

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

---

---

УДК 635.21:631.531.02:581.192.7

## Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина

### Аннотация

Биотехнология картофеля *in vitro* нашла широкое применение в первичном семеноводстве данной культуры – в технологиях оздоровления, микроклонального размножения, депонирования сортовых коллекций *in vitro*, получении микроклубневого посадочного материала. В статье рассмотрено влияние кверцетина на рост и развитие микрорастений картофеля в условиях *in vitro*. В задачи исследования входило проведение морфологической оценки регенерантов картофеля на питательных средах различного минерального состава, а также изучение ответной реакции мериклонов картофеля на присутствие в питательной среде кверцетина. В качестве объекта использовали сорт картофеля «Ривера». Для изучения были выбраны питательные среды Мурасиге-Скуга (MS) Гамборга ( $\frac{1}{2}B_5$ ). В качестве стимулятора роста использовали кверцетин (100 мг/л). Применение фенольного соединения показало различную реакцию растений в зависимости от минерального состава питательной среды. Наличие биофлавоноида в питательной среде MS способствовало снижению высоты растений, а также длины корней у опытных растений. Размножение эксплантов на питательной среде  $B_5$  с внесением кверцетина позволило добиться мощной корневой системы. Количество корней первого порядка и их длина увеличилась относительно контроля на 12 и 5%. Использование кверцетина привело к снижению высоты побега за счет укорачивания междоузлий.

**Ключевые слова:** КАРТОФЕЛЬ, МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ, БИОФЛАВОНОИД, КВЕРЦЕТИН

---

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

## Введение

В практике микроклонального размножения хорошо изучено влияние биологически активных веществ синтетического происхождения, например 6-бензиладенин, тидиазурон и кинетин на морфологическое развитие растений [1]. Данные компоненты питательной среды необходимы для нормального развития растений и протекания в них различных биохимических реакций. Однако известен большой перечень веществ природного происхождения, использование которых позволяет преодолеть критические моменты и стрессовые воздействия в процессе воспроизводства [2].

Так, интерес представляет класс растительных полифенолов – биофлавоноиды, в том числе кверцетин. Кверцетин – особый подкласс флавоноидов. Это биологически активное соединение представляет собой гидроксипроизводные флавона пС<sub>6</sub>(кольцо А)-С<sub>3</sub>(кольцо С)-С<sub>6</sub>(кольцо В) [3].

Кверцетин облегчает некоторые физиологические процессы растений, такие как прорастание семян, рост пыльцы, антиоксидантные механизмы и фотосинтез, а также индуцирует правильный рост и развитие растений. Этот биофлавоноид является мощным антиоксидантом, поэтому он эффективно обеспечивает устойчивость растений к некоторым биотическим и абиотическим стрессам [4].

**Целью исследования** является изучение влияния кверцетина на рост и развитие картофеля в условиях *in vitro*.

## Задачи:

- провести морфо-физиологическую оценку регенерантов картофеля на питательных средах различного минерального состава;
- изучить ответную реакцию мериклонов картофеля на присутствие в питательной среде кверцетина.

## Материалы и методы

Объектом служил перспективный сорт картофеля отечественной селекции «Ривера». В качестве базовых питательных сред использовали среды с минеральным составом по прописи Мурасиге-Скуга (MS) [5], и Гамборга ( $\frac{1}{2}B_5$ ) [6]. В опыте, в качестве

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

стимулятора роста использовали кверцетин (100 мг/л). Контролем служила среда без гормонов. Растения культивировали при температуре  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  и освещенности 5000 люкс, фотопериод составил 16/8 часов (день/ночь).

Оценку роста и развития регенерантов проводили на 30 сутки. К этому моменту растения находились в заключительной фазе интенсивного роста. Характеристика морфофизиологических показателей включала: высоту стебля (см), количество междоузлий (шт.), количество корней (шт.) и их длину (см). Проводили оценку степени ветвления корней.

### Результаты исследований

Развитие регенерантов картофеля путём прямого морфогенеза и доля ризогенеза составили 100%. Использование безгормональных питательных сред с различным минеральным составом существенным образом не влияет на показатели высоты растений и количество закладываемых пазушных почек (табл. 1). Так высота стебля в контроле составляла 12,6 и 12,1 см на средах по прописи Мурасиге-Скуга и Гамборга, соответственно. Количество междоузлий варьировало от 3 до 5 шт., в среднем составляло 4.2 (MS) и 4.1 ( $\frac{1}{2} B_5$ ). Развитие корневой системы несколько отличалось. Так, показатель – количество корней, который зависит от доступности фосфора и калия, был существенно ниже на обедненной питательной среде  $\frac{1}{2} B_5$  и составлял 5,2 шт.

