуществлен перевод сформированных корнесобственных микроклонов в условия *ex vitro* в летне-осенний период 2024 г. в субстрат с оптимальными характеристиками. В качестве субстрата использовали смесь торфа «Двина» с агроперлитом в соотношении 3 : 1. Длительность первого этапа адаптации – 70 дней. Критерии оценки: количество побегов от корня; длина максимально длинного побега; количество узлов на самом длинном побеге; суммарная длина побегов на 1 растении; средняя длина побегов на 1 растении; длина центральной жилки листа и ширина шести верхушечных листьев на 1 растении.

На четвертом этапе исследования осуществлен контроль фотосинтетических пигментов у адаптированных микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной

в условиях открытого грунта. Для определения содержания фотосинтетических пигментов использовали спектрофотометрический метод. Навески свежего растительного материала (30 мг) в трех повторностях помещали в пробирку с 20 мл растворителя (80 % раствор ацетона) и настаивали в холодильнике +4 С в течение 2 суток. Затем вытяжку центрифугировали. Для расчета хлорофилла *a* и хлорофилла *b* определяли оптическую плотность экстракта при трех длинах волн: $\lambda = 663, 646, 470$ нм. Содержание суммы каротиноидов определяют в этой же вытяжке, измеряя величину оптической плотности (D) при длине волны 440,4 нм.

Концентрацию хлорофиллов (*a* и *b*) в пробах вычисляли по следующим формулам (Lichtenthaler, 1987):

$$Ca = 12,21 D_{665} - 2,81 D_{646}$$

$$Cb = 20,13 D_{646} - 3,03 D_{663}$$

Содержание пигментов (мг) на грамм сухой массы листьев рассчитывали по формуле:

$$A = V \cdot C / 1000 \cdot P,$$

где *C* – концентрация пигмента (мг/л), *V*– объем вытяжки, *P* – навеска зеленой массы.

Статистическую обработку полученных данных проводили общепринятыми статистическими методами с помощью с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования стояла задача оценить различия по динамике роста верхушечных и срединных микропобегов в зависимости от типа питательной среды и продолжительности культивирования. Полученные данные представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Динамика роста верхушечных микропобегов актинидии сорта Гибридная Колбасиной в условиях *in vitro*

Сутки	Высота, см			
	1-й тип ПС	2-й тип ПС	3-й тип ПС	4-й тип ПС
0-е	1,60 ± 0,38	1,16 ± 0,24	1,40 ± 0,24	1,25 ± 0,23
7-е	1,50 ± 0,37	1,40 ± 0,25	1,48 ± 0,22	1,55 ± 0,12
14-е	1,88 ± 0,22	1,54 ± 0,22	1,70 ± 0,27	1,80 ± 0,20
21-е	1,95 ± 0,21	1,66 ± 0,15	2,38 ± 0,40	2,65 ± 0,28
30-е	2,00 ± 0,17	2,52 ± 0,34	3,23 ± 0,46	3,58 ± 0,36
60-е	5,13 ± 0,53*	5,50 ± 0,4* ^{3,4}	4,30 ± 0,51 ²	4,65 ± 0,19* ²

Примечание – * – достоверно с предыдущими сутками при $P \leq 0,05$;

^{1,2,3,4} – достоверно при попарном сравнении высоты микропобегов на различных типах питательных сред при $P \leq 0,05$.

