

УДК 579.69

UDC 579.69

03.00.00 Биологические науки

Biological Sciences

**СОСТАВ КОРНЕВЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ  
ЛЮЦЕРНЫ, ПШЕНИЦЫ И РЕДИСА И ИХ  
ВЛИЯНИЕ НА ПРИРОСТ БИОМАССЫ  
*RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* ВКМ АС-  
2017D****THE COMPOSITION OF ALFALFA, WHEAT  
AND RADISH ROOT EXUDATES AND THEIR  
IMPACT ON *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS*  
RCM AC-2017D BIOMASS GROWTH**Отрошко Дмитрий Николаевич  
SPIN-код: 9673-3409, аспирантOtroshko Dmitriy Nikolaevich  
RSCI SPIN-code: 9673-3409, postgraduateВолченко Никита Николаевич  
SPIN-код: 4362-0193, к.б.н.Volchenko Nikita Nikolaevich  
RSCI SPIN-code: 4362-0193, Cand. Biol. Sci.Самков Андрей Александрович  
SPIN-код: 5056-2186, к.б.н.Samkov Andrey Alexandrovich  
RSCI SPIN-code: 5056-2186, Cand. Biol. Sci.Худокормов Александр Александрович  
SPIN-код: 1081-9535, к.б.н.  
*Кубанский государственный университет,  
Краснодар, Россия  
350040, Краснодар, ул. Ставропольская, 149,  
e-mail: [otroshko\\_dmitrii@mail.ru](mailto:otroshko_dmitrii@mail.ru)*Khudokormov Alexandr Alexandrovich  
RSCI SPIN-code: 1081-9535, Cand. Biol. Sci.  
*Kuban state university, Krasnodar, Russia  
350040, Krasnodar, Stavropolskaya str., 149,  
e-mail: [otroshko\\_dmitrii@mail.ru](mailto:otroshko_dmitrii@mail.ru)*

В ходе анализа корневых экссудатов люцерны, пшеницы и редиса было обнаружено 12 различных белокобразующих аминокислот. Также было идентифицировано 5 органических кислот. При росте *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017D на корневых выделениях исследуемых растений максимальный титр микроорганизмов наблюдался в варианте с экссудатами пшеницы в качестве единственных источников углерода и энергии

In root exudates of alfalfa, wheat and radish we have found 12 amino acids. As well as 5 organic acids were identified. In the variant with exudates of wheat as the sole source of carbon and energy maximum titer of microorganism *Rhodococcus erythropolis* RCM Ac-2017D were observed

Ключевые слова: КОРНЕВЫЕ ЭКССУДАТЫ, НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ, РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, КАПИЛЛЯРНЫЙ ЭЛЕКТРОФОРЕЗ

Keywords: ROOT EXUDATES, OIL-DEGRADING BACTERIA, PLANT-MICROBE INTERACTION, CAPILLARY ELECTROPHORESIS

В течение последних десятилетий наблюдается повышенный интерес к процессам, протекающим в области ризосферы [1]. При этом особый интерес представляют взаимоотношения высших растений с представителями почвенной микробиоты [2]. На формирование этих взаимодействий большое значение оказывают различные химические вещества, которые выделяют как микроорганизмы, так и корни растений. В итоге могут формироваться положительные [3] или отрицательные взаимоотношения [4].

К основным механизмам положительного действия микроорганизмов на высшие растения относятся: фиксация атмосферного азота симбиотическими и свободноживущими азотфиксирующими бактериями [5]; мобилизация недоступных для питания растений солей фосфатов [6]; стимуляция роста и развития растений (например, синтез фитогормонов бактериями) [7]; подавление развития фитопатогенов [8].

С практической точки зрения интерес представляют положительные взаимоотношения в условиях массированного загрязнения окружающей среды ксенобиотиками. При этом партнеры подбираются таким образом, чтобы наблюдался не только эффект взаимной стимуляции, но происходил процесс очистки загрязненной нефтью территории. При таком подходе реализуется технология ризодеградации [9]. Принцип данной технологии состоит в том, что окисление токсичных соединений осуществляется микроорганизмами, которые обитают в ризосфере, а растение увеличивает эффективность работы ризосферной микрофлоры за счет биологически активных корневых выделений [10].

