

- Е.А. Калашникова, доктор биологических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0002-2655-1789>**  
**Р.Н. Киракосян, кандидат биологических наук, <https://orcid.org/0000-0002-5244-4311>**  
 Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева  
 РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
- С.К. Темирбекова, доктор биологических наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0001-9824-6364>**  
**О.В. Мелешина, кандидат сельскохозяйственных наук**  
 Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии  
 РФ, 143050, Московская обл., Одинцовский р-н, п. Большие Вязёмы,  
 ул. Институт, вл. 5
- Ю.В. Афанасьева, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0003-2982-919X>**  
 Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства  
 РФ, 115598, г. Москва, ул. Загорьевская, 4
- М.М. Тарева, кандидат сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0001-5817-0860>**  
 Федеральный научный центр овощеводства  
 РФ, 143072, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14  
 E-mail: sul20@yandex.ru

УДК 576.54

DOI: 10.30850/vrsn/2022/1/37-41

## ПОЛУЧЕНИЕ КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР *CICHORIUM INTYBUS L. IN VITRO* КАК ИСТОЧНИКА ИНУЛИНА

Приводятся результаты по культивированию *Cichorium intybus L.* в культуре *in vitro*. Показано, что на процессы морфогенеза существенно влияют условия выращивания, в частности, гормональный и минеральный состав питательной среды, а также режимы освещения. Из листовых эксплантов, изолированных с растений *C. intybus* получали каллусную ткань. Листовые сегменты культивировали на питательной среде, содержащей минеральные соли по прописи МС, а также ауксины – индолил-3-уксусную (ИУК), нафтилуксусную (НУК) и 2,4-дихлорфеноксиуксусную (2,4-Д) кислоты в концентрации 5,5–9,5 мг/л в сочетании с цитокинином 6-бензиламинопурином (БАП) – 2 мг/л. Сформированную ткань пересаживали на свежую питательную среду каждые четыре недели, учитывая цвет и консистенцию. Прирост каллуса определяли взвешиванием в ламинар-боксе в начале и конце пассажа (мг). Каллусную ткань культивировали на агаризованной питательной среде в чашках Петри. Затем помещали в светонепроницаемые грунты с излучением выровненным по плотности потока фотосинтетических фотонов и различным соотношением его уровней в области 660 нм (R – красный) и 730 нм (FR – дальний красный). Контрольный вариант размещали в световой комнате, где было создано освещение белыми линейно-люминесцентными лампами с интенсивностью 150 мкмоль/м<sup>2</sup>с. В конце цикла выращивания учитывали цвет, консистенцию каллуса и его прирост. Процесс каллусогенеза зависит от применяемого ауксина и его концентрации. Максимальный прирост каллусной ткани получен на среде МС, содержащей ИУК или НУК в концентрации 8,5 мг/л. В присутствии НУК формировался неморфогенный каллус, а при использовании ИУК – морфогенный. Исследования показали, что условия освещения (FR>R, FR=R, FR<R) оказывают существенное стимулирующее влияние на рост каллусной ткани, а также на накопление в ней инулина. Максимальное значение инулина в каллусной ткани (7,55–7,95 %) получено в варианте FR>R, а также на питательной среде с содержанием ИУК.

**Ключевые слова:** цикорий, *in vitro*, каллусная ткань, питательная среда, гормоны.

- E.A. Kalashnikova, Grand PhD in Biological sciences, Professor**  
**R.N. Kirakosyan, PhD in Biological sciences**  
 Russian State Agrarian University – MTA  
 RF, 127550, g. Moskva, ul. Timiryazevskaya, 49
- S.K. Temirbekova, Grand PhD in Biological sciences, Professor**  
**O.V. Meleshina, PhD in Agricultural sciences**  
 All-Russian Research Institute of Phytopathology  
 RF, 143050, Moskovskaya obl., Odintsovskij r-n, p. B. Vyazemy
- Yu.V. Afanas'yeva, PhD in Agricultural sciences**  
 Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery,  
 RF, 115598, g. Moskva, ul. Zagoryevskaya, 4
- M.M. Tareeva, PhD in Agricultural sciences**  
 Federal Scientific Vegetable Center  
 RF, 14307214, Moscovskaya obl., Odintsovskij r-n, ul. Selekcionnaya, p. VNISSOK, 14  
 E-mail: sul20@yandex.ru

