

И.Н. Аникина*, А.А. Кусаинов, М.Е. Жагипарова,
М.К. Инсебаева

Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан

*Автор для корреспонденции: anikina.i@mail.ru

Температурный фактор культивирования как регулятор морфогенеза растений картофеля *in vitro*

Аннотация. Внедрение биотехнологических методов размножения в семеноводство картофеля позволило в значительной мере повысить качество семенного материала и темпы введения оздоровленных и новых высокоурожайных сортов в производство. К числу важнейших факторов, определяющих успех микроклонального размножения и темпы наращивания стартового объема семенного материала, относятся факторы питания (состав питательных сред), гормональные факторы (соотношение фитогормональных препаратов в питательном растворе) и физические факторы культивирования (температура и освещенность). Многие исследователи указывали на важность данных параметров, но рекомендуемые ими показатели существенно различаются. В данной работе представлены результаты исследований влияния температурного фактора на развитие культуральных растений картофеля. В качестве объектов исследования выступали растения-регенеранты картофеля сортов Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор. В ходе исследований установлено, что при температуре фитотрона $26\pm 2^\circ\text{C}$ показатели развития всех изучаемых сортов были выше, чем в варианте с температурой фитотрона $22\pm 2^\circ\text{C}$. Прирост высоты составил от 36% до 190%, количества междоузлий на 53-146% и корнеобразования на 12-42% в зависимости от сорта. Таким образом, данный температурный режим способствует более интенсивному органогенезу, а значит и способствует повышению коэффициента размножения картофеля в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: микроразмножение, картофель, *in vitro*, развитие, корнеобразование, высота, междоузлия.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-54-62>

Введение

Картофель относится к важнейшим продовольственным культурам. Урожайность картофеля как вегетативно размножаемой культуры в значительной степени зависит от качества семенного материала [1]. Успешное семеноводство картофеля неразрывно связано с биотехнологическими методами оздоровления от вирусов и технологией клонального микроразмножения [2].

В практике микроклональное размножение наиболее часто используется либо для тиражирования ценных декоративных трудно размножаемых культур, например, орхидеи, розы, для ускорения размножения плодовых культур, либо для размножения оздоровленного от вирусов посадочного материала, что особенно ценно для вегетативно размножаемых культур. Методика позволяет в короткие сроки получать большое количество растений от одного, исходного, независимо от времени года [3-5].

Микроразмножение в сельском хозяйстве позволяет решить проблему сортовой чистоты для высокогетерозиготных видов, таких, как картофель, для получения однородных растений [1, 2].

Оптимизация технологии клонального микроразмножения картофеля является важным условием наращивания объемов исходного оздоровленного материала картофеля, что необходимо для наращивания требуемого количества элитных семян высокого качества, которые в данный момент в большом дефиците. Использование важнейшего преимущества клонального микроразмножения - высоких коэффициентов размножения - позволяет сократить процесс производства элиты, улучшить его качество, сократить трудовые затраты [1, 2].

Картофель в научно-производственных лабораториях наращивают в больших масштабах растениями-регенерантами, полученными из узловых черенков, пролиферацией пазушных побегов, культивируемых *in vitro* [3].

В процессе тиражирования и выращивания необходимых объемов посадочного материала *in vitro* для оригинального семеноводства важное значение имеет время формирования морфологических структур и достижения микрорастениями стандартных характеристик [6, 7].

На эффективность размножения в условиях *in vitro*, согласно многочисленным исследованиям, влияют тип первичного экспланта, сортовые особенности регенерантов и условия культивирования, среди которых главные: освещенность, температура выращивания и состав питательной среды [8, 9, 10].