Таблица 2 – Динамика роста срединных микропобегов актинидии сорта Гибридная Колбасиной в условиях *in vitro*

Сутки	Высота, см			
	1-й тип ПС	2-й тип ПС	3-й тип ПС	4-й тип ПС
0-е	1,58 ± 0,30	1,48 ± 0,18	1,54 ± 0,14 ⁴	1,34 ± 0,19 ³
7-е	1,58 ± 0,30	1,50 ± 0,19	1,54 ± 0,14	1,40 ± 0,17
14-е	1,70 ± 0,27	1,62 ± 0,18	1,82 ± 0,19	1,58 ± 0,25
21-е	2,20 ± 0,40	1,80 ± 0,13	2,54 ± 0,21	2,42 ± 0,25
30-е	3,05 ± 0,61	2,22 ± 0,24	3,46 ± 0,16*	3,26 ± 0,30
60-е	4,83 ± 0,64	5,40 ± 0,47* ³	4,72 ± 0,21* ²	4,62 ± 0,51

Примечание – * – достоверно с предыдущими сутками при $P \leq 0,05$;

^{1,2,3,4} – достоверно при попарном сравнении высоты микропобегов на различных типах питательных сред при $P \leq 0,05$.

Полученные данные показали, что только на 60-е сутки эксперимента микропобеги достигли достаточной длины для адаптации их к условиям *ex vitro*. Наибольший рост верхушечные и срединные микропобеги продемонстрировали на 2-м типе ПС. При этом размеры верхушечных побегов, культивируемых на 2-м типе ПС, достоверно превосходили размеры побегов на 3-м и 4-м типах ПС. Достоверно значимые различия по высоте среди срединных побегов наблюдались только между 2-м и 3-м типами ПС.

Ранжирование роста верхушечных микропобегов позволило составить следующий ряд эффективности питательных сред: 2-й тип ПС > 1-й тип ПС > 4-й тип ПС > 3-й тип ПС. Ряд эффективности питательных сред для культивирования срединных побегов отличался лишь последними вариантами: 2-й тип ПС > 1-й тип ПС > 3-й тип ПС > 4-й тип ПС. По сравнению со 2-м типом ПС высота верхушечных и срединных микропобегов на самом бюджетном 3-м типе ПС была достоверно ниже на 1,2 и 0,68 см соответственно. Проведенный дисперсионный анализ в системе «тип среды – тип микропобега» подтвердил большее влияние на рост микропобегов типа питательной среды, чем типа пассированных микрочеренков.

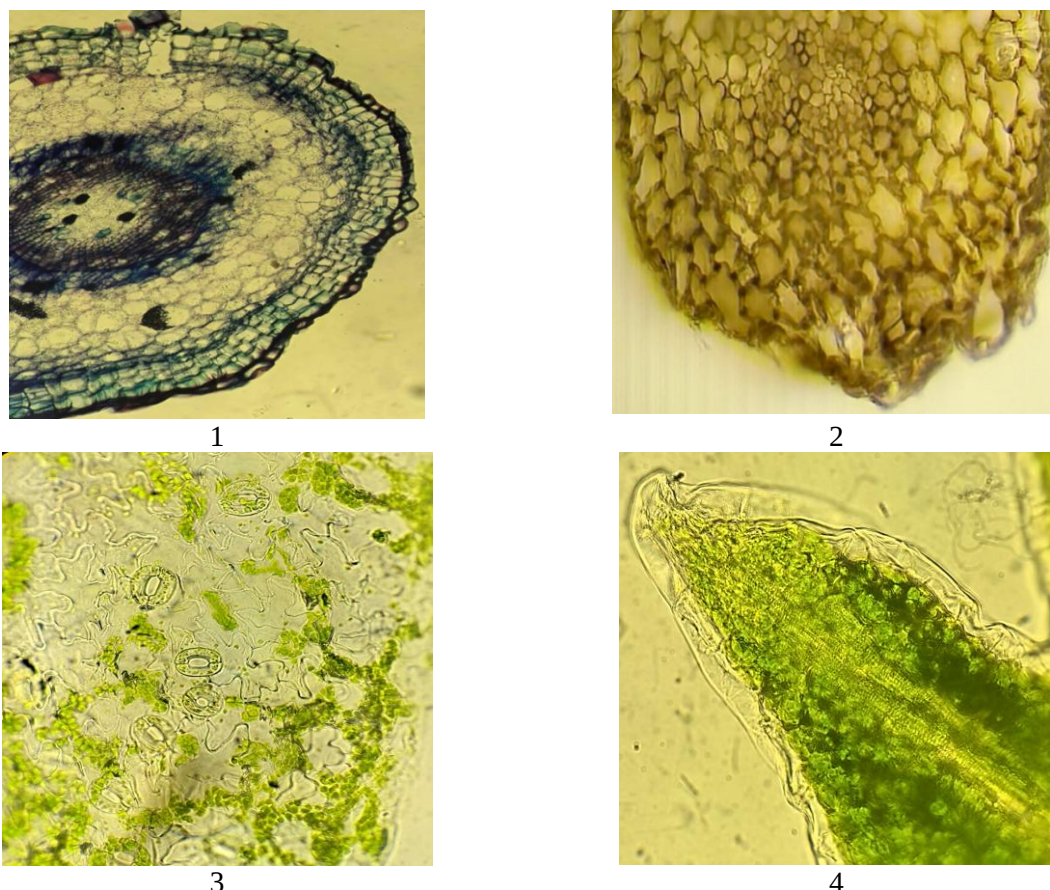
Реализуемая задача второго этапа исследования заключалась в анализе анатомической структуры вегетативных органов микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной сформированных в условиях *in vitro* на 3-м типе ПС.