## OBTAINING CELL CULTURES OF *CICHORIUM INTYBUS L. IN VITRO*, AS A SOURCE OF INULIN

The results of cultivation of *Cichorium intybus L.* in culture *in vitro* are presented. It is shown that the processes of morphogenesis are significantly influenced by growing conditions, in particular, the hormonal and mineral composition of the nutrient medium, as well as lighting modes. Callus tissue was obtained from leaf explants isolated from *C. intybus* plants. Leaf segments were cultivated on a nutrient medium containing mineral salts according to the MS prescription, as well as auxins – indolyl-3-acetic (IAA), naphthylacetic (NAA) and 2,4-dichlorophenoxyacetic (2,4-D) acids at a concentration of 5.5–9.5 mg/l in combination with cytokinin 6-benzylaminopurine

(BAP) – 2 mg/l. The formed tissue was transplanted onto a fresh nutrient medium every four weeks, taking into account the color and consistency. Callus growth was determined by weighing in a laminar box at the beginning and end of the passage (mg). Callus tissue was cultured on agar nutrient medium in Petri dishes. Then they were placed in opaque grow tents with radiation aligned with the flux density of photosynthetic photons and different ratios of its levels in the region of 660 nm (R – red) and 730 nm (FR – far red). The control variant was placed in a light room, where illumination was created with white linear fluorescent lamps with an intensity of 150  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ . At the end of the growing cycle, the color, texture of the callus and its growth were taken into account. It is shown that the process of callus formation depends on the auxin used and its concentration. The maximum increase in callus tissue was obtained on an MS medium containing IAA or NAA at a concentration of 8.5 mg/l. In the presence of NAA, a non-morphogenic callus was formed, and when using IAA, a morphogenic callus was formed. Studies have shown that the use of various lighting conditions (FR>R, FR=R, FR<R) have a significant stimulating effect on the growth of callus tissue, as well as on the accumulation of inulin in it. Moreover, the maximum value of inulin in the callus tissue (7.55-7.95 %) was obtained in the FR>R variant, as well as on a nutrient medium containing IAA.

**Key words:** chicory, *in vitro*, callus tissue, nutrient medium, hormones.

Развитие фарминдустрии – одно из приоритетных направлений по производству качественных лекарственных препаратов, характеризующихся безопасностью и высокой эффективностью действия. Такие технологии основываются на использовании растительного сырья, в частности, лекарственных растений. [1] Получение конкурентоспособных импортозамещающих лекарственных препаратов способствует успешной реализации Государственных программ развития здравоохранения Российской Федерации. По прогнозам ВОЗ, через 15...20 лет доля фитопрепаратов в общем ассортименте лекарственных средств может возрасти до 60 %, что делает актуальными подобные исследования. [16]

Лекарственные растения содержат биологически активные вещества и могут широко применяться в пищевой промышленности. Особое внимание уделяется производству продуктов питания диетического и функционального назначения, в состав которых входят пищевые волокна, антиоксиданты, пребиотики. [3, 5, 7, 11] Инулин – один из эффективных пребиотиков. Он содержится в цикории (*Cichorium intybus* L.) и топинамбуре (*Helianthus tuberosus* L.), синтезируется в батате (*Ipomoea batatas* L.), спарже (*Asparagus officinalis* L.), одуванчике (*Taraxacum officinale* Wigg.) и других растениях. [8, 9]

В России при производстве функциональных продуктов питания используют в основном импортный инулин. Необходимо получать свою конкурентоспособную продукцию высокого качества.