Согласно исследованиям Chiang, соотношение температуры и освещенности фитотрона являются важными факторами роста и развития растений [11]. Во многих исследованиях различаются интервал используемой температуры фитотрона, хотя это является важным фактором влияния на рост и развитие растений, также по освещенности есть значительные расхождения. Ali и др. для индукции морфогенеза предлагали использовать температуру культивирования $26\pm 2^\circ\text{C}$ и освещенность 2500-3000 люкс [12]. Najare и др. для индукции побегообразования в культуре *in vitro* использовали аналогичные условия: 16-часовой фотопериод и интенсивность света 2700 люкс при $25\pm 2^\circ\text{C}$ [13]. Durnikin в качестве оптимального режима для выращивания микрорастений картофеля использовал освещенность 2-3000 люкс и температуру $24\pm 1^\circ\text{C}$ [14]. Буддаков для выращивания картофеля *in vitro* использовал температуру фитотрона в пределах $21-24^\circ\text{C}$, освещенность 5 тыс. люкс [15]. Кантарбаева и др. при выращивании регенерантов картофеля *in vitro* использовали температуру $20-23^\circ\text{C}$ и освещенность 3-8 kLx [3].

Azad для регенерации картофеля *in vitro* использовал $22\pm 2^\circ\text{C}$ с интенсивностью света от 200 до 3000 люкс [8].

В ходе исследований по культуре картофеля (*Solanum tuberosum*) Ibrahim и др. была отмечена различная реакция сортов картофеля на состав питательной среды *in vitro* [16]. Oves и др., Hussain, также Ibragimova и др. при изучении морфогенетического потенциала в культуре *in vitro* отметили внутрисортовой полиморфизм по способности к регенерации у растений картофеля *in vitro* [7, 17, 18].

Целью исследования являлось изучение параметров роста и развития растений картофеля в зависимости от температурных условий выращивания.

Методология исследования

Объектом исследований являлись растения-регенеранты картофеля 9 сортов различных групп спелости, а именно Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор. Опыт проводили в 4-х кратной повторности по 20 микрорастений. Пробирочный растительный материал картофеля получен в ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха.

Приготовление питательной среды проводили по стандартным методикам [4, 19].

Микрочеренки в асептические условия размещали на питательной среде Мурасиге-Скуга, содержание агара 7 г/л, дополненная витаминами В6, В1, С, РР в концентрации (0,2 г л⁻¹). Содержанием сахарозы в питательной среде 2%, гидролизата казеина 120 мг/л, в качестве гормональных препаратов использовалась только ИМК 1,0 г л⁻¹. РН среды доводили до 5,7 перед автоклавированием, автоклавировали пробирки со средой при 121°C при 0,1 МПа в течение 40 мин. Использовались химикаты компании Sigma-Aldrich Ltd. Co. (Сент-Луис, США). Регенерация растений происходила при температуре согласно вариантам опыта:

Вариант 1. Температура фитотрона 26°C±2°C.

Вариант 2. Температура фитотрона 22°C±2°C.

Был использован 16-часовой фотопериод, относительная влажность воздуха 70%, освещенность 3000 lx (дневные люминесцентные лампы белого спектра). Визуальную оценку развития проводили по истечении 20 дней после пересадки черенка.

В таблицу вносили данные, соответствующие средним арифметическим показателям.

Корнеобразование оценивали по количеству корневых нитей: считалось хорошо развитым при наличии более 5 корневых нитей, четыре и менее корневых волосков на растении считалось среднеразвитым корнеобразованием, не развитым, если корни на регенерантах отсутствовали. Результаты были обработаны методом дисперсионного анализа.

Обсуждение

Успех клонального микроразмножения определяется интенсивностью формирования морфогенных структур, а именно корнеобразования, формирования междоузлий и высоты растений. В ходе исследования были получены результаты, подтверждающие выводы ученых Ali и др. Najare и др., предлагающие для индукции морфогенеза использовать температуру культивирования 26±2°C и освещенность 2500-3000 люкс [12, 13]. При этом была отмечена небольшая сортовая специфичность в отношении влияния температурных источников на рост и развитие растений-регенерантов картофеля разных сортов, при этом это не зависело от принадлежности сорта к какой-либо группе спелости.