Анализ препаратов (рисунок 1) показал, что общая топография тканей исследуемого сорта актинидии не отличается от таковой у растений, сформированных в условиях естественной среды.

Кора сформированных стеблей состоит из еще живой эпидермы, формирующейся перидермы, колленхимы, паренхимы первичной коры, периваскулярных волокон, первичной и вторичной флоэмы, камбия, вторичной и первичной ксилемы и сердцевины. Ширина коры достигает 450 мкм.

Эпидерма сложена одним слоем клеток. Оболочка клеток равномерно утолщена. На поперечном сечении клетки квадратной или прямоугольной формы. Кутикула слабо развита. Трихомы и устьица отсутствуют. Клетки, несмотря на небольшой срок функционирования, находятся в стадии отмирания и заменяются перидермой.

Перидерма имеет ширину до 120 мкм, клетки ее еще не деформированы, квадратной и прямоугольной формы. Радиальный размер клеток феллемы достигает 25–30 мкм, осевой размер в 3 раза больше. Феллема гомогенная, только тонкостенная. Феллоген однослойный. Феллодерма 1–2 слойная.



1 – однолетний стебель на поперечном срезе; 2 – поперечный срез корня в зоне проведения;
3 – эпидерма нижней стороны листа; 4 – край листовой пластинки

Рисунок 1 – Анатомическая структура вегетативных органов микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной, сформированных в условиях *in vitro*

Колленхима сложена 1–2 слоями клеток овальной формы на поперечном сечении и прямоугольной на продольном с незначительно утолщенными оболочками. Их радиальные размеры в 2,5–3 раза меньше клеток первичной коры.

Паренхима первичной коры сложена 3–4 слоями клеток овальной и округлой формы. Размеры клеток варьируют от 30 до 50 мкм в диаметре. Клетки плотно сложены, гетерогенные.

Периваскулярные волокна только начинают формироваться, образуя отдельные группы клеток с еще не утолщенными оболочками.

Первичная и вторичная флоэма сильно паренхиматезирована, ее клетки, как и клетки только закладывающейся вторичной флоэмы, не деформированы, овальной формы, с тонкими оболочками.

Лучевая паренхима слабо развита.

Камбий представлен одним слоем тонкостенных клеток расположенных кольцом.

Вторичная ксилема представлена 4–5 слоями трахеид, иногда чередующихся с сосудами. Элементы вторичной ксилемы сложены ровными рядами плотносложенных клеток прямоугольной формы, несколько уплощенных в радиальном направлении. Их диаметр в среднем составляет 20–25 мкм.

