

**Кілт сөздер:** бидай, сорт, дәннің физикалық және физика-химиялық қасиеттері, қамырдың реологиялық қасиеттері, пісіру сипаттамалары.

*S.M. Dashkevich\*, M.U. Utebaev, E.K. Kairzhanov, O.O.Kradetskaya, I.V. Chilimova*  
“Scientific and Production Center of Grain Farming named after A.I. Barayev” LLP,  
Kazakhstan, Nauchnyi settl, [vetka-da@mail.ru](mailto:vetka-da@mail.ru)\*, [chemplant@mail.ru](mailto:chemplant@mail.ru), [yelzhas\\_90@mail.ru](mailto:yelzhas_90@mail.ru),  
[oksana\\_cwr@mail.ru](mailto:oksana_cwr@mail.ru), [coronela@mail.ru](mailto:coronela@mail.ru)

## COMPARATIVE ANALYSIS OF SPRING SOFT WHEAT VARIETIES BY GRAIN QUALITY

### Abstract

The article presents the results of a comparative assessment of the technological properties of grain of spring soft wheat varieties of Kazakh and foreign selection. On average, in terms of weight of 1000 grains, the nature of the grain and glassiness of grain, Kazakhstani varieties (33.3g, 799g/l, 60%, respectively) exceeded foreign ones (32.1g, 790 g/l and 58%). The varieties Boyevchanka and Asyl Sapa were distinguished by a high content of protein and gluten in grain with good quality (16.99%, 36.1% and 76 IDK units; 17.15% 36.0% and 68 IDK units), they also differed in maximum water absorption of 79.8 ml and 99 e.v. and 77.0 ml and 94 e.v.. The maximum level of specific work of dough deformation (W) was noted in the varieties Astana (431 e.a.) and Asyl sapa (430 e.a.). For varieties of Kazakh selection, the average level of bread volume was 683 ml; varieties of foreign originators showed a higher volume of 709 ml from 100 g of flour. It is shown that all studied varieties are classified as hard-grain and medium-hard for baking purposes. Varieties of Kazakhstani selection classified as hard grain: Astana, Akmola 2, Shortandinskaya 95 improved, Asyl sapa, Shortandinskaya 2014, Shortandinskaya 2012, Aina, foreign-Likamero, Anabel, Granni, Alicia. The advantage of the line of Kazakh varieties in comparison with foreign ones in terms of grain quality and rheological properties of the dough has been established.

**Key words:** wheat, variety, physical and physico-chemical properties of grain, rheological properties of dough, baking characteristics

МРНТИ 68.35.49

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2024/26>

Дауров Д.Л.<sup>1,2</sup>, Абилда Ж.К.<sup>1</sup>, Календарь Р.Н.<sup>3</sup>, Волков Д.В.<sup>1</sup>, Канат Р.<sup>1,2</sup>,  
Аргынбаева А.<sup>1</sup>, Шамекова М.Х.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии и биотехнологии растений, г.Алматы, Казахстан,  
[m.shamekova@gmail.com](mailto:m.shamekova@gmail.com)\*

<sup>2</sup> Tanir Research Laboratory, г.Алматы, Казахстан,

<sup>3</sup> University of Helsinki, Helsinki, Finland,

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ЖИДКОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОКЛУБНЕЙ В БИОРЕАКТОРЕ

### Аннотация

Целью представленного исследования являлась оптимизация жидкой питательной среды для роста и развития растений картофеля сорта Колумбо и получения из них микроклубней в биореакторе временного погружения. Оптимизацию жидкой среды планировалось проводить с использованием фитогомонов для улучшения показателей роста эксплантов и клубней. Для этих целей были отобраны гиберлиновая кислота (ГК), индоллил-3-масляная кислота (ИМК) и Кинетин.