Особый интерес представляет цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) – одно из самых популярных растений, в котором большое количество инулина и биологически активных веществ. [5, 12] Корни *C. intybus* содержат: полисахарид инулин – 40...60 %; гликозид интибин – 0,032...0,2; лактуцин – 1...2; фруктозу – 4...10; пектиновые вещества – 2...4; жирные кислоты (линолевая, пальмитиновая, линоленовая, стеариновая) – 2...3; стерины ( $\alpha$ -амирин, таракастерол,  $\beta$ -ситостерол) – 3...5; смолы и холин – 3...4; дубильные вещества; витамины (С – 0,02...0,03, Е – 0,02...0,04, В – 0,03...0,05, РР – 0,24); белки – 1...2 и микроэлементы – никель (0,012), цирконий (0,010), ванадий (0,009), железо (0,07), хром (0,04), цинк (0,03), медь (0,03%). [5-7]

Применение методов биотехнологии позволяет не только размножить и получить высококачественный посадочный материал, но и создавать клеточные культуры *in vitro* лекарственных растений с повышенным содержанием биологически активных веществ. [1] Коллекция *in vitro* может

быть представлена микроклонами, каллусными и суспензионными культурами. Изменяя условия их выращивания *in vitro*, можно управлять биосинтетическим потенциалом клеток и получать штаммы-суперпродукты вторичных метаболитов, в частности, инулина. К регуляторным факторам относят гормональный и минеральный состав питательной среды, а также спектральный состав света. [4, 6, 13] *C. intybus* в культуре *in vitro* исследуют в биотехнологических лабораториях разных стран (Индия, Иран, Казахстан, Украина и другие), работы направлены на изучение вторичных метаболитов и их биологической активности в тканях культурных и диких растений *C. intybus*. [12, 14] Всестороннее изучение *C. intybus in vitro* – актуальное направление в биотехнологии.

Цель работы – установить степень влияния условий культивирования на морфогенетический потенциал клеточных культур *C. intybus in vitro*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На кафедре биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия) исследовали семена *C. intybus*, сорт *Петровский*.

**Получение стерильной культуры.** Семена стерилизовали 0,1 % раствором сулемы ( $\text{HgCl}_2$ ) в течение 9 мин., промывали трехкратно стерильной дистиллированной водой и культивировали на безгормональной питательной среде (рН – 5,8) Мурасиге и Скуга (МС) в световой комнате при температуре 22...24°C. Освещение – белые люминесцентные лампы «OSRAM AG 36/25» с интенсивностью 3 тыс. лк, фотопериодом 16 ч и плотностью потока фотонов (ППФ) 150...180 мкмоль/м<sup>2</sup>сек.

В работе следовали правилам, разработанным на кафедре биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. [2]

**Влияние гормонального состава питательной среды на формирование каллусной ткани.** Из листовых эксплантов, изолированных с растений *C. intybus* получали каллусную ткань. Листовые сегменты культивировали на питательной среде, содержащей минеральные соли по прописи МС, а также ауксины – индолил-3-уксусную (ИУК), нафтилуксусную (НУК) и 2,4-дихлорфеноксиуксусную (2,4-Д) кислоты в концентрации 5,5...9,5 мг/л в сочетании с цитокинином 6-бензиламинопурином (БАП) – 2 мг/л. Сформировавшуюся ткань пересаживали на свежую питательную среду каждые четыре недели, учитывая цвет и консистенцию. Прирост каллуса

определяли взвешиванием в ламинар-боксе в начале и конце пассажа (мг).

**Выращивание каллусной ткани в условиях светокультуры.** Каллусную ткань культивировали на агаризованной питательной среде в чашках Петри: минеральные соли по прописи МС + 2 мг/л БАП + 7,5 мг/л НУК; минеральные соли по прописи МС + 2 мг/л БАП + 7,5 мг/л ИУК. Затем помещали в светонепроницаемые гроутенты (Urban Grower 60x60x200 см) с излучением выровненным по плотности потока фотосинтетических фотонов и различным соотношением его уровней в области 660 нм (R – красный) и 730 нм (FR – дальний красный) (FR>R, FR=R, FR<R). Контрольный вариант размещали в световой комнате с освещением белыми линейно-люминесцентными лампами, интенсивность – 150 мкмоль/м<sup>2</sup>с. В конце цикла выращивания учитывали цвет, консистенцию каллуса и его прирост.