Первичная ксилема представлена 3 слоями клеток, диаметр которых уменьшается в сторону сердцевины. Расположение элементов первичной ксилемы по кольцу указывает на то что стебель формировался на основе прокамбиального кольца.

В центре располагается крупноклетная *сердцевина*, клетки которой похожи на клетки первичной коры. Между сердцевинной и первичной ксилемой располагаются 2–3 слоя клеток *перимедуллярной зоны*, клетки которой имеют меньший диаметр и овальную форму по сравнению с клетками сердцевинны.

На поперечном срезе корня топография тканей схожа с таковой у других видов древесных на ранних этапах развития. С периферии корень в зоне проведения покрыт мертвыми клетками ризодермы или эпиблемы. Под которой располагается мощный слой, образованный 5 слоями изодиаметрических клеток первичной коры общей шириной около 300 мкм. Слой клеток эндодермы не имеет явных отличий в размерах клеток. Эти клетки четко различимы по поясам Каспари. Напротив лучей ксилемы можно заметить пропускные клетки эндодермы. Под эндодермой располагается перицикл, образованный уплощенными в радиальном направлении клетками. В центре находится первичная ксилема, расположенная тремя лучами клеток по 3 в ряд, идущими от центра, между лучами ксилемы располагаются пучки первичной флоэмы.

Эпидерма листа образована основными клетками эпидермы и клетками устьичного аппарата. Основные клетки неправильной формы, имеют извилистые очертания. Их диаметр варьирует от 30 до 40 мкм, толщина стенок около 3 мкм, хлоропласты отсутствуют. Устьичный аппарат аномоцитного типа, хорошо видно, что околоустьичные клетки не отличаются от основных клеток эпидермы. Замыкающие клетки устьиц бобовидной формы, содержат хлоропласты, их длина – 60 мкм, а ширина – 20–25 мкм. Толщина наружной стенки замыкающих клеток – 4 мкм, а внутренних – 9 мкм. Количество устьиц в поле зрения при объективе $\times 10$ составляет 75–80 штук. Снаружи эпидерма покрыта кутикулой толщиной около 10 мкм.

Проводящие пучки листа доходят почти до края листовой пластинки. На рисунке 4 хорошо заметны спиральные утолщения трахеальных элементов проводящих пучков жилок. Клетки губчатого мезофилла неправильной формы, рыхло сложены. Клетки столбчатого плотно сомкнуты, расположены одним слоем. Все клетки мезофилла содержат хлоропласты, занимающие почти все их внутреннее пространство. Многие клетки мезофилла содержат кристаллы оксалата кальция игольчатой формы – рафиды.

Черешок листа на поперечном срезе имеет подковообразную форму (рисунок 2). Снаружи покрыт однослойной эпидермой, клетки которой плотно сомкнуты и по внешней стороне образуют городчатой формы край, их диаметр 60–70 мкм. Оболочки клеток незначительно утолщены в периферической части. Толщина стенок 3–4 мкм. Городчатый край плотно сомкнутых клеток, окаймляет кутикула толщиной до 10 мкм, трихом не наблюдается.



Рисунок 2 – Анатомическое строение черешка на поперечном срезе

Под эпидермой на поперечном срезе располагается колленхима, образованная 4–5 слоями клеток с равномерно утолщенными оболочками. Диаметр клеток варьирует

от 50 до 100 мкм, толщина стенок может достигать 3,5–4,5 мкм, клетки овальной и неправильной формы, угловые утолщения начинаются у клеток 3–4 ряда с верхней стороны черешка. Нижняя часть (креневая срона) отличается от верхней (тяговой) наличием угловых утолщений, толщиной колленхимы, ориентацией клеток.

Под слоем колленхимы в центре располагается проводящий пучок дугообразной формы. Верхнюю часть его занимает флоэма, а нижнюю – ксилема. Проводящие элементы в силу слабого развития плохо различимы. Между окончаниями дуг подковы черешка и проводящего пучка располагается крупноклетчатая основная паренхима, сложенная клетками неправильной формы. Во всех клетках колленхимы и паренхимы черешка содержатся хлоропласты, а в некоторых рафиды. Таким образом, отсутствие или слабое развитие ряда тканей объясняется малым сроком жизни растения.