Таблица 1. Влияние кверцетина на морфогенез растений картофеля *in vitro*

Показатель	MS		$\frac{1}{2} B_5$		НСР <sub>0,05</sub>
	контроль	опыт	контроль	опыт	
Высота растения, см	12.6	11.1	12.1	9.8	0.58
Количество междоузлий, шт.	4.2	4.5	4.1	4.5	0.39
Длина корней, см	5.9	5.3	6.3	6.8	0.45
Количество корней, шт.	7.3	7.2	5.2	6.1	0.41

Использование кверцетина в качестве регулятора роста показало различную отзывчивость регенерантов, культивируемых на питательных средах MS и  $\frac{1}{2} B_5$ .

Так наличие биофлавоноида в питательной среде MS способствовало MS способствовало существенному снижению высоты растений (НСР<sub>0,05</sub> = 0.58), а также длины корней (НСР<sub>0,05</sub> = 0.45). Бедный минеральный состав  $\frac{1}{2} B_5$  и наличие кверцетина в

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

среде позволило получить регенеранты картофеля с более мощной корневой системой. Так мериклоны формировали корни первого порядка в количестве 6,1 шт. и длиной в среднем 6,8 см. Стоит отметить интенсивное развитие корней второго порядка и формирование на них волосков (рис.1).

Наличие фенольного соединения в питательной среде  $\frac{1}{2} B_5$  способствовало существенному увеличению количества междоузлий. Достоверное снижение ( $НСР_{0,05} = 0,58$ ) высоты растения с 12,1 (контроль) до 9,8 (опыт) см не способствовало изменению коэффициента размножения.

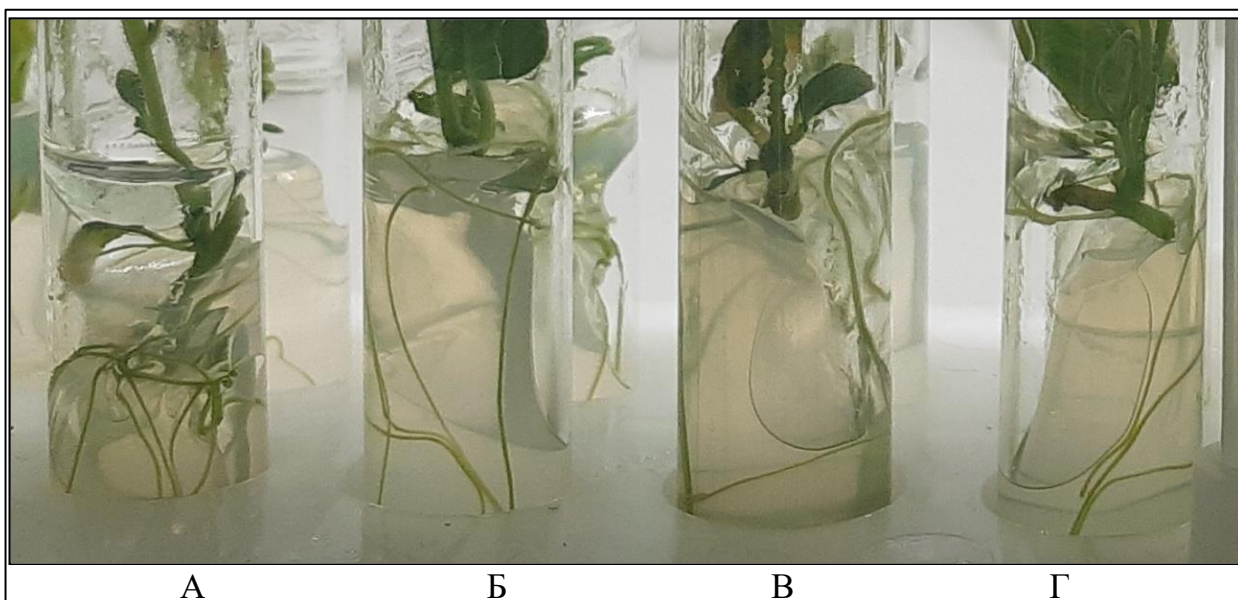


Рис. 1. Развитие корневой системы картофеля (*in vitro*): А – Питательная среда  $\frac{1}{2} B_5$  с кверцетином (опыт); Б – Питательная среда MS без гормонов (контроль); В – Питательная среда MS с кверцетином (опыт); Г – Питательная среда  $\frac{1}{2} B_5$  без гормонов (контроль)