**Определение инулина** проводили спектрофотометрическим методом (2 мг/мл резорцин + 96 % этанол и концентрированная HCl в равных объемах). Оптическую плотность проб и стандартного раствора измеряли на спектрофотометре Cary-50 (Varian, США) при длине волны 480 нм. Количество фруктозосодержащих сахаров в пробах рассчитывали по формуле:

$$X = \frac{A_p \cdot C_s \cdot 10}{A_s \cdot m_p},$$

где  $A_p$  и  $A_s$  – оптическая плотность опытного образца и стандартного раствора соответственно;  $C_s$  – концентрация стандартного раствора фруктозы (3 мг/мл);  $m_p$  – масса навески анализируемого образца, г.

**Применение аэропоники для адаптации микроклонов *C. intybus* к условиям *ex vitro*.** Микроклоны (укорененные и неукорененные микропобеги) адаптировали двумя способами: на аэропонной установке и непосредственно в почве.

Аэропоника основана на выращивании растений в воздушной или туманной среде без использования почвы. Оборудование для адаптации микрорастений – аэропонный клонер GrowPlant X-Stream 120 (Нидерланды) с системой орошения корневой зоны черенков. Освещение – светодиодные лампы красного и синего спектра с интенсивностью до 300 мкмоль/м<sup>2</sup>с и 16-часовым фотопериодом. Питательный раствор – 1/2 нормы минеральных солей по прописи МС в сочетании с ИУК или ИМК концентрацией 1 мг/л.

Субстрат при адаптации в почвенных условиях – грунт «Универсальный» (Россия) торговой марки «Родная Земля» многоцелевого назначения на основе торфа, полностью готовый к применению для выращивания растений разных таксономических групп. Состав субстрата (мг/л): общий азот (NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>) – 240, фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 290, калий (K<sub>2</sub>O) – 330.

Исследования проводили в двух аналитических и десяти биологических повторностях. Результаты статистически обрабатывали в программах MS Excel и AGROS (версия 2.11, Россия). Данные в таблицах и диаграммах представлены в виде средней арифметической со стандартной ошибкой (M±mM). Оценка различий выборочных средних дана при значении доверительной вероятности 0,95.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для получения хорошо растущей культуры были выбраны режимы стерилизации. [10, 12–15] Применение в качестве стерилизующего агента HgCl<sub>2</sub> (сулема) в концентрации 0,1 % привело к выходу 94,7 % стерильных эксплантов. Семена *C. intybus* прорастивали на безгормональной питательной среде МС в чашках Петри в условиях световой комнаты. Экспериментально установлено, что прорастание семян начиналось на 5-е сут., а на 16-е формировались полноценные проростки. Последующее культивирование на питательной среде МС, содержащей 1 мг/л БАП и 0,1 мг/л ИУК, приводило к появлению первых настоящих листьев, а в базальной части – адвентивных почек и побегов (фото 1а, 2-я стр. обл.). Затем микрорастения делили на отдельные сегменты (экспланты листовые, стеблевые, корневые) и культивировали на питательной среде для регенерации (1 мг/л БАП и 0,1 мг/л ИУК). Наибольшим морфогенетическим потенциалом обладали стеблевые и листовые экспланты. В этих вариантах наблюдали формирование морфогенного микрокаллуса, из которого образовывались растения-регенеранты – источники стерильных эксплантов для получения каллусной ткани (фото 1 б-г, 2-я стр. обл.).

