

УДК 631.466.3:581.14:635.152
AGRIS F03

ВЛИЯНИЕ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕМЯН РЕДИСА

©**Бачура Ю. М.**, SPIN-код: 7246-7592, ORCID: 0000-0001-9515-2020, канд. биол. наук,
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
г. Гомель, Беларусь, julia_bachura@mail.ru

©**Матвеевкова Т. Д.**, SPIN-код: 8897-0303, ORCID: 0000-0001-9445-5513,
Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
г. Гомель, Беларусь, klakotskaya.san@mail.ru

INFLUENCE MICROALGAE CULTURE LIQUID ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF SEED RADISH

©**Bachura Y.**, SPIN-код: 7246-7592, ORCID: 0000-0001-9515-2020, PhD,
F. Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus, julia_bachura@mail.ru

©**Matveenkova T.**, SPIN-код: 8897-0303, ORCID: 0000-0001-9445-5513,
F. Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus, klakotskaya.san@mail.ru

Аннотация. Работа посвящена анализу влияния культуральной жидкости почвенных микроводорослей *Eustigmatos magnus*, *Haematococcus pluvialis* и *Chlorella vulgaris* на рост и развитие проростков семян редиса. Выявлено, что культуральная жидкость микроводорослей способна стимулировать рост и развитие семян редиса, в большей степени влияя на показатели длины надземной части проростков, а также на показатели биомассы и длины корешков.

Abstract. The paper analyzes the influence of the culture liquid soil microalgae *Eustigmatos magnus*, *Haematococcus pluvialis* and *Chlorella vulgaris* growth and development of seedlings of radish seeds. It was revealed that the culture fluid of microalgae capable of stimulating the growth and development of seeds of radish, mostly affecting the performance length of the aerial part of seedlings and biomass performance and length of roots.

Ключевые слова: культивирование, питательные среды, почвенные микроводоросли, рост, развитие, редис.

Keywords: cultivation, nutrient media, soil microalgae, growth, development, radish.

Интерес к изучению возможного биотехнологического применения водорослей начался сравнительно недавно. В 1950 г рост численности населения и недостаток белка в питании подтолкнули исследователей к изучению микроводорослей, с целью найти в них перспективные биотехнологические источники белка и питательных веществ [1-2]. Предпосылками к этому служило то, что культуры ряда водорослей (например, *Nostoc*, *Spirulina*) использовались некоторыми народами в пищу уже тысячу лет назад [3].

В настоящее время многочисленные исследования посвящены практическому использованию микроводорослей в различных областях, в том числе и в сельском хозяйстве. Существует работы, описывающие положительное влияние почвенных водорослей на рост и развитие сельскохозяйственных растений. Так, российские ученые установили, что культура

водоросли *Chlorella vulgaris* оказывает стимулирующее действие на рост и развитие ячменя [4, 5], моркови, салата, редиса [6]; замачивание семян люпина в культуре *Phormidium tenue* приводит к увеличению их всхожести; обработка ячменя культурой *Nostoc* активизирует антиоксидантную систему в растительных клетках [7]. В Узбекистане предложен биопрепарат на основе культуры зеленой микроводоросли *Scenedesmus*, который увеличивает полевую всхожесть семян, скорость роста рассады и урожайность хлопка, пшеницы, ряда овощных и цветочных растений (1).

Подобные исследования известны и для зарубежных стран, большинство результатов о положительном влиянии фотосинтезирующих микроорганизмов на рост и развитие высших растений отмечено на культуре риса, имеются данные об экспериментах на ряде овощных растений [8-12].

Однако, направление по использованию почвенных микроводорослей в сельском хозяйстве (в частности, в качестве биостимуляторов роста растений) изучено довольно слабо. В связи с этим целью нашего исследования было изучено влияние культуральной жидкости микроводорослей *Eustigmatos magnus* (J. V. Petersen) D. J. Hibberd, *Haematococcus pluvialis* Flotow и *Chlorella vulgaris* Beyerinck на рост и развитие семян редиса сорт «Розово-красный с белым кончиком».

Объекты и методы исследования

Микроводоросли *Eustigmatos magnus* (Eustigmatophyta) и *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta) являются эвритермными видами, широко распространены в почве, способны существовать в крайне неблагоприятных условиях. Водоросль *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyta) является основным источником природного пигмента астаксантина, чем обусловлена актуальность ее исследования. Определение количества клеток водорослей проводили с помощью камеры Горяева по стандартной методике. Плотность клеток *Eustigmatos magnus* составила 29,7 млн клеток на 1 мл культуры, *Chlorella vulgaris* — 32,6 млн клеток, *Haematococcus pluvialis* — 28,4 млн клеток на 1 мл культуры,

Семена редиса отбирали по размерам и выращивали на фильтровальной бумаге с добавлением 5 мл жидкости в соответствии с вариантами опыта в день постановки эксперимента и 2,5 мл жидкости на 6 сутки эксперимента.

Эксперимент проводили по следующей схеме:

- 1) контроль I (основная среда Болда — Bold basal medium, далее в тексте ВВМ),
- 2) контроль II (дистиллированная вода, далее в тексте — H₂O_{дист.}),
- 3) опыт I (культура водоросли исходная, далее в тексте — исходная культура, ИК),
- 4) опыт II (культура водоросли, разбавленная 1:1 средой Болда, далее в тексте — разбавленная культура, РК).