Изучение прироста высоты растений и формирования междоузлий у регенерантов картофеля 9 сортов различных групп спелости показало, что рост и развитие растений находились в прямой зависимости от температурных условий выращивания, а также зависели от сортовых особенностей. Наибольшими показателями высоты в условиях температуры фитотрона 22°C±2°C отличились регенеранты сортов Любава, Тулеевский, Гулливер, Инноватор. Среднее арифметическое значение их высоты было на 24% больше, чем остальных пяти сортов.

При повышении температурного режима фитотрона было отмечено повышение интенсивности морфогенеза у всех изучаемых сортов. Высота растений увеличилась на 36-190% в зависимости от сорта. Наибольшие показатели прироста были также отмечены на растениях-регенерантах сортов Импала, Тулеевский, Гулливер, Инноватор. Наибольший прирост высоты был отмечен у растений сорта Инноватор и Импала.

По количеству междоузлий наибольшие показатели в условиях температуры фитотрона 22°C±2°C наблюдались у растений-регенерантов сортов Гранд, Гулливер, Инноватор. При выращивании растений при температуре 26°C±2°C был отмечен значительный прирост междоузлий на всех изучаемых сортах, особенно высокий прирост междоузлий был у регенерантов сортов Любава, Тулеевский, Импала, Гулливер.

Прирост количества междоузлий на микрорастениях сорта Любава составил 146 %, на микрорастениях сорта Тулеевский 112%, на растениях сорта Гулливер 95%, на растениях сорта Импала 106%.

К важнейшим критериям оценки развития микрорастений в условиях *in vitro* относится корнеобразование. Данный показатель определяет полноценность развития

растений и оговорен в стандарте стран ЕвразЭС для культуральных растений.

Интенсивность корнеобразования в условиях температуры $26^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ значительно превысила этот показатель при температуре фитотрона $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ по всем изучаемым сортам (рисунок 1).

В условиях пониженной температуры показатели развития корнеобразования были низкими, и на отдельных сортах отмечено значительное количество растений без корней. У таких сортов, как Голубизна, было отмечено отсутствие корней у 91,3% растений, у растений сорта Импала у 66,7% растений (рисунок 1).

Результаты исследований

Показатели прироста высоты и количества междоузлий у растений-регенерантов в зависимости от температурных условий выращивания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели развития растений картофеля в культуре *in vitro*, 20 дней

Сорт	Высота		Количество междоузлий	
	1 вариант	2 вариант	1 вариант	2 вариант
Родриго	3,9±0,3	9,2±0,8	3,8	5,6
Любава	4,6±0,4	12,4±0,9	3,0	7,4
Голубизна	2,6±0,4	6,1±0,7	3,4	5,6
Гранд	4,1±0,4	10,3±0,9	4,1	6,2
Тулеевский	4,4±0,5	12,6±0,8	3,3	7,3
Гулливер	4,8±0,3	13,4±0,9	4,4	8,6
Импала	3,9±0,4	11,3±0,7	3,2	6,6
Фрителла	3,5±0,3	9,6±0,5	2,3	4,4
Инноватор	4,6±0,4	13,2±0,9	4,5	6,7

Показатели корнеобразования у растений-регенерантов в зависимости от температурных условий выращивания представлены на рисунках 1 и 2. Результаты опыта показали низкий процент корнеобразования при температуре фитотрона $22\pm 2^{\circ}\text{C}$. Практически у растений всех сортов имелись экземпляры без корней, кроме сорта Гулливер (рисунок 1), у растений сорта Импала при температуре $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ корни не образовались практически ни на одном растении.