Во всех вариантах пролиферацию каллусных клеточек наблюдали в местах среза и повреждений на 7...10 сутки. Существенное влияние на интенсивность образования каллусной ткани, ее консистенцию и цвет оказывали применяемые ауксины и их концентрации.

Культивирование листовых эксплантов на питательной среде, содержащей ИУК в различных концентрациях приводило к формированию каллусной ткани ярко-желтого цвета, средней плотности, с образованием меристематических очагов (фото 2а, 2-я стр. обл.). Начало каллусогенеза отмечено уже на 3-и сутки. При использовании НУК каллусная ткань имела плотную консистенцию и была белого или светло-желтого цвета (фото 2б, 2-я стр. обл.). Начало каллусогенеза – 7...10 сутки. На среде, содержащей 2,4-Д, каллусная ткань бурого цвета с рыхлой консистенцией (фото 2в, 2-я стр. обл.), интенсивность каллусогенеза минимальная. В процессе культивирования сформировавшаяся каллусная ткань погибала, поэтому в дальнейших экспериментах питательные среды с содержанием 2,4-Д не применяли.

Для характеристики каллусной ткани использовали показатель интенсивности роста, который оценивали на 4-м и 5-м пассажах. Прирост определяли в зависимости от исследуемого ауксина и концентрации (см. таблицу).

Наибольшим и стабильным прирост каллусной ткани был при добавлении в состав питательной среды НУК в концентрации 8,5 мг/л. На 4-м и 5-м пассажах он составил 1,32 и 1,24 г соответственно, что превышает данный показатель в варианте с ИУК (8,5 мг/л) примерно в два раза. Но на среде, содержащей НУК, пролиферативная активность дедифференцированных клеток уменьшалась с увеличением числа субкультивирований. В варианте с ИУК наблюдали стабильный прирост каллусных клеток независимо от пассажа и концентраций. В каллусной ткани отме-

**Влияние различных концентраций ауксина на прирост каллусной ткани (г) на разных пассажах**

Ауксин	Концентрация ауксина, мг/л				
	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
4-й пассаж					
ИУК	0,77±0,03	0,48±0,02	0,22±0,01	0,54±0,03	0,77±0,03
НУК	0,78±0,03	1,56±0,41	1,08±0,38	1,32±0,51	0,66±0,03
5-й пассаж					
ИУК	0,92±0,04	0,84±0,04	1,24±0,58	0,69±0,03	0,91±0,04
НУК	Гибель из-за контаминации	0,80±0,04	0,63±0,02	1,24±0,55	0,90±0,04

чено образование множественных меристематических очагов, из которых в дальнейшем формировались растения-регенеранты.

Таким образом, для выращивания хорошо пролиферирующей, неморфогенной каллусной ткани необходимо присутствие в питательной среде НУК, а для получения растений-регенерантов из каллусной ткани – ИУК. Такие растения могут быть включены в селекционный процесс, направленный на отбор новых форм *C. intybus*.

Существенное влияние на интенсивность образования каллусной ткани, ее консистенцию и цвет оказывал спектральный состав света (FR>R, FR=R, FR<R).

Экспериментально установлены некоторые закономерности каллусогенеза от соотношения FR и R. На питательной среде с НУК формировалась ткань рыхлого типа, желтого цвета, сильно оводненная, легко распадающаяся на отдельные клеточные агрегаты, ИУК – зеленого цвета, с антациановой окраской, плотного типа, с множеством меристематических очагов по всей поверхности ткани. Отличия были установлены только по образованию антациановой окраски в каллусной ткани, полученной на среде с НУК. Наибольшее количе-

ство антацианов было в варианте освещения FR>R (фото 3, 4, 2-я стр. обл.).

Действие изучаемых факторов оценивали по приросту каллусной ткани, который зависит не только от спектрального состава света, но и от применяемого ауксина (рис. 1). Во всех вариантах светокультуры прирост каллусной ткани, полученной на питательной среде с ИУК был выше контрольного в 2...3 раза, НУК – 7...14 раз. Наилучшими для формирования хорошо пролиферирующей каллусной ткани на среде содержащей ИУК, были условия освещения FR<R, НУК – FR>R.