На третьем этапе исследования была проведена сравнительная оценка морфометрических параметров развития корнесобственных микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной в условиях *ex vitro* на субстрате «торф + агроперлит» в зависимости от типа питательной среды, на которой они были получены в условиях *in vitro*. Полученные данные представлены в таблице 3.

Анализ данных показал, что микроклоны с питательных сред, содержащих гормон 0,5 БАП (1-й и 2-й типы ПС), формировали большее количество (до 6 шт.) побегов, чем растения с безгормональных сред (3-й и 4-й типы ПС). При этом длина побегов у растений с 1-го типа ПС характеризовалась большим размахом варьирования, в сумме достигала максимума – $54,30 \pm 9,97$ см (минимальная суммарная длина отмечена у растений с 3-го типа ПС – $33,64 \pm 6,23$ см).

Адаптационной особенностью развития молодых побегов является заложение на более ранних этапах развития на месте эпидермы вторичной покровной ткани – перидермы. Этот процесс имел место у микроклонов с безгормональной питательной среды. Так к 70-м суткам роста в условиях *ex vitro* в нижней части (в среднем на высоте 3,5 см) сформировалась перидерма: у 100 % побегов – с 4-го типа ПС и у 80 % – с 3-го типа ПС. У побегов с 1-го и 2-го типов ПС перидерма отсутствовала.

Таблица 3 – Морфометрические параметры развития в условиях *ex vitro* на субстрате «торф + агроперлит» микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной, полученных на разных типах питательных сред

Морфометрические параметры		1-й тип ПС	2-й тип ПС	3-й тип ПС	4-й тип ПС
Количество побегов от корня, шт.		$4,0 \pm 0,87^4$	$6,0^{3,4}$	$2,5 \pm 0,64$	$1,5 \pm 0,28^1$
Длина максимально длинного побега, см		$13,76 \pm 2,97$	10,50	$13,91 \pm 1,42$	$15,02 \pm 1,14^2$
Суммарная длина побегов, см		$54,30 \pm 9,97^3$	42,50	$33,64 \pm 6,23^1$	$38,22 \pm 8,53$
Средняя длина побегов на 1 растении, см		$10,31 \pm 1,15^2$	$6,07 \pm 1,88^{1,3,4}$	$9,45 \pm 1,13^2$	$10,52 \pm 0,93^2$
Количество узлов на самом длинном побеге, шт.		$10,75 \pm 3,22$	10	$15,60 \pm 1,19^{1,2,4}$	$11,80 \pm 0,85$
Верхушечные листья, 6 шт.	длина центральной жилки, см	$4,29 \pm 0,42$	$3,23 \pm 0,08^4$	$4,66 \pm 0,56$	$5,1 \pm 0,71^2$
	максимальная ширина листа, см	$2,28 \pm 0,17$	$1,90 \pm 0,04$	$2,26 \pm 0,18$	$3,18 \pm 0,41$

Примечание – ^{1,2,3,4} – достоверно при попарном сравнении параметров на различных типах питательных сред при $P \leq 0,05$.

Кроме формирования перидермы у максимально длинных побегов растений из 3-го типа ПС было отмечено достоверно большее количество узлов ($15,60 \pm 1,19$), а именно на 30,2 % больше, чем у адаптирующихся растений из остальных типов ПС.

Анализ размеров шести верхушечных, хорошо сформированных листовых пластинок показал, что у растений-регенерантов с безгормональной питательной среды листья визуально были крупнее: например, длина центральных жилок листьев побегов из 4-го типа ПС составляла $5,1 \pm 0,71$ см (при длине листа у растений из 2-го типа ПС – $3,23 \pm 0,08$ см (различия достоверны)). Различия в ширине листа были статистически недостоверны.