Целью данного исследования было изучить состав и концентрацию аминокислот и органических кислот в корневых выделениях и их влияние на прирост биомассы *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017D.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлся коллекционный штамм нефтеокисляющего микроорганизма *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017D, выделенный сотрудниками кафедры генетики, микробиологии и биотехнологии Кубанского государственного университета. Для сбора корневых выделений использовались следующие виды растений: люцерна посевная *Medicago sativa*, редис посевной *Raphanus sativus* и пшеница твердая *Triticum durum*.

Семена растений люцерны, редиса и пшеницы промывали в мыльном

растворе, отмывали от оставшихся на поверхности остатков мыльного раствора, а после проращивали в темноте на влажной марле при температуре 37°C в термостате Binder BD 23 (Германия) в течение 2 часов.

Пророщенные семена помещали в раствор этилового спирта и пероксида водорода в соотношении 1:1 в течение 3 минут. Далее семена трехкратно промывались в стерильной дистиллированной воде [11].

Обработанные семена помещались в систему (рис.1) с жидкой питательной средой для роста растений следующего состава, (г/л):  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  – 0,33;  $\text{MgSO}_4$  – 0,11;  $\text{KNO}_3$  – 0,06;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,06; и раствор микроэлементов. Объем питательного раствора составлял 50 мл на одну колбу. После семена проращивались в течение 14 суток в климатостате КС–200 (Россия) с световым периодом день/ночь (16/8 часов соответственно). Образцы корневых выделений концентрировались при температуре 45°C до объема 5 мл.

Анализ экссудатов проводили в Северо–Кавказском зональном научно-исследовательском институте садоводства и виноградарства (ФГБНУ СКЗНИИСиВ). Для определения содержания свободных аминокислот и органических кислот в корневых выделениях использовали метод капиллярного электрофореза. Анализ проводили на системе Капель–104 РТ (Россия) с ультрафиолетовым детектором с длиной волны 254 нм с кварцевым капилляром, эффективной длиной 0,5 м. и внутренним диаметром  $75 \times 10^{-6}$  м. Электролитом являлся бензимидазол [12].

При помощи программного обеспечения МультиХром рассчитывали массовую концентрацию соединений, которые входили в состав раствора, по полученным на электрофореграмме пикам.

Культивирование микроорганизмов проводили в жидкой минеральной среде. В качестве единственных источников углерода и энергии выступали нативные корневые экссудаты. Выделения корней растений получали, выращивая их на питательной среде следующего

состава (г/л):  $\text{KNO}_3$  – 4;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  – 1,4;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,4;  $\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  – 0,8 [13].

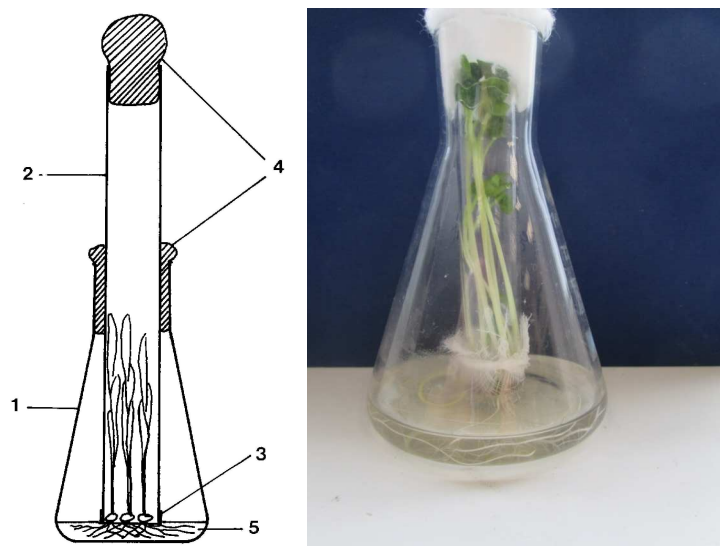


Рисунок 1. Экспериментальная система для сбора корневых экссудатов: 1 – Колба Эрленмейера на 500 мл; 2 – стеклянная трубка 3 – марля; 4 – вата; 5 – питательная среда для роста растений

Растения выращивались в течение 14 суток в климатостате КС–200 (Россия), после чего полученная суспензия автоклавировалась при 0,5 атм. На полученных корневых выделениях производили культивирование микроорганизмов в течение 4 суток на орбитальном шейкере Biosan PSU–20i (Латвия) при температуре 25 °С. Контролем являлась минеральная среда с сахарозой в качестве единственного источника углерода. Для учета титра микроорганизмов производили посев на питательный агар методом Коха.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Всего было идентифицировано в питательной среде роста выбранных растений до 12 различных аминокислот, данные о концентрациях которых представлены в таблице 1. Суммарное их содержание в корневых выделениях редиса составило 4,3 мг/л, люцерны –

9,8 мг/л, пшеницы – 14,9 мг/л.