Накопление инулина в каллусных клетках цикория зависит от условий выращивания (рис. 2).

Во всех исследуемых вариантах освещения (FR>R, FR=R, FR<R) по сравнению с контрольным, инулина накапливалось существенно больше, особенно при FR>R. Высокая способность каллусных клеток синтезировать и накапливать инулин получена при их выращивании на питательной среде, содержащей ИУК (7,55...7,95 %). Вероятно, высокий биосинтетический потенциал клеток к синтезу инулина связан с тем, что именно в этих условиях формировалась хорошо пролиферирующая и высокоморфогенная каллусная ткань.

Полученные растения-регенеранты переносили для адаптации на аэропонную установку или в почву. Установлено, что гибель растений в первом случае составила 1,8...3,5 %, во втором – 14,9...23,9 %. В условиях аэропоники наблюдали активный рост вегетативной части и корневой системы микроклонов, а к концу третьей недели – образование цветочных почек. Высота растений превышала контрольный вариант в 1,5...2,5 раза, корневая система – 5,5 раза (фото 5, 2-я стр. обл.). Полученные результаты достоверно значимы на 5 %-м уровне.

Таким образом, для адаптации *C. intybus ex vitro* целесообразно применять аэропонные технологии, которые позволяют получать высококачественный

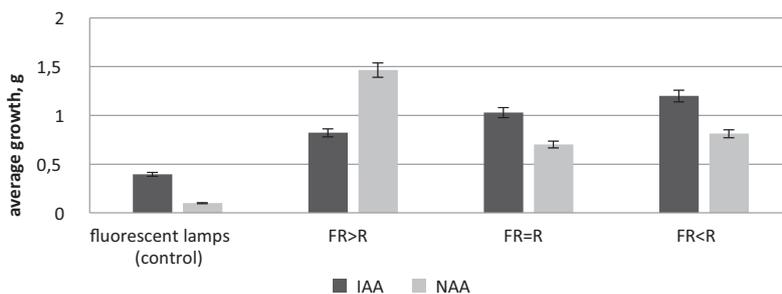


Рис. 1. Зависимость прироста каллусной ткани от условий выращивания.

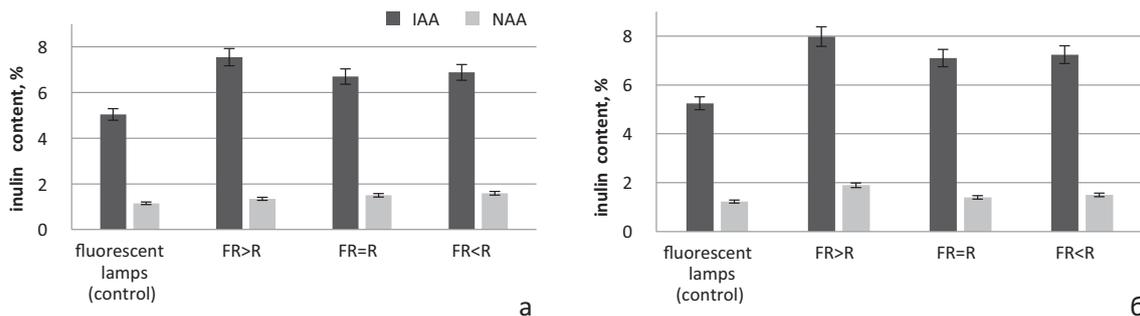


Рис. 2. Влияние условий выращивания на накопление инулина в каллусной ткани: а – 4-й пассаж, б – 5-й пассаж.