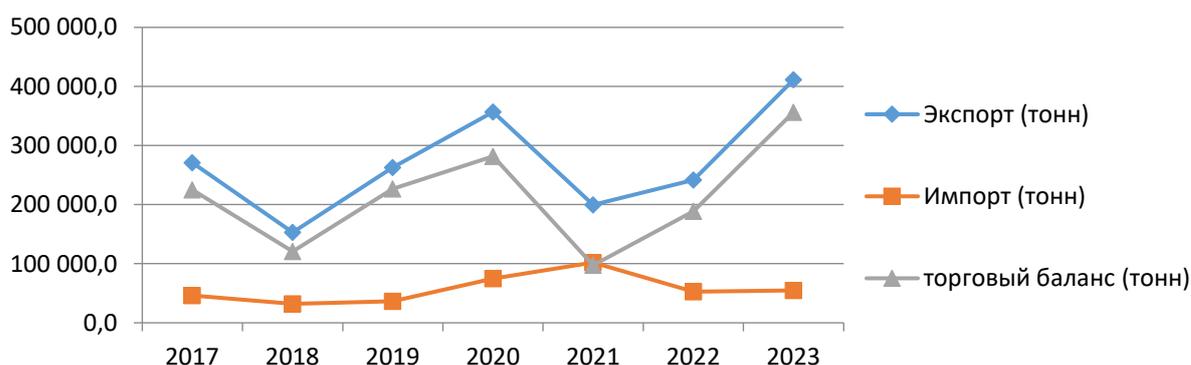
В соответствии с проделанной работой в исследовании проведена оптимизация питательных сред МС по фитогормонам для роста и развития эксплантов растений картофеля и последующего образования из них микроклубней. Определена оптимальная концентрация для максимального роста растений.

Результаты показали, что наиболее оптимальной жидкой средой МС для получения хорошо развитых растений стала питательная среда, содержащая гормоны ГК (0.1 мг/л) и ИМК (0.5 мг/л), в которой самые высокие показатели длины побега составляли  $6.5 \pm 0.7$  см, а средой для образования микроклубней среда с содержанием гормонов ИМК (2 мг/л) и Кинетин (2 мг/л). Данное исследование подтвердило эффективность одновременного использования гормонов ИМК и Кинетин при клубнеобразовании у *in vitro* растений картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, фитогормоны, кинетин, ИУК, ИМК, биореактор, микроклубни.

### Введение

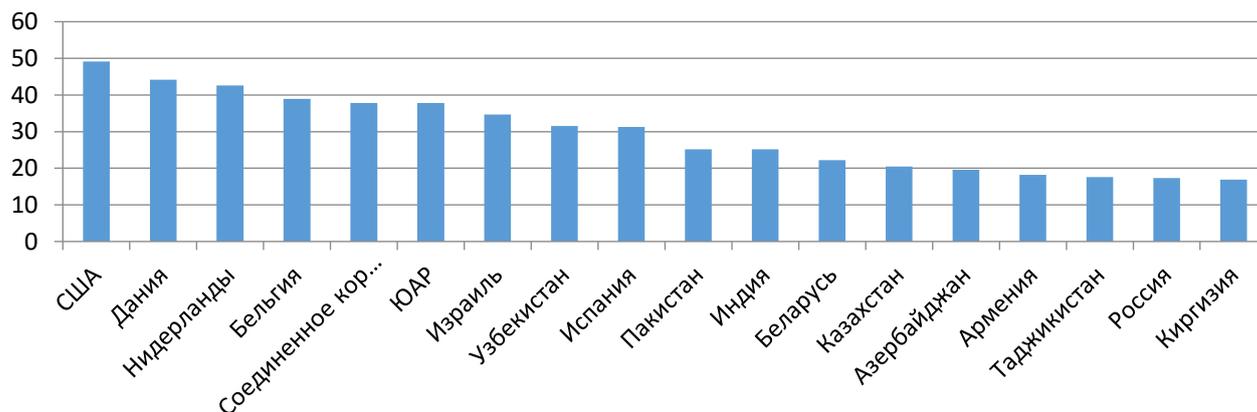
Картофельводство является одной из главных отраслей растениеводства как в мире 470 миллионов тонн в год (<https://www.fao.org>) так и в Казахстане 4,08 миллиона тонн в год (<http://stat.gov.kz/>). В настоящее время казахстанские производители полностью обеспечивают внутренний рынок картофеля, что видно по положительному торговому балансу, где экспорт значительно превышает импорт (<http://stat.gov.kz/>) (Рисунок 1).



**Рисунок 1.** Экспорт, импорт и торговый баланс картофеля в РК в динамике с 2017 по 2023 годы (<http://stat.gov.kz/>)

В 2022 и 2023 годах урожайность картофеля в среднем по стране составила 20,5 тонн с гектара, а если смотреть на урожайность в разрезе 2001 по 2023 годы мы видим увеличение урожайности с 13,3 тонн до 20,5 тонн с гектара (<http://stat.gov.kz/>). По данным Союза картофелеводов Казахстана, увеличение урожайности по стране в основном произошло за счёт активного ввоза за последние десять лет семенного материала из Европейских стран, но всё равно является низким.

Данные FAOSTAT показывают (Рисунок 2), что урожайность в постсоветских странах, в том числе Казахстана, практически в два раза ниже урожайности таких стран как США, Дания, Нидерланды, Бельгия, Соединенное королевство и ЮАР.