Таблица 7. Концентрации аминокислот в корневых экссудатах растений:  
А) – редиса, Б) – пшеницы, В) – люцерны

Название аминокислоты	Концентрация, мг/л
аргинин	1,5428
пролин	0,8087
треонин	0,3792
лейцин	0,3603
метионин	0,3119
серин	0,2404
глицин	0,1588
гистидин	0,1403
аланин	0,1215
тирозин	0,1098
валин	0,0796
фенилаланин	0,0274

А)

Название аминокислоты	Концентрация, мг/л
метионин	3,3618
треонин	2,5141
тирозин	1,8522
аргинин	1,8315
пролин	1,7395
гистидин	1,3173
валин	0,7797
фенилаланин	0,7662
глицин	0,398
лейцин	0,2242
серин	0,073

Б)

Название аминокислоты	Концентрация, мг/л
метионин	2,6411
пролин	1,718
валин	1,6516
лейцин	1,3573
тирозин	0,6645
аргинин	0,6142
фенилаланин	0,3737
глицин	0,3679
аланин	0,1642
серин	0,1383
гистидин	0,0727
треонин	0,0201

В)

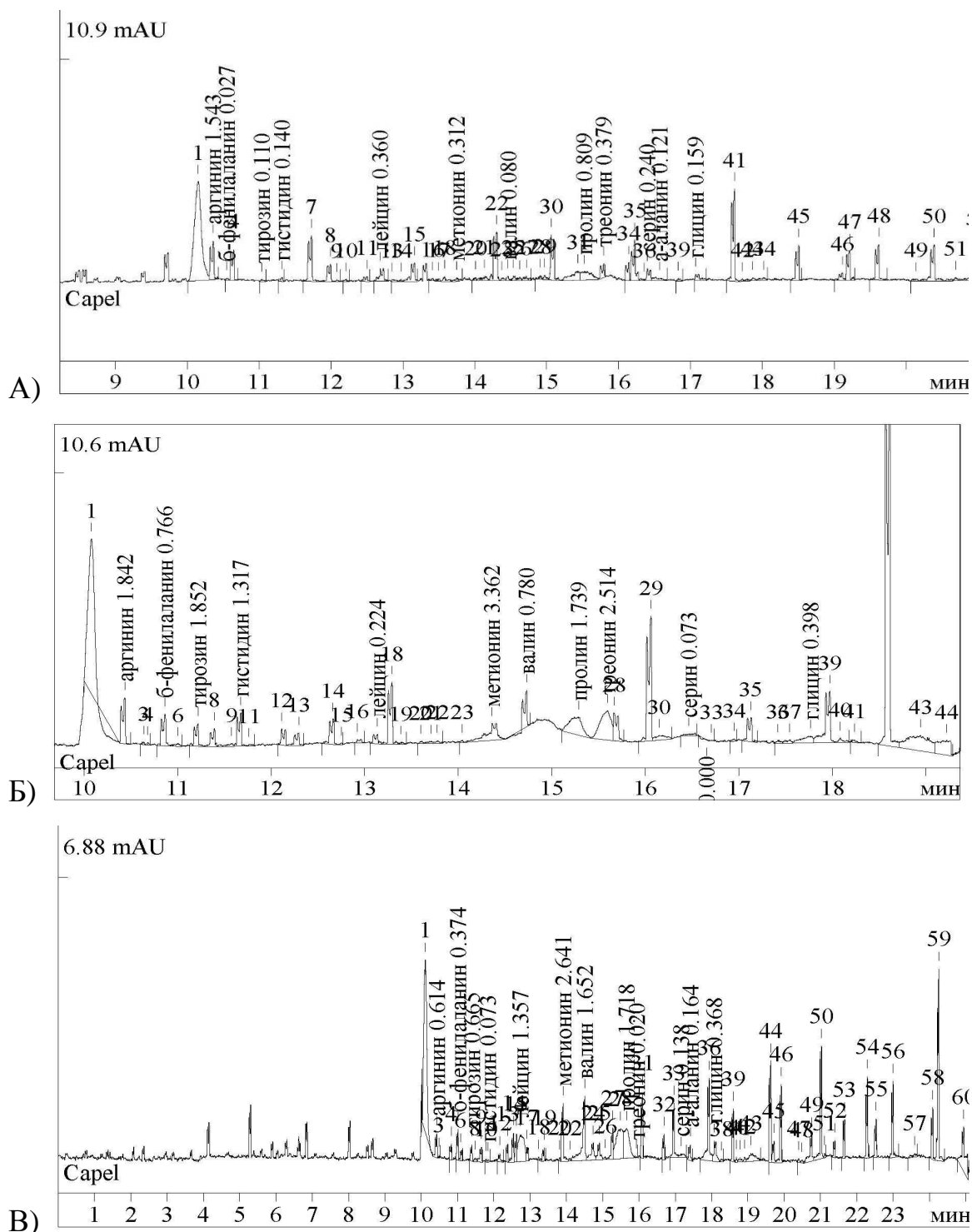


Рисунок 2. Электрофореграммы корневых экссудатов растений на наличие аминокислот: А) – редиса, Б) – пшеницы, В) – люцерны

У редиса количественно доминирующими аминокислотами были аргинин, пролин и треонин (рис. 2А). Наибольшая концентрация выявлена у аргинина, составив 1,5 мг/л среды. Характерно, что не был обнаружен триптофан, хотя по некоторым литературным данным редис способен

синтезировать значительные его количества [14].

В экссудатах пшеницы доминировали метионин (3,4 мг/л), треонин (2,5 мг/л), тирозин (1,9 мг/л) и аргинин (1,8 мг/л) (рис.2Б). В литературных источниках отмечалось, что в составе корневых выделений пшеницы может быть обнаружено до 16 протеиногенных аминокислот, с доминированием у аспарагиновой кислоты [15].