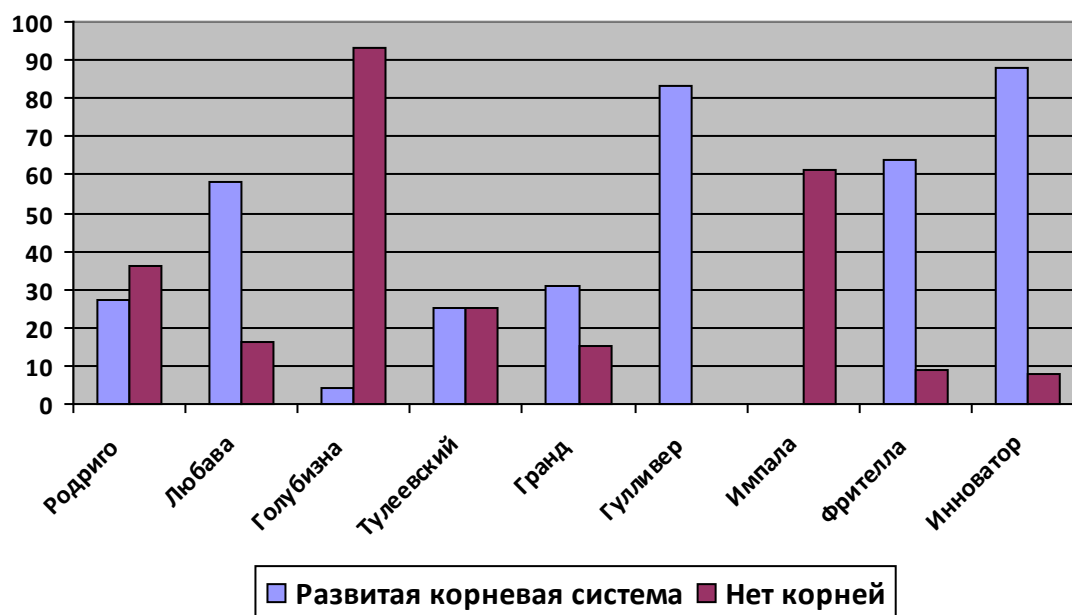


Рисунок 1. Корнеобразование у регенерантов картофеля при температуре фитотрона $22 \pm 2^\circ\text{C}$

При выращивании в условиях $26^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ показатели корнеобразования значительно возросли, в том числе у сортов, на которых отмечен самый низкий процент корнеобразования при температуре $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. У микрорастений сорта Родриго количество растений с корнями возросло на 78%, у растений Голубизна на 77,5%, у растений Импала на 71% (рисунок 2).

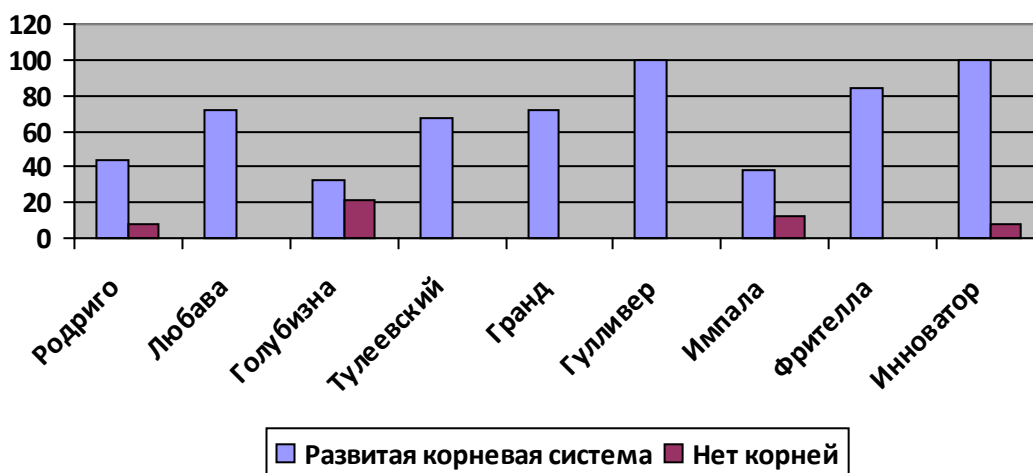


Рисунок 2. Корнеобразование у регенерантов картофеля при температуре фитотрона $26 \pm 2^\circ\text{C}$

Прирост растений с хорошо развитой корневой системой составил у растений сорта Родриго 17%, у растений сорта Любава 14%, у растений сорта Голубизна 28%, у растений сорта Тулеевский 42%, у растений сорта Гранд 41%, у растений сорта Гулливер 17%, у растений сорта Импала 38%, у растений сорта Фрителла 20%, у растений сорта Инноватор 12%.