**Рисунок 2.** Сравнение урожайности картофеля в 2022 году по странам производителя (<https://www.fao.org>).

Низкая урожайность, в том числе картофеля это системная проблема, так как в Казахстане не существует эффективной системы семеноводства в связи с отсутствием национального стандарта семенного картофеля и эффективной системы контроля качества семян унифицированной с системами качества стран ведущих производителей семенного картофеля [1].

Производство предбазисного семенного картофеля в мире и в Казахстане происходит по традиционной схеме: получение безвирусных меристемных растений *in vitro*, их микрочлониальное размножение на агаризованной питательной среде в пробирках или контейнерах, получение из них микроклубней в контролируемых условиях с дальнейшим получением клубней в полевых условиях.

Поэтому наши исследования направлены на оптимизацию получения предбазисного безвирусного семенного материала одного из распространённых сортов картофеля в Казахстане – сорта «Коломбо», а именно микроклубней.

Альтернативой получения безвирусных меристемных растений на агаризованной среде в пробирках и контейнерах является получение их в биореакторе на жидкой питательной среде.

Использование биореактора позволяет получать большое количество микроклубней – до 165 000 штук с 1 куб.м. модульного биореактора [2]. Культивирование в жидкой среде приводит к лучшему росту, поскольку большая площадь эксплантов находится в контакте со средой.

Микроклубни это альтернативный источник семенного картофеля первого поколения, полученного из культуры тканей, который позволяет пересаживать растения *in vitro* в условия *in vivo*, а также решать проблемы хранения [3]. Одним из эффективных решений получения микроклубней картофеля *in vivo* является биореактор временного погружения, который в разы увеличивает производительность и снижает себестоимость микроклубней. Из спектра биореакторов для нашего эксперимента мы использовали систему RITA [4].

Для эффективного производства растений *in vitro* ключевую роль играют фитогормоны, которые являются натуральными или синтетическими веществами регулируемыми физиологические процессы в растениях, такие как деление, удлинение клеток, инициация корней и образование клубней.

Гормоны растений, небольшие химические вещества, также называемые фитогормонами, играют очень важную роль в развитии растений и их стрессоустойчивости [5].

Широко описана роль гормонов в регуляции ряда физиологических процессов в различных тканях и при определенных экологических условиях [6].

Целью данной статьи является определение наилучшей концентрации фитогормонов ГК (гиберлиновая кислоты), ИМК (индолил-3-масляная кислоты) и Кинетина для стимуляции роста и развития растений картофеля сорта Коломбо в биореакторе и для образования микроклубней. Эта работа основана на проведении экспериментов для выявления оптимальных условий, способствующих максимальной эффективности фитогормонов для конкретного сорта.

### **Материалы и методы**

Материалом исследования являлся сорт картофеля Коломбо, оригинатор сорта НЗРС (Королевство Нидерландов), который возделывается в северных регионах Казахстана. Сорт внесен в государственный реестр селекционных достижений рекомендуемых к использованию и допущен к возделыванию в Республике Казахстан с 2016 года. Данный сорт хорошо приспособлен к различным климатическим условиям и типам почв, среднеустойчив к засухе, ультраранний - 55-65 дней после всходов, налив раннего урожая товарного качества происходит уже к 35-му дню (НЗРС).

В качестве исходного растительного материала сорта Коломбо были использованы безвирусные растения картофеля *in vitro* полученные из апикальной меристемы маточных растений [7], которые выращивали в стеклянных пробирках при световом режиме 16ч/8ч (свет/темнота) и влажности 50% на агаризованной питательной среде МС без гормонов до размера 5-6 листочков.

#### *Клонирование растений in vitro для получения одноузловых эксплантов*

Для помещения растений картофеля в биореактор их массово клонировали в стерильных условиях на агаризованной питательной среде МС без гормонов для получения достаточного количества растений для эксперимента при температуре 25°C, световом режиме 16/8 (день/ночь) и освещении 10,000 Люкс. Растения картофеля для черенкования на одноузловые сегменты должны были соответствовать следующим параметрам: иметь 5-6 листочков с хорошо развитым стеблем и корешками.

#### *Культивирование эксплантов картофеля в биореакторе временного погружения*

Культивирование происходило на МС среде Мурасиге и Скуг [8], с 3% сахарозой и разной концентрацией фитогормонов, с рН 5,8–6,0. Затем растения культивировали в биореакторе при температуре 25°C, световом режиме 16/8 (день/ночь), освещении 10,000 Люкс с подключением автоматического регулятора давления воздуха (0.5 bar). Замену питательной среды проводили периодичностью 3 раза в течение месяца.