В экссудатах люцерны максимальные концентрации имели метионин (2,6 мг/л), пролин (1,7 мг/л), валин (1,7 мг/л), лейцин (1,4 мг/л) (рис.2В).

В жизни растения органические кислоты выполняют ряд важных функций. Они способствуют растворению недоступных форм минеральных соединений, служат в качестве хемоаттрактантов для некоторых физиологических групп микроорганизмов и позволяют растению пережить стрессовые условия [16].

Во всех анализируемых образцах встречались лимонная и молочная кислоты (рис.3, А-Б). Суммарная концентрация органических кислот составляла – 55,9 мг/л для люцерны, 56,9 мг/л для редиса и 99,7 мг/л для пшеницы. В растворе корневых выделений пшеницы была обнаружена янтарная (1,4 мг/л), яблочная (2,6 мг/л), уксусная (14,2 мг/л), лимонная (37,5 мг/л) и молочная кислоты (44,0 мг/л) (Рис. 3, А).

В корневых выделениях пшеницы, люцерны и редиса максимальную концентрацию имела молочная кислота, которая составила 44,0 мг/л, 48,7 мг/л и 33,3 мг/л соответственно. Значительные концентрации данной органической кислоты обычно связаны с недостатком кислорода в окружающем корню пространстве. Также она является потенциально опасной для метаболизма растительных клеток, поэтому некоторые растения стремятся выделить ее в ризосферу, чтобы избежать накопления в цитоплазме [17].