Выводы

В результате исследований было установлено, что при тиражировании ценных сортов картофеля в условиях *in vitro* и наращивании стартового объема оздоровленного от вирусов биотехнологического посадочного материала использование температурного режима фитотрона $26\pm 2^\circ\text{C}$ позволяет повысить темпы развития и органогенез культуральных растений картофеля на сортах: Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор. При этом отмечается повышение показателей прироста высоты от 36% до 190%, количества междоузлий на 53-146% и корнеобразования на 12-42% в зависимости от сорта. Эти выводы подтверждают результаты исследований ученых Ali и др. и Hajare и др. и идут в разрез с режимами, используемыми Кантарбаевой и др. и Azad и др.

Таким образом, данный температурный режим способствует более интенсивному органогенезу, а значит и способствует повышению коэффициента размножения картофеля в культуре *in vitro*. Использование температурного режима фитотрона $26\pm 2^\circ\text{C}$ позволит повысить темпы наращивания стартового материала картофеля для первичного семеноводства.

Список литературы

1. Токбергенова Ж.А., Бабаев С.А. Инновационная технология производства семенного картофеля в Казахстане // Защита картофеля. – 2014. – №1. – С. 7-8.
2. Швидченко В.К., Хасанов В.Г., Токбергенова Ж.А., Музурок В.В. Производство семенного картофеля на безвирусной основе. – Астана: Форма плюс, 2011. – С. 147.
3. Кантарбаева Э.Е. Микрклональное размножение картофеля в *in vitro* // Архивариус. – 2022. – №8, 2 (65). – С. 35-39.
4. Мухамбетжанов С.К., Мурсалиева В.К., Вечерко Н.А., Нам С.В. Оптимизация протоколов питательных сред для микрклонального размножения роз // Вестник КазНУ. Серия: биологическая. – 2011. – №4. – С. 45-48.
5. Кабылбекова Б.Ж., Чуканова Н.И., Турдиев Т.Т., Рымханова Н., Ковальчук И.Ю. Оптимизация клонирования *in vitro* различных генотипов яблони // Experimental Biology. – 2019. – №3(80). – С. 48-57. DOI: <https://doi.org/10.26577/eb-2019-3-b5>.
6. Аникина И.Н., Овэс Е.В., Гаитова Н.А., Кайниденов Н.Н., Сейтжанова Д.Д. Влияние группы спелости сортов картофеля на морфогенез в процессе тиражирования растений *in vitro* // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. Серия: Биологические науки. – 2019. – № 2(127). – С. 17-22.
7. Oves E., Anikina I., Adamzhanova Zh, Kaynidenov N. Evaluation parameters of *in vitro* morphogenesis in the process of replication of potato starting material IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES). –Krasnoyarsk, 2021. – P. 42030.
8. Azad M., Khatun Z., Eaton T. Generation of virus free potato plantlets through meristem culture and their field evaluation // American Journal of Plant Sciences. – 2020. – №11. – С. 1827-1846. DOI: 10.4236/ajps.2020.1111131.
9. Koleva L., Mitrev S., Trajkova F. Micropropagation of potato *Solanum Tuberosum* // Journal of Biology. – 2012. – Vol. 8. – P. 45-49.
10. Koksharova M K. Effect of temperature regime on the formation of potato microtubers *in vitro* // APK of Russia. – 2016. – Vol. 23(2). – P. 278-281.
11. Chiang C., Bänkestad D., Hoch G. Effect of asynchronous light and temperature fluctuations on plant traits in indoor growth facilities // Agronomy. – 2021. – Vol. 11. – P. 755. DOI: 10.3390/agronomy11040755.
12. Ali K., Raza G., Mukhtar Z., Mansoor Sh., Asad Sh. Ideal *in-vitro* culture and selection conditions for sugarcane genetic transformation // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 2015. – Vol. 52. – P. 43-49.
13. Hajare S. T., Chauhan N. M., Kassa G. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia // The Scientific World Journal. – 2021. – P. 5928769. DOI: 10.1155/2021/5928769.