#### *Оптимизация регуляторов роста для роста и развития растений в биореакторе*

Одноузловые экспланты, полученные из растений картофеля *in vitro* сорта Коломбо, были помещены в стерильный биореактор RITA в количестве 15 штук на каждый вариант питательной среды [8] (Таблица 1) в трёх повторностях. Растения культивировались в течении 30 дней. Подача питательной среды к растениям была организована в режиме каждые три часа на 4 минуты. Всего в эксперименте было задействовано 12 биореакторов по 15 эксплантов на 4 вида питательной среды.

**Таблица 1.** Комбинация питательных сред для роста и развития растений картофеля в биореакторе из одноузловых эксплантов

Питательная среда МС+ витамины (4,43 г/л)	Гормоны (мг/л)		
	Кинетин	ГК	ИМК
1	0	0	0
2	0	0,1	0
3	0,5		0

		0,1	
4	0	0,1	0,5

После 30 дневного культивирования исследуемых растений производилось измерение длины корня и длины побега растений, на основании вышеуказанных измерений были сделаны выводы по оптимальным показателям концентрации и составу гормонов.

*Оптимизация регуляторов роста для образования микроклубней в биореакторе*

После 30 дней культивирования на питательной для роста и развития растений из одноузловых эксплантов, питательную среду заменили на состав питательной среды МС с витаминами [8] с содержанием сахарозы 9%, и гормонами указанными в Таблице 2, рН 5.8–6.0. Затем все 12 биореакторов RITA помещали в темное помещение при температуре 18°C с подключением автоматического регулятора давления воздуха (0.5 bar). Культивирования растений проводили до образования микроклубней в течение 45 дней. Замену питательной среды проводили в интервале 3 раза в течение месяца. Подача питательной среды к растениям была в режиме через каждые три часа на 4 минуты.

**Таблица 2.** Комбинации питательных сред для получения микроклубней картофеля

Питательная среда МС+ витамины (4,43 г/л)	Гормоны (мг/л)	
	Кинетин	ИМК
М1	0	0
М2	0	2
М3	2	0
М4	2	2

Через 45 дней культивирования растений в условиях для образования микроклубней, их измеряли по наибольшей длине.

**Результаты и обсуждения**

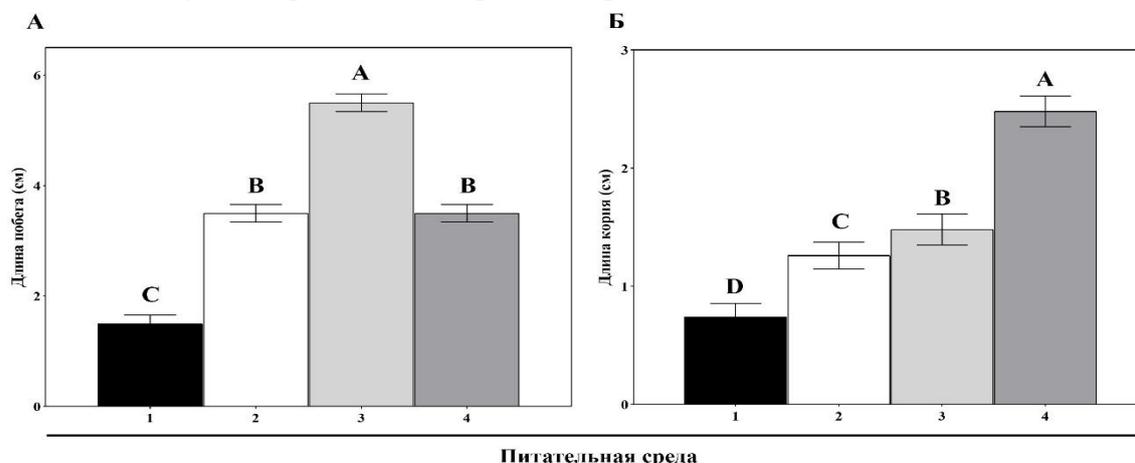
Для Казахстанских фермеров производящих семена и товарный картофель сорта Коломбо крайне важно иметь качественные и дешёвые семена. В настоящей работе мы провели оптимизацию регуляторов роста в питательной среде используемой в биореакторе временного погружения для эффективного производства предбазисного семенного картофеля сорта Коломбо.