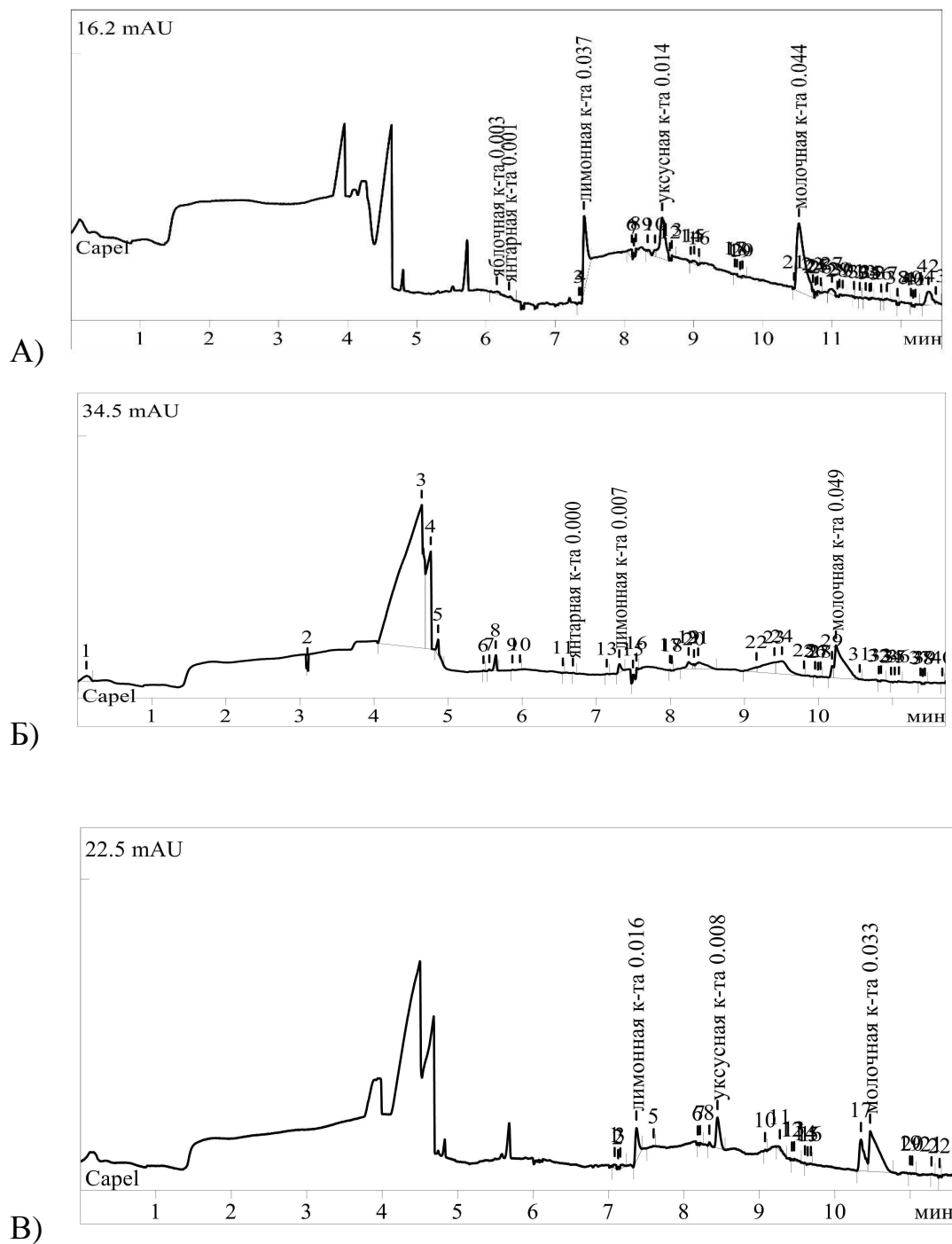


Рисунок 3. Электрофореграммы корневых экссудатов растений на наличие органических кислот: А) – пшеница, Б) – люцерна, В) – редис

Лимонная кислота является вторым соединением в растворах всех исследуемых растений. Функцию данной кислоты сводят обычно к обеспечению растения необходимыми минеральными солями. Однако, некоторые исследователи также отмечают, что лимонная кислота



увеличивает биодоступность некоторых органических поллютантов [18].

Различия между полученными и литературными данными по составу аминокислот и органических кислот можно объяснить следующим. Огромную роль на количество и состав корневых выделений играет питательная среда. На наличие или отсутствие того или иного неорганического соединения происходит усиление корневой экссудации. Кроме того, такие факторы внешней среды, как свет, температура и влажность влияют на процесс выделения корневых экссудатов.

Определяемые в растворах корневых выделений классы органических соединений могут оказывать влияние на численность микроорганизмов, обитающих в корневой зоне. Поэтому дальнейшим этапом являлось исследование влияния нативных корневых экссудатов на рост штамма нефтеокисляющей бактерии *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас–2017D. В предыдущих лабораторных и полевых экспериментах было показано, что данный микроорганизм является эффективным в биоремедиации загрязненных нефтью территорий [19]. Также было показано, что *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас–2017D способен к синтезу фитогормона индолил-3-уксусной кислоты при наличии в среде триптофана в качестве предшественника в биосинтезе [20].