14. Durnikin D., Kolpakov N., Guseva K. In vitro micropropagation and ex vitro rooting of some potato varieties // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – Vol. 9. – P. 679-689. DOI: 10.15421/2019_810.

15. Buldakov S.A., Plekhanova L.P. Influence of indole butiric acid on plant growth and formation of microtubers in potato culture *in vitro* // International Research Journal. – 2019. – Vol. 86(8). – P. 89-92. DOI: 10.23670/IRJ.2019.86.8.015.

16. Ibrahim I.A., Emara H. A., Nower A.A. In vitro cultivation of potato plants // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 5(12). – P. 858-868. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.512.094.

17. Hussain I.Q. B A L, Muhammad A I S H, Chaudhry Z.N. Morphogenic potential of three potato (*Solanum tuberosum*) cultivars from diverse explants, a prerequisite in genetic manipulation // Pakistan Journal of Botany. – 2005. – Vol. 37(4). – P. 889.

18. Ibragimova S.M., Romanova A.V., Myzgina G.Kh. The morphogenic potential of Siberian potato cultivars in tissue cultures // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Vol. 22(3). – P. 316-320. DOI: 10.18699/VJ18.366.

19. Валиханова Г.Ж., Рахимбаев И.Р. Методическое руководство к практическим занятиям по культуре тканей растений. – Алма-Ата: КазГУ, 1983. – С. 152.

И.Н. Аникина, А.А. Кусаинов, М.Е. Жагипарова, М.К. Инсебаева
Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

Картоп өсімдіктерінің морфогенезін реттеуші ретінде өсірудің температуралық факторы *in vitro*

Аңдатпа. Картоптың тұқым шаруашылығында көбеюдің биотехнологиялық әдістерін енгізу тұқым материалының сапасын және өндіріске сауықтырылған және жаңа жоғары өнімді сорттарды енгізу қарқынын едәуір арттыруға мүмкіндік берді. Микроклональды көбеюдің сәттілігін және тұқымдық материалдың бастапқы көлемінің өсу қарқынын анықтайтын маңызды факторлардың қатарына сіңіру факторлары (қоректік ортаның құрамы), гормоналды факторлар (қоректік ерітіндідегі фитогормоналды препараттардың қатынасы) және өсірудің физикалық факторлары (температура мен жарық) жатады. Көптеген зерттеушілер бұл параметрлердің маңыздылығын атап өтті, бірақ олар ұсынған көрсеткіштер айтарлықтай өзгереді. Бұл жұмыста картоптың дақылдарының дамуына температура факторының әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу нысандары Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор сорттарының картоп регенеранттары болды. Зерттеу барысында фитотрон температурасы $26 \pm 2^\circ\text{C}$ болғанда барлық зерттелетін сорттардың даму көрсеткіштері фитотрон температурасы $22 \pm 2^\circ\text{C}$ нұсқасына қарағанда жоғары екендігі анықталды. Биіктіктің өсуі 36%-дан 190% - ға дейін, буын аралықтарының саны 53-146%-ға және сұрыпына байланысты тамырлануы 12-42%-ға дейін болды. Осылайша, бұл температура режимі неғұрлым қарқынды органогенезге ықпал етеді, демек, *in vitro* дақылында картоптың көбею коэффициентін арттыруға ықпал етеді.