Согласно результатам, было выявлено что наиболее эффективной питательной средой для роста побегов у клонированных растений стала МС с содержанием гормонов ГК (0.1 мг/л), где максимальная длина побега составляла  $5.5 \pm 0.1$  см (Рисунок 3А). Схожие показатели по длине побега были на питательных средах, содержащих гормоны Кинетин (0.5 мг/л) и ИУК (0.5 мг/л) и составляли  $3.5 \pm 0.1$  см. Самый минимальный показатель был на безгормональной питательной среде МС, где длина побега составляла  $1.5 \pm 0.1$  см.

Как видно из рисунка 3В, самые высокие показатели длины корня у клонированных растений были на питательной среде МС с содержанием ИУК (0.5 мг/л) и составляли  $2.48 \pm 0.1$  см. Тогда как на питательных средах с содержанием гормонов Кинетин (0.5 мг/л) и ГК (0.1 мг/л) показатели были меньше и составляли  $1.26 \pm 0.1$  и  $1.4 \pm 0.1$  см соответственно. Так же

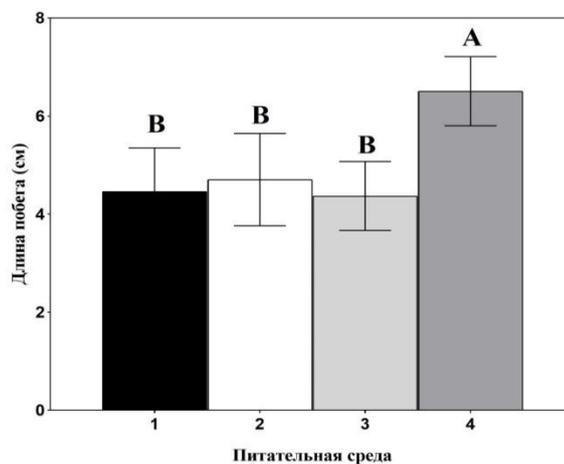
как и у длины побегов самый низкий показатель длины корня был в питательной среде без содержания гормонов.

Таким образом нами было выявлено что питательная среда МС с гормонами ГК (0.1 мг/л) эффективна для роста побегов и питательная среда МС с гормонами ИУК (0.5 мг/л) эффективна для получения растений с хорошей корневой системой.



**Рисунок 3.** Показатели длины побега (А), длины корня (В) у клонированных растений на различных питательных средах МС с различными концентрациями гормонов. Представленные данные представляют собой средние значения  $\pm$  стандартное отклонение трех биологических повторов. Различными буквами обозначены варианты, имеющие значимые различия по критерию Дункана (Duncan HSD test) при  $p < 0.05$ .

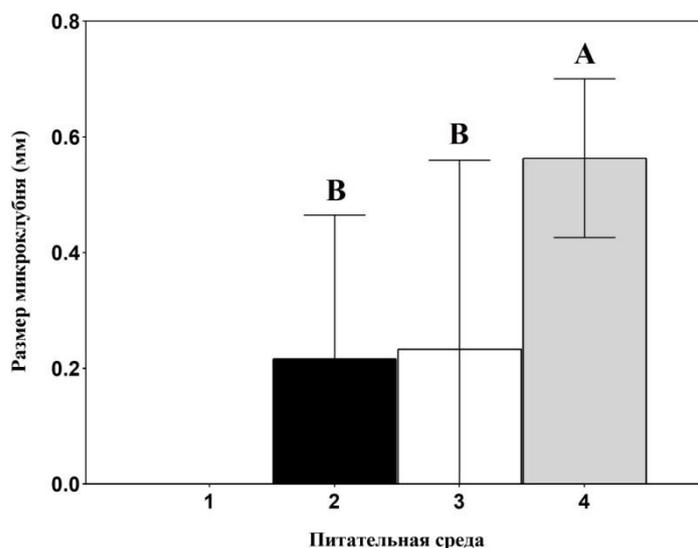
В результате подбора оптимальных концентраций гормонов для стимулирования роста и развития растений в биореакторе было выявлено что питательная среда МС с содержанием гормонов ГК (0.1 мг/л) и ИМК (0.5 мг/л) положительно влияли на рост и развитие растений (Рисунок 4). Таким образом, самые высокие показатели составляли  $6.5 \pm 0.7$  см, это согласовывается с исследованиями в которых была установлена положительная корреляция между скоростью размножения клеток и синергией между различными фитогормонами [9]. В питательной среде содержащий гормон ГК (0.1 мг/л) длина побега составляла  $4.7 \pm 0.9$  см, что коррелирует с данными согласно которым ГК выступает в виде ингибитора роста клубней, но положительно влияет на рост надземной части растения [10]. На безгормональной и питательной среде МС с содержанием гормонов Кинетин (0.5 мг/л), ГК (0.1 мг/л) наблюдались схожие показатели  $4.4 \pm 0.8$  и  $4.3 \pm 0.6$  см соответственно. Таким образом наилучшей питательной средой для получения хорошо развитых растений стала питательная среда, содержащая гормоны ГК (0.1 мг/л) и ИМК (0.5 мг/л).