Таким образом, проведенная оценка морфометрических параметров на 70-е сутки развития в субстрате «3 части торфа + 1 часть агроперлита» указывает на более выраженную адаптацию к условиям *ex vitro* корнесобственных микроклонов из 3-го и 4-го типов ПС (без гормона).

Комплексная оценка морфометрических параметров растений-регенерантов (с учетом формирования у побегов вторичной покровной ткани) позволила составить следующий ряд эффективности питательных сред: 3-й тип ПС $\approx$ 4-й тип ПС > 1-й тип ПС > 2-й тип ПС.

На четвертом этапе исследования проведен анализ фотосинтетических пигментов у адаптированных микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной в условиях открытого грунта, данные которого представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержания фотосинтетических пигментов в листьях микроклонов актинидии сорта «Гибридная Колбасиной» в условиях *ex vitro*

Тип среды	Хлорофилл <i>a</i> (мг/г)	Хлорофилл <i>b</i> (мг/г)	Хлорофилл (<i>a</i> + <i>b</i>) (мг/г)	Хлорофилл <i>a</i> / Хлорофилл <i>b</i>
1-й тип ПС	$1,26 \pm 0,04$	$0,61 \pm 0,01$	1,87	2,07
2-й тип ПС	$2,17 \pm 0,02$	$0,65 \pm 0,02$	2,82	3,34
3-й тип ПС	$1,54 \pm 0,01$	$0,57 \pm 0,03$	2,11	2,70
4-й тип ПС	$1,71 \pm 0,02$	$0,61 \pm 0,01$	2,32	2,80

Исследование содержания фотосинтетических пигментов показало, что содержание хлорофилла *a* варьировало в диапазоне 1,26–2,17 мг/г, содержание хлорофилла *b* – в диапазоне 0,57–0,67 (при их соотношении 2,07–2,80). Наибольшее содержание хлорофилла *a* и *b* наблюдается в листьях растений, микроклоны которых были сформированы на 2-м типе ПС в условиях *in vitro*.

Заключение

Установлено, что для формирования в условиях *in vitro* микропобегов актинидии сорта Гибридная Колбасиной определенной величины целесообразным является использовать 2-й тип ПС, включающий гормон 0,5 БАП и содержащий фруктозу в полном объеме. Выявлено, что в листьях растений, адаптированных к условиям открытого грунта, микроклоны которых были сформированы на 2-м типе ПС, содержится наибольшее количество фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и *b*).

Выяснено, что анатомическое строение стебля, корня, листа и черешка микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной, сформированных в условиях *in vitro*, имеет схожую топографию тканей с большинством соответствующих органов древесных растений на ранних этапах формирования. Отличительными особенностями этого сорта гибридного происхождения можно считать тип и характер сложения эпидермальных клеток исследуемых органов, раннее развитие перидермы в стебле, наличие уголкового колленхимы в черешке и корне, отсутствие сформированного периваскулярного кольца в стебле, слабое развитие колленхимы в стебле, кольцевое расположение элементов первичной ксилемы, аномоцитный тип устьичного аппарата в эпидерме листа, наличие

кристаллов игольчатой формы в листе и черешке, подковообразная форма черешка на поперечном срезе.