Түйін сөздер: микрокөбейту, картоп, *in vitro*, даму, тамырлану, биіктік, буынаралық.

I.N. Anikina, A.A. Kussainov, M.E. Zhagiparova, M.K. Insebaeva
Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

The temperature factor of cultivation as a regulator of potato plant morphogenesis *in vitro*

Abstract. Introduction of biotechnological methods of reproduction in potato seed production has significantly increased the quality of seed material and rate of introduction of healthy and new high-yield varieties in production. The most important factors determining the success of micropropagation and the rate of multiplication of seed starting volume include nutritional factors (composition of nutrient media), hormonal factors (ratio of phytohormonal drugs in the nutrient solution) and physical cultivation factors (temperature and illumination). Many researchers have pointed out the importance of these parameters, but their recommended parameters vary considerably. This paper presents the results of studies on the effect of temperature factor on the development of cultivated potato plants. Regenerated potato plants of Rodrigo,

Lyubava, Golubizna, Tuleevsky, Grand, Gulliver, Impala, Fritella, Innovator varieties were the objects of the study. During the studies established that at a phytotron temperature of $26\pm 2^\circ\text{C}$, the development parameters of all varieties studied were higher than in the variant with a phytotron temperature of $22\pm 2^\circ\text{C}$. The increase in height was between 36% and 190%, the number of internodes grew by 53-146%, and root formation by 12-42%, depending on the variety. Thus, this temperature regime contributes to more intensive organogenesis, and therefore contributes to the increase of potato multiplication coefficient in *in vitro* culture.

Keywords: micropropagation, potato, *in vitro*, development, root formation, height, internodes.