При культивировании бактерий на экссудатах пшеницы наблюдался максимальный прирост биомассы. Концентрация клеток составила  $2,2 \times 10^7$  КОЕ/мл (рис.4). В работах, которые были выполнены ранее, было показано, что стимулирующий эффект на рост *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас–2017D оказывали аминокислоты. Они вносились в среду в качестве дополнительных источников азота [21]. В экссудатах пшеницы присутствовала значительная концентрация органических соединений (аминокислот, органических кислот), которые могут использоваться бактериями в качестве источников азота, углерода и энергии.

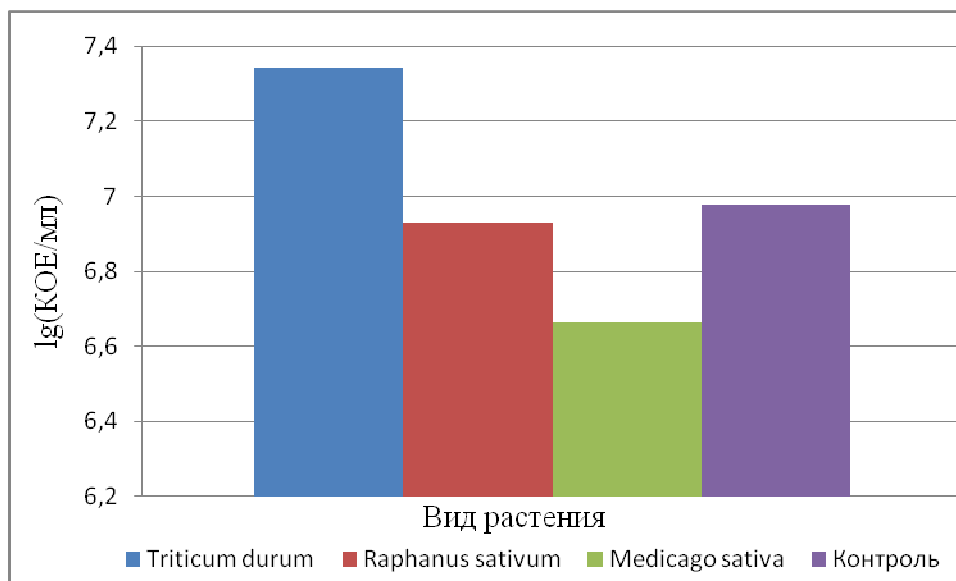


Рисунок 4. Логарифм количества клеток микроорганизмов, выращенных на различных вариантах корневых экссудатов.

В случае с корневыми экссудатами редиса и люцерны количество микроорганизмов в культуральной жидкости составляло  $8,5 \times 10^6$  и  $4,6 \times 10^6$  КОЕ/мл. Численность микроорганизмов в контрольном варианте составляла  $9,5 \times 10^6$  КОЕ/мл.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенной работы показано, что исследованные растения (фиторемедианты, агрокультуры, тест-растения) способны к продукции в составе корневых экссудатов широкого круга органических веществ. Нами было идентифицировано 12 аминокислот и 5 органических кислот. Обнаружен факт активного роста штамма микроорганизма *Rhodococcus erythropolis* ВКМ Ас-2017D в питательной среде, в которой в качестве источников углерода и энергии выступали корневые выделения. Ярko выраженный рост-стимулирующий эффект оказывали экссудаты пшеницы относительно контрольного варианта эксперимента. Полученные результаты могут послужить для лучшего понимания механизмов взаимодействия растений и микроорганизмов, не являющихся их классическими симбионтами. А также для прикладного

<http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/20.pdf>

применения в области фиторемедиации загрязненных почв.