Таким образом, растения, которые регенерировали на среде  $\frac{1}{2} B_5$  с добавлением кверцетина в качестве регулятора роста, формировали максимальное число пазушных почек (4,5 шт.), крепкий, невысокий стебель (9,8 см). Листовая пластина крупная, темно-зеленого цвета, что говорит о качестве фотосинтетического аппарата. У регенерантов хорошо развитая корневая система с корнями первого и второго порядка длиной 6,8 см (рис. 2).

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

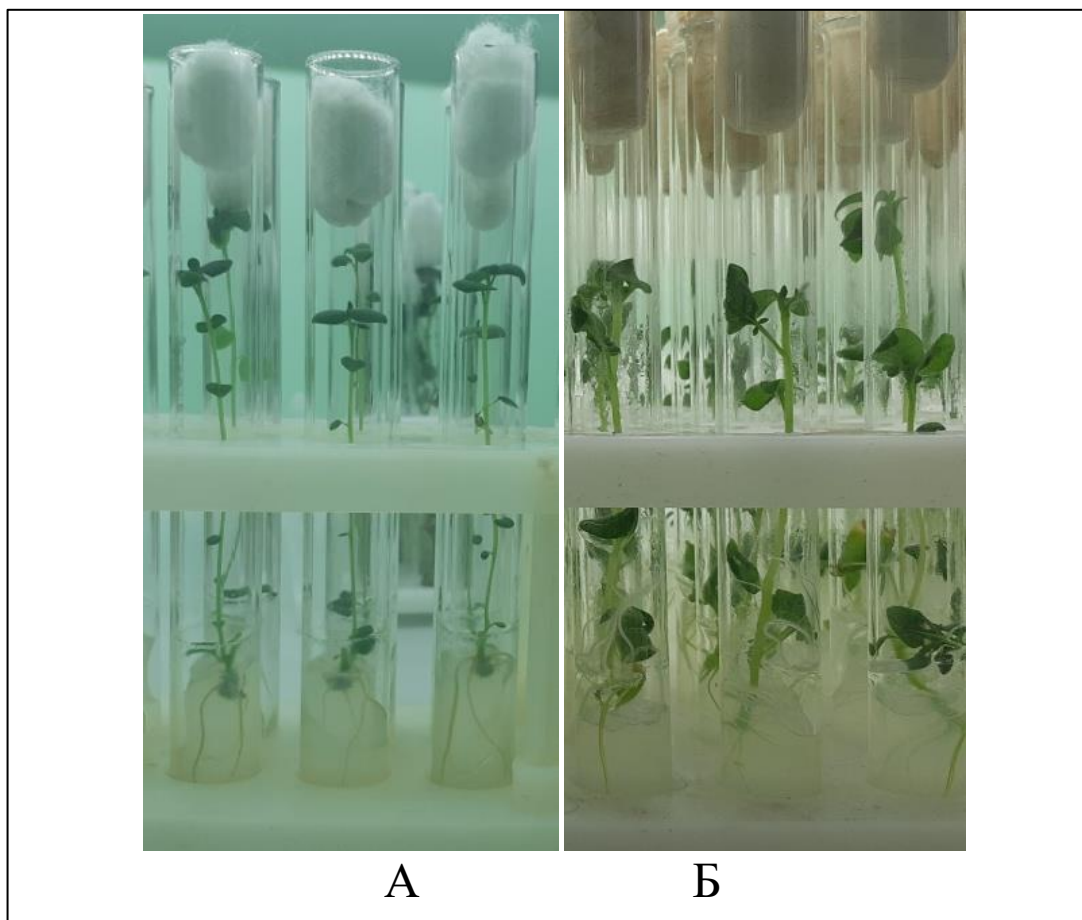


Рис. 2. Внешний вид регенерантов картофеля (*in vitro*): А – Питательная среда  $\frac{1}{2}$  В<sub>5</sub> без гормонов (контроль); Б – Питательная среда  $\frac{1}{2}$  В<sub>5</sub> с кверцетином (опыт)

Данный морфотип растений хорошо проходит этап адаптации к условиям *ex vitro*, как в условиях теплицы, так и на гидропонных установках.