посадочный материал для восполнения фитогенных ресурсов. Известных в научно-технической и патентной литературе способов с аналогичной технологией не обнаружено.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Калашникова, Е.А. Клеточная инженерия растений: учебник и практикум для вузов. — М.: Юрайт, 2020. — 333 с.
2. Калашникова, Е.А. Лабораторный практикум по культуре клеток и тканей/Е.А. Калашникова, М.Ю. Чередниченко, Р.Н. Киракосян и др. — М.: КноРус, 2017. — 163 с.
3. Barclay, T.G. Analysis of the hydrolysis of inulin in real time <sup>1</sup>H NMR spectroscopy / T.G. Barclay, M. Ginic-Markovic, M.R. Johnston et al.// Carbohydr. Res, 2012. — P. 117–125.
4. Cioć, M. Different LED light intensities and 6-benzyladenine concentrations in relation to shoot development, leaf architecture, and photosynthetic pigments of *Gerbera jamesonii* Bolus *in vitro*/M. Cioć, A. Kalisz, M. Żupnik, B. Pawłowska// Agronomy. — 2019. — V. 9(7). — P. 16.
5. Fan, H. Isolation and identification of terpenoids from chicory roots and their inhibitory activities against yeast  $\alpha$ -glucosidase/H. Fan, J. Chen, H. Lu et al.// Eur. Food Res. Technol. — 2017. — V. 243. — P. 1009–1017.
6. Hanus-Fajerska, E. Impact of Light-Emitting Diodes (LEDs) on propagation of orchids in tissue culture/E. Hanus-Fajerska, R. Wojciechowska// In Light Emitting Diodes for Agriculture; Gupta, S.D., Ed.; Springer: Singapore. — 2017. — P. 305–320.
7. Liu, H. Antimicrobial and antioxidant activities of *Cichoriumintybus* root extract using orthogonal matrix design/H. Liu, Q. Wang, Y. Liu et al.// J. Food Sci., 2013. — P. 258.
8. McClelland, J.W. Bio-Medicinal Effect of Sweet Potato in People with Diabetes/J.W. McClelland, J.C. Allen, S. Zakir// Journal of the American Dietetic Association. — 2007. — V. 107. — P. 104, <https://doi.org/10.1016/j.jada.2007.05.396>
9. Mohammad Khairul Alam. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits/Khairul Alam Mohammad // Trends in Food Science & Technology. — 2021. — V. 115. — P. 512–529.
10. Poothong, S. Modeling the effects of mineral nutrition for improving growth and development of micropropagated red raspberries/S. Poothong, B.M. Reed// Sci. Hortic. — 2014. — P. 132–141.
11. Radhakrishnan, S. Chemical and Biological Studies on *Cichoriumintybus* L./S. Radhakrishnan, R. Omarova, U. Datkhayev, A. Ross Samir // Natural Product Research. — 2018. — V. 32. — № 11. — P. 1343–1347.
12. Regman, R.W. *In vitro* regeneration of witloof chicory from leaf explants and accumulation of esculin/ R.W. Regman, M. Israr, P.S. Srivastava et al.// In Vitro Cellular Developmental Biology-Plant. — 2003. — V. 69. — P. 442–446.
13. Shulgina, A.A. Influence of light conditions and medium composition on morphophysiological characteristics of *Stevia rebaudiana* Bertoni *in vitro* and *in vivo*./A.A. Shulgina, E.A. Kalashnikova, I.G. Tarakanov et al. // Horticulturae. — 2021. — V. 7(7). — P. 195.
14. Velayutham, P. Fluence of photoperiod on *in vitro* flowering in *Cichoriumintybus* L. /P. Velayutham, B.D. Ranjitha Kumari// Indian Journal of Plant Physiology. — 2003. — V. 218. — P. 90–93.
15. Velayutham, P. An efficient *in vitro* plant regeneration system for *Cichoriumintybus* L. — an important medicinal plant/P. Velayutham, B.D. Ranjithakumari, P. Baskaran// Journal of Agricultural Technology. — 2006. — V. 2(2). — P. 287–298.
16. WHO (2013). WHO traditional medicine strategy: 2014–2023.