За проведенный химический анализ корневых выделений хотим выразить благодарность заведующему приборно–аналитическим центром коллективного пользования ФГБНУ СКЗНИИСиВ, кандидату технических наук, доценту Якубе Юрию Федоровичу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизм образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов (обзор) / Шапошников А.И. и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 16-21.
2. Plant–microbe interactions: novel applications for exploitation in multipurpose remediation technologies / Abhilash P. C. [et al.] // Trends in biotechnology. – 2012. – Vol. 30. – №. 8. – P. 416-420.
3. Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth / Gunes A. et al // Research journal of soil biology. – 2015. – Vol.7. – №2. – P. 28-45.
4. Faure D., Vereecke D., Leveau J.H.J. Molecular communication in the rhizosphere // Plant and soil. – 2009. – Vol. 321. – № 1-2. – P. 279-303.
5. Артамонова М.И., Потатурина-Нестерова Н.И., Беззубенкова О.Е. Роль бактериальных симбионтов в растительно-микробных ассоциациях // Вестник Башкирского университета. – 2014. – Т.19. – № 1. – С. 81-84.
6. Phosphate-solubilizing and mineralizing abilities of bacteria isolated from soils / Guang-Can T.A.O. [et al.] // Pedosphere. – 2008. – Vol.18. – № 4. – P. 515-523.
7. Кудоярова Г.Р., Курдиш И.К., Мелентьев А.И. Образование фитогормонов почвенными и ризосферными бактериями как фактор стимуляции роста растений // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2011. – №3-4. – С. 5-16.
8. Кремнева О.Ю., Асатурова А.М., Волкова Г.В. Отбор штаммов продуцентов, проявляющих антагонизм в отношении возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы // Биотехнология. – 2013. – №5. – С. 54-59.
9. Rhizoremediation: a beneficial plant-microbe interaction / Kuiper I. [et al.] // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 2004. – Vol. 17. – №. 1. – P. 6-15.
10. Bertin C., Yang X., Weston L. The role of the root exudates and allelochemicals in the rhizosphere // Plant and soil. – 2003. – Vol.256. – P. 67-83.
11. Возняковская Ю.М. Микрофлора растений и урожай. Л.: «Колос», 1969, 240 с.
12. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» / СПб.: ООО «Веда». – 2006. – 212 с.
13. Практикум по микробиологии / Под ред. Нетрусова А.И. // М.: «Академия», 2005, 608 с.
14. Роль триптофана в корневых экзосометаболитах для фитостимулирующей активности ризобактерий / Кравченко Л.В. [и др.] // Микробиология. – 2004. – Т.73. – №2. – С. 195-198.
15. Состав корневых экзосометаболитов мягкой пшеницы и томата, влияющих на растительно-микробные взаимодействия / Кравченко Л.В. [и др.] // Физиология растений. – 2011. – Т. 58. – №. 5. – С. 781-786
16. Jones D. Organic acids in the rhizosphere – a critical review // Plant and soil. – 1998. – Vol. 205. – № 1. – P. 25-44.

17. Xia J.H., Roberts J.K.M. Improved cytoplasmic pH regulation, increased lactate efflux, and reduced cytoplasmic lactate levels are biochemical traits expressed in root tips of whole maize seedlings acclimated to a low-oxygen environment // *Plant Physiology*. – 1994. – Vol. 105. – № 2. – P.651-657.
18. Mobilization of soil organic matter by complexing agents and implication for polycyclic aromatic hydrocarbon desorption / Yang Y. [et al.] // *Chemosphere*. – 2001. – Vol.43. – № 8. – P. 1013-1021.
19. Биоремедиация черноземной почвы, загрязненной нефтью / Карасева Э.В. [и др.] // *Биотехнология*. – 2005. – № 2. – С.67-72.
20. Отрошко Д.Н., Шерemet В.В., Волченко Н.Н., Способность представителей рода *Rhodococcus* к синтезу гетероауксина как потенциал для создания растительно-микробных ассоциаций // *Современные проблемы физиологии, экологии и биотехнологии микроорганизмов: материалы всероссийского симпозиума с международным участием, Москва, 2014, с. 177.*
21. Влияние некоторых аминокислот на рост *Rhodococcus erythropolis* B2 / Отрошко Д.Н. [и др.] // *Молодой ученый*. – № 9.2 (89.2). – май. – 2015. – С.50-51.