На 70-е сутки после перевода сформированных корнесобственных микроклонов актинидии сорта Гибридная Колбасиной в условия *ex vitro* на субстрат «торф + агроперлит» (в соотношении 3 : 1) у всех проходящих адаптацию растений отмечены хорошие показатели роста надземной части. При этом обнаружено, что у растений из 3-го и 4-го типов ПС (без гормона) сформировалось большее количество узлов на максимально длинных побегах, образовались более крупные верхушечные листья, поскольку отмечена более ранняя закладка перидермы, что свидетельствует об их лучшей адаптационной способности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мороз, Г. Об учете агроклиматических условий Беларуси и их динамики при оценке сельскохозяйственных земель / Г. Мороз // Земля Беларуси. – 2017. – № 4. – С. 23–27.
2. Изменение климата и водных ресурсов на территории Полесья / В. И. Мелиник // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья : сб. докл. Междунар. науч. конф., Минск, 14–17 сентября 2016 г. В 2 т. Т. 1 / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2016. – С. 399–403.
3. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, включенные в государственный реестр сортов и находящиеся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений / РУП «Ин-т плодоводства» ; отв. за вып. В. В. Васеха. – Самохваловичи, 2020. – 30 с.
4. Змушко, А. А., Перспектива микроразмножения актинидии. Этап инициации / А. А. Змушко, М. Д. Морозова // Плодоводство. – 2022. – № 34 (1). – С. 220–227.
5. Морозова, М. Д. Ризогенез *in vitro* и адаптация *ex vitro* мужских форм актинидии (*Actinidia* Lindl.) / М. Д. Морозова // Плодоводство, 2023. № 35 (2) – С. 100–105.
6. Коллекция редких ягодных культур, созданная Э. И. Колбасиной в Подмосковье / Greeninfo.ru. – Информационный портал. – Режим доступа: https://www.greeninfo.ru/fruits/actinidia_kolomikta/kollekcija-redkih-jagodnih-kultur-sozdannaja-jei-kolbasinoj-v-podmoskove_art.html
7. Колбасина, Э. И. Культурная флора России: актинидия, лимонник / Э. И. Колбасина. – М. : Россельхозакадемия, 2007. – 327 с.

REFERENCES

1. Moroz, G. Ob uchte agroklimaticheskikh usloviy Belarusi i ikh dinamiki pri otsenke sel'skokhozyaystvennykh zemel' / G. Moroz // Zemlya Belarusi. – 2017. – № 4. – S. 23–27.
2. Izmeneniye klimata i vodnykh resursov na territorii Poles'ya / V. I. Melinik // Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodnnykh resursov i ustoychivoye razvitiye Poles'ya : sb. dokl. Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 14–17 sentyabrya 2016 g. V 2 t. T. 1 / Nats. akad. nauk Bela-rusi [i dr.] ; redkol.: V. G. Gusakov (gl. red.) [i dr.]. – Minsk : Belaruskaya navuka, 2016. – S. 399–403.
3. Sorta plodovykh, yagodnykh, orekhoplodnykh kul'tur i vinograda, vklyuchennyye v gosudarstvennyy reyestr sortov i nakhodyashchiyesya na ispytanii v Gosudarstvennoy inspektsii po ispytaniyu i okhrane sortov rasteniy / RUP «In-t plodovodstva» ; otv. za vyp. V. V. Vasekha. – Samokhvalovichy, 2020. – 30 s.

4. Zmushko, A. A., Perspektiva mikrorazmnozheniya aktinidii. Etap initsiatsii / A. A. Zmushko, M. D. Morozova // Plodovodstvo. – 2022. – № 34 (1). – S. 220–227.
5. Morozova, M. D. Rizogenez in vitro i adaptatsiya ex vitro muzhskikh form aktinidii (Actinidia Lindl.) / M. D. Morozova // Plodovodstvo, 2023. № 35 (2) – S. 100–105.
6. Kolleksiya redkikh yagodnykh kul'tur, sozdannaya E. I. Kolbasinoy v Podmoskov'ye / Greeninfo.ru. – Informatsionnyy portal. – Rezhim dostupa: https://www.greeninfo.ru/fruits/actinidia_kolomikta/kollekcija-redkih-jagodnih-kultur-sozdannaja-jei-kolbasinoj-v-podmoskove_art.html
7. Kolbasina, E. I. Kul'turnaya flora Rossii: aktinidiya, limon-nik / E. I. Kolbasina. – M. : Rossel'khozakademiya, 2007. – 327 s.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 03.04.2025