#### LIST OF SOURCES

1. Kalashnikova, E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij: uchebnik i praktikum dlya vuzov. — M.: Yurajt, 2020. — 333 s.
2. Kalashnikova, E.A. Laboratornyj praktikum po kul'ture kletok i tkanej / E.A. Kalashnikova, M.Yu. Cherednichenko, R.N. Kirakosyani dr. — M.: KnoRus, 2017. — 163 s.
3. Barclay, T.G. Analysis of the hydrolysis of inulin using real time <sup>1</sup>H NMR spectroscopy / T.G. Barclay, M. Ginic-Markovic, M.R. Johnston et al.// Carbohydr. Res, 2012. — P. 117–125.
4. Cioć, M. Different LED light intensities and 6-benzyladenine concentrations in relation to shoot development, leaf architecture, and photosynthetic pigments of *Gerbera jamesonii* Bolus *in vitro*/M. Cioć, A. Kalisz, M. Żupnik, B. Pawłowska// Agronomy. — 2019. — V. 9(7). — P. 16.
5. Fan, H. Isolation and identification of terpenoids from chicory roots and their inhibitory activities against yeast  $\alpha$ -glucosidase/H. Fan, J. Chen, H. Lu et al.// Eur. Food Res. Technol. — 2017. — V. 243. — P. 1009–1017.
6. Hanus-Fajerska, E. Impact of Light-Emitting Diodes (LEDs) on propagation of orchids in tissue culture/ E. Hanus-Fajerska, R. Wojciechowska // In Light Emitting Diodes for Agriculture; Gupta, S.D., Ed.; Springer: Singapore. — 2017. — P. 305–320.
7. Liu, H. Antimicrobial and antioxidant activities of *Cichoriumintybus* root extract using orthogonal matrix design/ H. Liu, Q. Wang, Y. Liu et al. // J. Food Sci., 2013. — P. 258.
8. McClelland, J.W. Bio-Medicinal Effect of Sweet Potato in People with Diabetes/ J.W. McClelland, J.C. Allen, S. Zakir // Journal of the American Dietetic Association. — 2007. — V. 107. — P. 104, <https://doi.org/10.1016/j.jada.2007.05.396>
9. Mohammad, Khairul Alam A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits/ Khairul Alam Mohammad // Trends in Food Science & Technology. — 2021. — V. 115. — P. 512–529.
10. Poothong, S. Modeling the effects of mineral nutrition for improving growth and development of micropropagated red raspberries/ S. Poothong, B.M. Reed // Sci. Hortic. — 2014. — P. 132–141.
11. Radhakrishnan, S. Chemical and Biological Studies on *Cichoriumintybus* L./ S. Radhakrishnan, R. Omarova, U. Datkhayev, A. Ross Samir // Natural Product Research. — 2018. — V. 32. — № 11. — P. 1343–1347.
12. Regman, R.W. *In vitro* regeneration of witloof chicory from leaf explants and accumulation of esculin/ R.W. Regman, M. Israr, P.S. Srivastava et al. // In Vitro Cellular Developmental Biology-Plant. — 2003. — V. 69. — P. 442–446.
13. Shulgina, A.A. Influence of light conditions and medium composition on morphophysiological characteristics of *Stevia rebaudiana* Bertoni *in vitro* and *in vivo*./ A.A. Shulgina, E.A. Kalashnikova, I.G. Tarakanov et al. // Horticulturae. — 2021. — V. 7(7). — P. 195.
14. Velayutham, P. Fluence of photoperiod on *in vitro* flowering in *Cichoriumintybus* L. / P. Velayutham, B.D. Ranjitha Kumari // Indian Journal of Plant Physiology. — 2003. — V. 218. — P. 90–93.
15. Velayutham, P. An efficient *in vitro* plant regeneration system for *Cichoriumintybus* L. — an important medicinal plant/ P. Velayutham, B.D. Ranjithakumari, P. Baskaran // Journal of Agricultural Technology. — 2006. — V. 2(2). — P. 287–298.
16. WHO (2013). WHO traditional medicine strategy: 2014–2023.