**Рисунок 4.** Показатели длины побега в биореакторе на различных питательных средах МС с различными концентрациями гормонов. Представленные данные представляют собой

средние значения  $\pm$  стандартное отклонение трех биологических повторов. Различными буквами обозначены варианты, имеющие значимые различия по критерию Дункана (Duncan HSD test) при  $p < 0.05$ .

Была определена наилучшая концентрация гормонов для стимуляции клубнеобразования в биореакторе. Исследовались влияние различных гормонов и их концентраций на растения. Замена питательной среды, способствующей образованию микроклубней, производилась каждые 2 недели. Таким образом по результатам проведенного эксперимента нами было выявлено что максимальное образование микроклубней было в питательной среде МС с содержанием гормонов ИМК (2 мг/л) и Кинетин (2 мг/л) размер микроклубней составлял от 0.37–0.7 мм (Рисунок 5). На безгормональной питательной среде не было обнаружено образование микроклубней. Схожие результаты были получены при изучении формирования микроклубней картофеля на питательной среде с Кинетином с концентрацией 2,5 мг/л и на безгормональной среде [11]. Практически одинаковые показатели длины микроклубней были в питательных среда с гормонами ИМК (2 мг/л) и Кинетин (2 мг/л) и составляли  $0.2 \pm 0.3$  мм.



**Рисунок 5.** Показатели размера микроклубней на различных питательных средах МС с различными концентрациями гормонов. Представленные данные представляют собой средние значения  $\pm$  стандартное отклонение трех биологических повторов. Различными буквами обозначены варианты, имеющие значимые различия по критерию Дункана (Duncan HSD test) при  $p < 0.05$ .

### **Выводы**

В ходе проведения исследований по оптимизации состава и концентрации фитогормонов для роста и развития растений и образования микроклубней сорта Колombo в биореакторе нами определена оптимальная жидкая среда МС для роста и развития растений содержащая гормоны ГК (0.1 мг/л) и ИМК (0.5 мг/л), а для образования микроклубней среда с содержанием гормонов ИМК (2 мг/л) и Кинетин (2 мг/л).

**Благодарность:** Данное исследование было выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (программы BR18574099 и гранта AP14870410).

### **Список литературы**

1 Мухаметов, А., Даутканова, Д., Даутқанов, Н., Даулетбекова, А., & Шаймерденова, Ж. (2023). ПРОИЗВОДСТВО СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ В КАЗАХСТАНЕ. *Izdenister Natigeler*, (2 (98), 412–422. <https://doi.org/10.37884/2-2023/41>

2 Hulscher, M., Krijgsheld, H., & Jongedijk, E. (1996). MASS PROPAGATION OF POTATO MICROTUBERS IN JAR FERMENTORS. *Acta Horticulturae*, 440, 533–538. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1996.440.93>

3 Engels, J. M. M., & Ebert, A. W. (2021). A Critical Review of the Current Global Ex Situ Conservation System for Plant Agrobiodiversity. I. History of the Development of the Global System in the Context of the Political/Legal Framework and Its Major Conservation Components. *Plants* (Basel, Switzerland), 10(8), 1557. <https://doi.org/10.3390/plants10081557>

4 Kikowska, M., Danek, K., Gornowicz-Porowska, J., & Thiem, B. (2022). Application of temporary immersion system RITA® for efficient biomass multiplication and production of artificial seeds for ex situ conservation of *Linnaea borealis* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 151(3), 673–680. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02381-7>

5 Plant Hormones - Recent Advances, New Perspectives and Applications. (2022). In *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95608>

6 Santner, A., Calderon-Villalobos, L. I. A., & Estelle, M. (2009). Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chemical Biology*, 5(5), 301–307. <https://doi.org/10.1038/nchembio.165>

7 Daurov, D., Daurova, A., Karimov, A., Tolegenova, D., Volkov, D., Raimbek, D., Zhambakin, K., & Shamekova, M. (2020). Determining Effective Methods of Obtaining Virus-Free Potato for Cultivation in Kazakhstan. *American Journal of Potato Research*, 97(4), 367–375. <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09787-z>