References

1. Tokbergenova J.A., Babaev S.A. Innovacionnaya tekhnologiya proizvodstva semennogo kartofelya v Kazahstane [Innovative technology for the production of seed potatoes in Kazakhstan], Zashchita kartofelya [Potato Protection], 1, 7-8 (2014). [in Russian]
2. Shvidchenko V.K., Khasanov V.G., Tokbergenova Zh.A., Muzurik V.V. Proizvodstvo semennogo kartofelya na bezvirusnoj osnove [Production of seed potatoes on a videoleless basis] (Astana, Form Plus, 2011, 147 p.) [in Russian].
3. Kantarbaeva E.E. Mikroklonal'noe razmnozhenie kartofelya v *in vitro* [Microclonal reproduction of potatoes *in vitro*], Arhivarius [Archivarius], 2(65), 35-39 (2022). [in Russian]
4. Mukhambetzhannov S.K., Mursalieva V.K., Vesporko N.A., S.V. Optimizatsiya protokolov pitatel'nyh sred dlya mikroklonal'nogo razmnozheniya roz [Optimization of the protocols of nutrient media for microclonal propagation of roses], Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya [Bulletin of KazNU. The biological series], 4, 45-48 (2011). [in Russian]
5. Kabyzbekova B.ZH., CHukanova N.I., Turdiev T.T., Rymhanova N., Koval'chuk I.YU. Optimizatsiya klonirovaniya *in vitro* razlichnyh genotipov yabloni [Optimization of cloning *in vitro* of various genotypes of apple tree], Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya [Bulletin of KazNU. The biological series], 3(80), 48-57 (2019). DOI: <https://doi.org/10.26577/eb-2019-3-b5>. [in Russian]
6. Anikina I.N., Oves E.V., Gaitova N.A., Kainidenov N. N., Seytzhannova D. D. Vliyaniye gruppy spelosti sortov kartofelya na morfogenez v processe tirazhirovaniya rastenij *in vitro* [Influence of the group of ripeness of potato varieties on morphogenesis in the process of replication of plants *in vitro*], Vestnik ENU im. L. N. Gumileva. Seriya Biologicheskije nauki [Bulletin of ENU named after L. N. Gumilyov. The biological series], 2(127), 17-22 (2019). [in Russian]
7. Oves E., Anikina I., Adamzhannova Zh, Kaynidenov N. Evaluation parameters of *in vitro* morphogenesis in the process of replication of potato starting material IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES). (Krasnoyarsk, 2021, 42030 p.).
8. Azad M., Khatun Z., Eaton T. Generation of virus free potato plantlets through meristem culture and their field evaluation, American Journal of Plant Sciences, 11, 1827-1846 (2020). DOI: 10.4236/ajps.2020.1111131.
9. Koleva L., Mitrev S., Trajkova F. Micropropagation of potato *Solanum Tuberosum*. Journal of Biology, 8, 45-49 (2012).
10. Koksharova M K. Effect of temperature regime on the formation of potato microtubers *in vitro*, APK of Russia, 23(2), 278-281 (2016).
11. Chiang C., Bänkestad D., Hoch G. Effect of asynchronous light and temperature fluctuations on plant traits in indoor growth facilities, Agronomy, 11, 755 (2021). DOI: 10.3390/agronomy11040755.
12. Ali K., Raza G., Mukhtar Z., Mansoor Sh., Asad Sh. Ideal *in-vitro* culture and selection conditions for sugarcane genetic transformation, Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 52, 43-49 (2015).
13. Hajare S.T., Chauhan N.M., Kassa G. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia, The Scientific World Journal, 5928769 (2021). DOI: 10.1155/2021/5928769.
14. Durnikin D., Kolpakov N., Guseva K. *In vitro* micropropagation and *ex vitro* rooting of some potato varieties, Ukrainian Journal of Ecology, 9, 679-689 (2019). DOI: 10.15421/2019_810.
15. Buldakov S.A., Plekhanova L.P. Influence of indole butiric acid on plant growth and formation of microtubers in potato culture *in vitro*, International Research Journal, 86(8), 89-92 (2019). DOI: 10.23670/IRJ.2019.86.8.015.
16. Ibrahim I.A., Emara H. A., Nower A.A. *In vitro* cultivation of potato plants, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(12), 858-868 (2016). DOI: 10.20546/ijcmas.2016.512.094.

17. Hussain I.Q. B A L, Muhammad A I S H, Chaudhry Z.N. Morphogenic potential of three potato (*Solanum tuberosum*) cultivars from diverse explants, a prerequisite in genetic manipulation, *Pakistan Journal of Botany*, 37(4), 889 (2005).

18. Ibragimova S.M., Romanova A.V., Myzgina G.Kh. The morphogenic potential of Siberian potato cultivars in tissue cultures, *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 22(3), 316-320 (2018). DOI: 10.18699/VJ18.366.

19. Valihanova G.ZH., Rahimbaev I.R. *Metodicheskoe rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po kul'ture tkanej rastenij* [Methodological guide to practical exercises in plant tissue culture] (Alma-Ata: KazGU, 1983, 152 p.).

Сведения об авторах:

Аникина И.Н. – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры биотехнологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Кусаинов А.А. – докторант кафедры биологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Жагипарова М.Е. – магистр биологии, старший преподаватель кафедры биотехнологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Инсебаева М.К. – магистр биологии, старший преподаватель кафедры биотехнологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Anikina I.N. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Biotechnology, Toraighyrov University, 64 Lomov Street, Pavlodar, Kazakhstan.

Kusainov A.A. – PhD student, Department of Biology, Toraighyrov University, 64 Lomov Street, Pavlodar, Kazakhstan.

Zhagiparova M.E. – Master of Biology, Senior Lecturer, Department of Biotechnology, Toraighyrov University, 64 Lomova Street, Pavlodar, Kazakhstan.

Insebayeva M.K. – Master of Biology, Senior Lecturer, Department of Biotechnology, Toraighyrov University, 64 Lomova Street, Pavlodar, Kazakhstan.