Среди биологически активных соединений растений лидирующее место по распространенности принадлежит флавоноидам. Они всегда присутствуют в растениях, но в разных количествах. Существует много информации о влиянии эндогенно синтезируемой группы флавоноидов на физиологическое состояние растений. Так, выделяют основные функции флавоноидов в растительном организме: участие в окислительно-восстановительных процессах, в качестве сигнальных молекул и антистрессовых агентов, а также выступают в роли аттрактантов [3, 7–11].

Однако использование для растений экзогенных флавоноидов носит спорный характер [4]. Флавоноиды вовлечены во множество важных процессов, связанных с прорастанием, ростом, опылением и размножением растений [12, 13]. Контроль роста

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

растений зависит от правильного распределения гормонов. Темп роста растения и развитие его отдельных органов контролируется гормонами ауксиновой группы, как правило, индолил-3-уксусной кислотой – ИУК. Флавоноиды являются, в свою очередь, регуляторами ауксинового обмена. Их группы, в зависимости от строения, могут действовать на обмен и функции ауксинов противоположным образом. Так, флавоноиды с *o*-гидроксильной группой в ядре В (кверцетин, мирицетин, лютеолин) являются синергистами ауксина. За счет ингибирования ИУК-оксидазы происходит стимуляция роста растения. Другая группа флавоноидов – апигенин, нарингенин, нарингин с *n*-гидроксилами в ядре В как кофакторы ИУК-оксидазы обладают свойствами антагонистов ИУК, тем самым, ингибируя рост [3, 14–16].

Кверцетин является мощным флавоноидом с разнообразными функциями. Поддерживает баланс концентрации АФК и перекисного окисления липидов, а так же усиливает некоторые физиологические функции, повышая устойчивость к абиотическому и биотическому стрессу.

При использовании кверцетина в культуре *in vitro* за счет регуляции транспорта ауксинов изменяется модель роста растений [17, 18]. Эксперимент Francoetal (2015), показал, что происходит подавление роста главного корня на питательных средах с добавлением кверцетина. В то же время происходит развитие боковых корней. Применение данного флавоноида изменяло морфологию клеток корня. Так, за счет увеличения лигнификации утолщались клеточные стенки паренхимы и кортикальный клеточный слой [19].

Позже, ученые в своих исследованиях подтвердили способность кверцетина модулировать рост корней за счет ограничения пролиферации клеток в области меристемы корня и усиления роста клеток растяжением. Помимо этого, доказано влияние флавоноидов на изменение геотропизма корня за счет ингибирования транспорта ауксинов [16, 20–22].

### **Выводы**

Использование природного биологически активного вещества группы флавоноидов кверцетина подтвердило его регуляторную активность по отношению к морфогенезу регенерантов картофеля *in vitro*.

Попова А.Ю., Гагарина И.Н.

Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro*

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Морфо-физиологическая оценка показала различную отзывчивость растений на присутствие в питательной среде компонентов макроэлементов. Выявлена зависимость действия кверцетина в концентрации 100 мг/л от минерального состава питательной среды. Так, культивирование растений картофеля на питательной среде ½ В5 совместно с кверцетином позволило получить растения с мощной корневой системой. Количество корней первого порядка и их длина увеличилась относительно контроля на 12 и 5 %, соответственно.

#### Список использованных источников

1. Krasinskaya T.A. and Zmushko A.A. 2018 Morphogenesis of grape microplants in *in vitro* culture using biologically active substances of synthetic origin *Journal of the Belarusian State University. Biology* (2) 95-104.
2. Gagarina I.N., Borodin D.B., Gneusheva I.A., Gorkova I.V., Solokhina I.Yu., Kostromicheva E.V., Lushnikov A.V., Yakovleva I.V. and Ageeva N.Yu. 2018 Agrobiological substantiation of the technology of growing vegetable products using biological means of protection (Oryol: Orlov. State Agrarian University).
3. Makarenko O.A., and Levitskiy A.P. 2013 Physiological functions of flavanoids in plants *Physiology and biochemistry of cultivated plants* 45 (2) 100-11.
4. Singh P., Arif Y., Bajguz A. and Hayat Sh. 2021 The role of quercetin in plants *Authorea* February 11; DOI: [10.22541/au.161306959.99455794/v1](https://doi.org/10.22541/au.161306959.99455794/v1)
5. Murashige T. and Skoog F. 1962 A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures *Physiologia Plantarum* 15(3) 473-497; DOI: [10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052](https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052)
6. Gamborg O.L. and Eveleigh D.E. 1968 Culture methods and detection of glucanases in cultures of wheat and barley *Can. J. Biochem.* 46(5) 417-421.
7. Brunetti C., Fini A., Sebastiani F., Gori A. and Tattini M. 2018 Modulation of Phytohormone Signaling: A Primary Function of Flavonoids in Plant – Environment Interactions *Front. Plant Sci.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01042>.
8. Tattini M., Loreto F., Fini A., Guidi L., Brunetti C. and Velikova V. 2015 Isoprenoids and phenylpropanoids are part of the antioxidant defense orchestrated daily by drought-stressed *Platanus x acerifolia* plants during Mediterranean summers *New Phytol.* 37 1950-64; DOI: [10.1111/nph.13380](https://doi.org/10.1111/nph.13380)
9. Agati G., Azzarello E., Pollastri S. and Tattini M. 2012 Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance *Plant Sci.* 196 67-76; DOI: [10.1016/j.plantsci.2012.07.014](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2012.07.014)