8 Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

9 Saidi, A., & Hajibarat, Z. (2021). Phytohormones: plant switchers in developmental and growth stages in potato. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology /Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00192-5>

10 Brenner, W.G., Romanov, G.A., Köllmer, I., Bürkle, L. and Schmülling, T. (2005), Immediate-early and delayed cytokinin response genes of *Arabidopsis thaliana* identified by genome-wide expression profiling reveal novel cytokinin-sensitive processes and suggest cytokinin action through transcriptional cascades. *The Plant Journal*, 44: 314–333. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02530.x>

11 Gizatullina A.T., Stasevski Z., Gimaeva E.A., Safiullina G.F. (2019) Potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Nevskij microtuber formation features in in vitro culture. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, vol. 161, no. 3, pp. 375–384. doi: 10.26907/2542-064X.2019.3.375-384. (In Russian)

## References

1 Mukhametov, A., Dautkanova, D., Dautkanov, N., Dauletbekova, A., & SHajmerdenova, ZH. (2023). PROIZVODSTVO SEMENNOGO KARTOFELYA V KAZAKHSTANE. *Izdenister Natigeler*, (2 (98), 412–422. <https://doi.org/10.37884/2-2023/41>

2 Hulscher, M., Krijgsheld, H., & Jongedijk, E. (1996). MASS PROPAGATION OF POTATO MICROTUBERS IN JAR FERMENTORS. *Acta Horticulturae*, 440, 533–538. <https://doi.org/10.17660/actahortic.1996.440.93>

3 Engels, J. M. M., & Ebert, A. W. (2021). A Critical Review of the Current Global Ex Situ Conservation System for Plant Agrobiodiversity. I. History of the Development of the Global System in the Context of the Political/Legal Framework and Its Major Conservation Components. *Plants* (Basel, Switzerland), 10(8), 1557. <https://doi.org/10.3390/plants10081557>

4 Kikowska, M., Danek, K., Gornowicz-Porowska, J., & Thiem, B. (2022). Application of temporary immersion system RITA® for efficient biomass multiplication and production of artificial seeds for ex situ conservation of *Linnaea borealis* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 151(3), 673–680. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02381-7>

5 Plant Hormones - Recent Advances, New Perspectives and Applications. (2022). In *IntechOpen eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95608>

6 Santner, A., Calderon-Villalobos, L. I. A., & Estelle, M. (2009). Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chemical Biology*, 5(5), 301–307. <https://doi.org/10.1038/nchembio.165>

7 Daurov, D., Daurova, A., Karimov, A., Tolegenova, D., Volkov, D., Raimbek, D., Zhambakin, K., & Shamekova, M. (2020). Determining Effective Methods of Obtaining Virus-Free Potato for Cultivation in Kazakhstan. *American Journal of Potato Research*, 97(4), 367–375. <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09787-z>

8 Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>

9 Saidi, A., & Hajibarat, Z. (2021). Phytohormones: plant switchers in developmental and growth stages in potato. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology /Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 89. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00192-5>

10 Brenner, W.G., Romanov, G.A., Köllmer, I., Bürkle, L. and Schmölling, T. (2005), Immediate-early and delayed cytokinin response genes of *Arabidopsis thaliana* identified by genome-wide expression profiling reveal novel cytokinin-sensitive processes and suggest cytokinin action through transcriptional cascades. *The Plant Journal*, 44: 314–333. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02530.x>

11 Gizatullina A.T., Stasevski Z., Gimaeva E.A., Safiullina G.F. (2019) Potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Nevskij microtuber formation features in in vitro culture. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, vol. 161, no. 3, pp. 375–384. doi: 10.26907/2542-064X.2019.3.375-384. (In Russian)

*Дауров Д.Л.<sup>1,2</sup>, Әбілда Ж.Қ.<sup>1</sup>, Календарь Р.Н.<sup>3</sup>, Волков Д.В.<sup>1</sup>, Қанат Р.<sup>1,2</sup>,  
Арғынбаева Ә.<sup>1</sup>, Шамекова М.Х.<sup>1,2\*</sup>*

<sup>1</sup> Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы, Қазақстан,  
[shamekov@gmail.com](mailto:shamekov@gmail.com)\*

<sup>2</sup> Tanir Research Laboratory

<sup>3</sup> Nazarbayev University, Laboratory of bioinformatics and systems biology, Астана,  
Қазақстан

## **БИОРЕКТОРДА МИКРОТҮЙНЕКТЕРДІ АЛУ ҮШІН СҰЙЫҚ ҚОРЕКТІЛІК ОРТАДА ӨСУ РЕТТЕУШІЛЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ**

### **Аңдатпа**

Зерттеудің мақсаты болып уақытша енгізу биореакторында картоптың Колумба сортының өсуі мен дамуы және микротүйнектерді алу үшін сұйық қоректік органы оңтайландыру болып табылады.