#### References

1. Vzaimodejstvie rizosfernyh bakterij s rastenijami: mehanizm obrazovaniya i faktory jeffektivnosti asociativnyh simbiozov (obzor) / Shaposhnikov A.I. i dr. // *Sel'skohozjajstvennaja biologija*. – 2011. – № 3. – S. 16-21.
2. Plant-microbe interactions: novel applications for exploitation in multipurpose remediation technologies / Abhilash P. C. [et al.] // *Trends in biotechnology*. – 2012. – Vol. 30. – №. 8. – P. 416-420.
3. Fertilizer efficiency of some plant growth promoting rhizobacteria for plant growth / Gunes A. et al // *Research journal of soil biology*. – 2015. – Vol.7. – №2. – P. 28-45.
4. Faure D., Vereecke D., Leveau J.H.J. Molecular communication in the rhizosphere // *Plant and soil*. – 2009. – Vol. 321. – № 1-2. – P. 279-303.
5. Artamonova M.I., Potaturina-Nesterova N.I., Bezzubenkova O.E. Rol' bakterial'nyh simbiotov v rastitel'no-mikrobnnyh asociacijah // *Vestnik Bashkirskogo universiteta*. – 2014. – T.19. – № 1. – S. 81-84.
6. Phosphate-solubilizing and mineralizing abilities of bacteria isolated from soils / Guang-Can T.A.O. [et al.] // *Pedosphere*. – 2008. – Vol.18. – № 4. – P. 515-523.
7. Kudojarova G.R., Kurdish I.K., Melent'ev A.I. Obrazovanie fitogormonov pochvennymi i rizosfernymi bakterijami kak faktor stimuljacji rosta rastenij // *Izvestija Ufimskogo nauchnogo centra RAN*. – 2011. – №3-4. – S. 5-16.
8. Kremneva O.Ju., Asaturova A.M., Volkova G.V. Otbor shtammov producentov, projavljajushhijh antagonizm v otnoshenii vzbuditelja zheltoj pjatnistosti list'ev pshenicy // *Biotehnologija*. – 2013. – №5. – S. 54-59.
9. Rhizoremediation: a beneficial plant-microbe interaction / Kuiper I. [et al.] // *Molecular Plant-Microbe Interactions*. – 2004. – Vol. 17. – №. 1. – P. 6-15.
10. Bertin C., Yang X., Weston L. The role of the root exudates and allelochemicals in the rhizosphere // *Plant and soil*. – 2003. – Vol.256. – P. 67-83.
11. Voznjakovskaja Ju.M. Mikroflora rastenij i urozhaj. L.: «Kolos», 1969, 240 s.
12. Komarova N.V., Kamencev Ja.S. Prakticheskoe rukovodstvo po ispol'zovaniju sistem kapilljarnogo jelektroforeza «KAPEL» / SPb.: ООО «Veda». – 2006. – 212 s.
13. Praktikum po mikrobiologii / Pod red. Netrusova A.I. // M.: «Akademija», 2005, 608 s.
14. Rol' triptofana v kornevyh jekzometabolitah dlja fitostimulirujushhej aktivnosti rizobakterij / Kravchenko L.V. [i dr.] // *Mikrobiologija*. – 2004. – T.73. – №2. – S. 195-198.
15. Sostav kornevyh jekzometabolitov mjangkoj pshenicy i tomata, vlijajushhijh na rastitel'no-

- mikrobnye vzaimodejstvija / Kravchenko L.V. [i dr.] // Fiziologija rastenij. – 2011. – T. 58. – №. 5. – S. 781-786
16. Jones D. Organic acids in the rhizosphere – a critical review // Plant and soil. – 1998. – Vol. 205. – № 1. – P. 25-44.
17. Xia J.H., Roberts J.K.M. Improved cytoplasmic pH regulation, increased lactate efflux, and reduced cytoplasmic lactate levels are biochemical traits expressed in root tips of whole maize seedlings acclimated to a low-oxygen environment // Plant Physiology. – 1994. – Vol. 105. – № 2. – P.651-657.
18. Mobilization of soil organic matter by complexing agents and implication for polycyclic aromatic hydrocarbon desorption / Yang Y. [et al.] // Chemosphere. – 2001. – Vol.43. – № 8. – P. 1013-1021.
19. Bioremediacija chernozemnoj pochvy, zagrijaznennoj neft'ju / Karaseva Je.V. [i dr.] // Biotehnologija. – 2005. – № 2. – S.67-72.
20. Otroshko D.N., Sheremet V.V., Volchenko N.N., Sposobnost' predstavitelej roda *Rhodococcus* k sintezu geteroauksina kak potencial dlja sozdaniya rastitel'no-mikrobnih asociacij // Sovremennye problemy fiziologii, jekologii i biotehnologii mikroorganizmov: materialy vserossijskogo simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem, Moskva, 2014, s. 177.
21. Vlijanie nekotoryh aminokislot na rost *Rhodococcus erythropolis* B2 / Otroshko D.N. [i dr.] // Molodoj uchenyj. – № 9.2 (89.2). – maj. – 2015. – C.50-51.