10. Asensi-Fabado M.A. and Munné-Bosch S. 2010 Vitamins in plants: occurrence, biosynthesis and antioxidant function *Trends Plant Sci.* 15582-92; DOI: [10.1016/j.tplants.2010.07.003](https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.07.003)
11. Potters G., Pasternak T.P., Guisez Y. and Jansen M.A.K. 2009 Different stresses, similar morphogenic responses: integrating a plethora of pathways *Plant Cell Environ* 32158-69; DOI: [10.1111/j.1365-3040.2008.01908.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01908.x)
12. Grotewold E. 2006 *The Science of flavonoids* (New York: Springer Science)
13. Gao H.J. and Yang H.Q. 2011 Nitric oxide effect on root architecture development in *Malus* seedlings *Plant, Soil and Environment* 57(9) 418-22; DOI: <https://doi.org/10.17221/209/2011-pse>
14. Palme K. and Gälweiler L. 1999 PIN-pointing the molecular basis of auxin transport *Curr Opin Plant Biol.* 2375-81.
15. Rashotte A., Brady S., Reed R., Ante S. and Muday G. 2000 Basipetal auxin transport is required for gravitropism in roots of *Arabidopsis* *Plant Physiol.* 122481-90.
16. Brown D.E., Rashotte A.M., Murphy A.S., Normanly J., Tague B.W., Peer W.A., Taiz L. and Muday G.K. 2001 Flavonoids Act as Negative Regulators of Auxin Transport *in Vivo* in *Arabidopsis* *Plant Physiol.* 126(2) 524-35; DOI: [10.1104/pp.126.2.524](https://doi.org/10.1104/pp.126.2.524)
17. Buer C S and Djordjevic M A 2009 Architectural phenotypes in the *transparent* testamutants of *Arabidopsis thaliana* *J. Exp. Bot.* 60751-63 DOI: 10.1093/jxb/ern323
18. Jansen M.A.K. 2002 Ultraviolet-B-radiation on plants: induction of morphogenic responses *Physiol. Plant* 116 423-39; DOI: [10.1034/j.1399-3054.2002.1160319.x](https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1160319.x)
19. Franco D.M., Silva E.M., Saldanha L.L., Adachi S.A., Schley T.R., Rodrigues T.M. and Rolim de Almeida L.F. 2015 Flavonoids modify root growth and modulate expression of SHORT-ROOT and HD-ZIP III *Journal of Plant Physiology* 18889-95; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.09.009>
20. Maloney G.S., DiNapoli K.T. and Muday G.K. 2014 The *anthocyanin reduced* Tomato Mutant Demonstrates the Role of Flavonols in Tomato Lateral Root and Root Hair Development *Plant Physiology* 166(2) 614-31; DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.240507>
21. Tohge T. and Fernie A.R. 2016 Specialized metabolites of the flavonol class mediate root phototropism and growth *Molecular Plant* 9(12) 1554-55; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molp.2016.10.019>.
22. Adamowski M. and Friml J. 2015 PIN-dependent auxin transport: action, regulation, and evolution *Plant Cell* 27 20-32; DOI: [10.1105/tpc.114.134874](https://doi.org/10.1105/tpc.114.134874)

**Цитирование:**

Попова А.Ю., Гагарина И.Н. Влияние кверцетина на регенерацию микрорастений картофеля в условиях *in vitro* [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 4. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st\\_430.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st_430.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202124430>.