Зерттеу картоп өсімдігінің экспланттарының өсуі мен дамуы және олардан микротүйнектердің қалыптасуы үшін фитогормондарға қосылған MS қоректік ортасы оңтайландыру жұмыстары жүргізілді.

Нәтижелер жақсы дамыған өсімдіктерді алу үшін ең оңтайлы сұйық MS ортасы болып құрамында ГҚ (0,1 мг/л) және ИМҚ (0,5 мг/л) гормондары, ал микротүйнек түзу үшін құрамында ИМҚ (2 мг/л) және кинетин (2 мг/л) гормондары бар қоректік орталар табылатынын көрсетті.

**Кілт сөздер:** картоп, фитогормондар, кинетин, ИСК, ИМҚ, биореактор, микротүйнектер.

*Daurov D.L.<sup>1,2</sup>, Abilda Zh.K.<sup>1</sup>, Kalendar R.N.<sup>3</sup>, Volkov D.V.<sup>1</sup>, Kanat R.<sup>1,2</sup>, Argynbaeva A.<sup>1</sup>, Shamekova M.H.<sup>1,2\*</sup>*

<sup>1</sup> *Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan, [shamekov@gmail.com](mailto:shamekov@gmail.com)\**

<sup>2</sup> *Tanir Research Laboratory*

<sup>3</sup> *Nazarbayev University, Laboratory of bioinformatics and systems biology, Astana, Kazakhstan*

## **OPTIMIZATION OF GROWTH REGULATORS IN LIQUID NUTRIENT MEDIUM FOR MICROTUBERS PRODUCTION IN BIOREACTOR**

### **Abstract**

The aim of the study was to optimize liquid nutrient media for the growth and development of potato plants of Colombo variety and the production of microtubers from them in a temporary immersion bioreactor.

In the study, optimization of MS nutrient media by phytohormones for growth and development of potato plant explants and subsequent formation of microtubers from them was carried out.

The results showed that the most optimal liquid MS medium for obtaining well-developed plants was the nutrient medium containing hormones GA (0.1 mg/L) and IBA (0.5 mg/L), and the medium containing hormones IBA (2 mg/L) and Kinetin (2 mg/L) for microtubers formation.

**Key words:** potato, phytohormones, kinetin, IAA, IBA, bioreactor, microtubers.

**МРНТИ 68.35.03**

**DOI** <https://doi.org/10.37884/3-2024/27>

*В. И. Коберницкий\*, Т.М. Коберницкая, В. А. Волобаева, О. В. Музыка*

*ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А. И. Бараева»,  
п. Научный, Шортандинский р-он, Акмолинская обл., Казахстан,  
[vkobernitsky@mail.ru](mailto:vkobernitsky@mail.ru)\*, [tanyakober@bk.ru](mailto:tanyakober@bk.ru), [volobaevavera85@gmail.ru](mailto:volobaevavera85@gmail.ru), [ksehea@mail.ru](mailto:ksehea@mail.ru)*

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ ГРЕЧИХИ НА ПРЕДМЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ РУТИНА**

### *Аннотация*

В работе представлены основные результаты изучения продуктивности вегетативной массы растений гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench) по различным предшественникам при возделывании в условиях Акмолинской области на предмет использования в производстве рутина. Для изучения выделены типичные биотипы гречихи, принадлежащие к различным эколого-географическим группам возделываемые в условиях Северного Казахстана. На уровень продуктивности фитомассы значительное влияние оказывали различные факторы. Прослежена значительная дифференциация по отзывчивости биотипов на изменения условий среды. К наиболее значительному фактору следует отнести погодные условия в годы проведения опытов (количество выпавших осадков и положительные температуры). Сильное влияние на продуктивность имел агрофон выращивания. В частности, преимущество парового фона наблюдалось на протяжении всех лет опыта. Максимальный уровень формирования зеленой массы имели биотипы 255-25, 215-12, 211-3, 197-10, 166-13 в контрастных условиях влагообеспеченности. Прослежена динамика развития растений гречихи на протяжении всего периода вегетации и определена фаза развития, соответствующая максимальному выходу зеленой массы. В результате проведенных исследований определена потенциальная продуктивность зеленой массы гречихи в условиях Акмолинской области. Проведено сравнение уровня урожайности