В ходе эксперимента использовали два контрольных варианта с целью выявления влияния состава среды на морфометрические показатели проростков. Определение энергии прорастания и всхожести семян осуществляли в соответствии с ГОСТом 12038-84 (2), энергию прорастания определяли на третьи сутки, всхожесть — на шестые сутки. Эксперимент проводили в пяти повторностях. Биоморфометрические показатели проростков снимали на десятые сутки. Анализ результатов исследования производили с помощью программных продуктов Statistica (Version 10) и Microsoft Excel.

В ходе проведенного эксперимента энергия прорастания семян варьировала в пределах 84-90%, всхожесть семян — 84-100%.

Результаты исследования

Сравнение биомассы проростков показало, что в целом использование исходных культур микроводорослей оказало положительное влияние на накопление биомассы редисом — фитозэффект составил 139,9% по отношению к контролю с водой и 29,6% по отношению к контролю с основной средой Болда.

Наибольшей средней массой отличались проростки в варианте опыта с исходной культурой *Haematococcus pluvialis* — 183,2 мг, что на 252,5% и 90,4% выше, чем в контрольных вариантах опыта с основной средой Болда и дистиллированной водой соответственно (Рисунок 1).

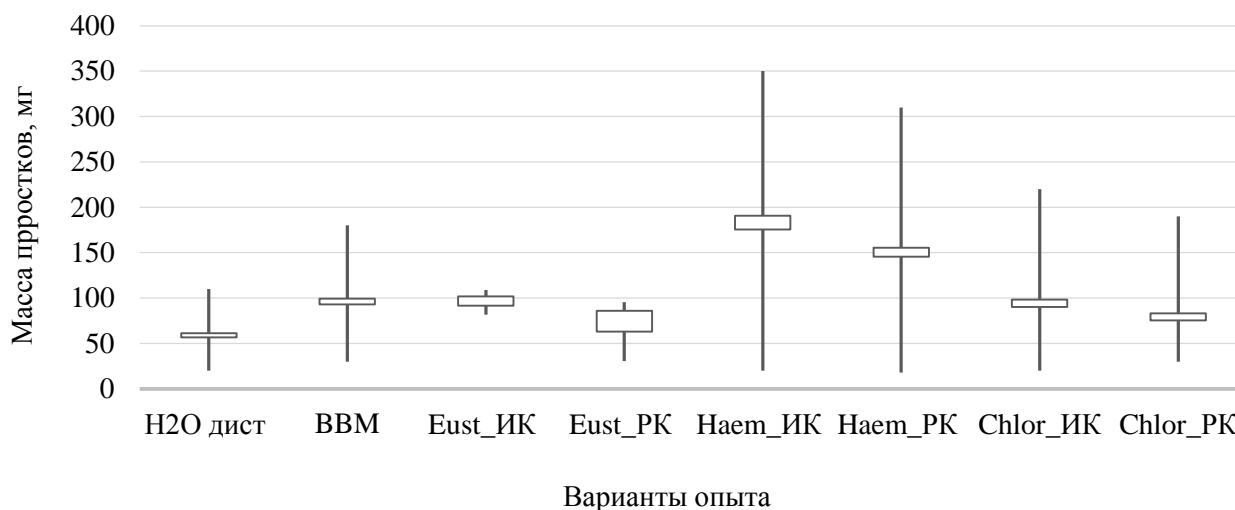


Рисунок 1. Сравнение средней массы проростков (нижняя граница — минимальное значение массы, верхняя — максимальное значение, интервал — средняя величина \pm ошибка)

Положительный фитозэффект также отмечен в вариантах опыта с разбавленной культурой *Haematococcus pluvialis* (189,9% по отношению к контролю с водой и 56,6% по отношению к контролю с основной средой Болда), исходной культурой *Eustigmatos magnus* (86,1% и 0,5% соответственно), исходной культурой *Chlorella vulgaris* (81,5% и 2,0% соответственно).

Для разбавленных культур *Eustigmatos magnus* и *Chlorella vulgaris* по отношению к контролю с водой фитозэффект показателей биомассы проростков редиса был положительным, а по отношению к контролю с основной средой Болда — отрицательным.

Статистическая обработка данных по биомассе проростков редиса однофакторным дисперсионным анализом выявила статистические различия в показателях биомассы (Таблица 1).

Установлено, что для варианта опыта с использованием исходной культуры *Eustigmatos magnus* биомасса проростков редиса достоверно больше, чем в вариантах опыта с дистиллированной водой ($F=6,27$; $p=0,02$) и основной средой Болда ($F=13,44$; $p<0,01$); для варианта опыта с использованием разбавленной культуры *Eustigmatos magnus* биомасса проростков достоверно ниже, чем в вариантах опыта с исходной культурой данной водоросли ($F=15,47$; $p<0,01$) и дистиллированной водой ($F=4,55$; $p=0,03$).

При использовании микроводоросли *Haematococcus pluvialis* биомасса проростков в варианте опыта с использованием исходной культуры микроводоросли оказалась достоверно больше, чем в вариантах опыта с дистиллированной водой ($F=15,22$; $p<0,01$) и разбавленной культурой водоросли ($F=13,17$; $p<0,01$); а в варианте опыта с основной средой Болда достоверно выше, чем в вариантах опыта с дистиллированной водой ($F=7,07$; $p=0,01$) и с разбавленной культурой *Haematococcus pluvialis* ($F=4,99$; $p=0,04$).

При использовании микроводоросли *Chlorella vulgaris* биомасса проростков редиса в варианте опыта с дистиллированной водой была достоверно ниже, чем в остальных вариантах опыта, а в варианте опыта с разбавленной культурой микроводоросли достоверно ниже, чем в вариантах опыта с основной средой Болда ($F=11,13$; $p<0,01$) и исходной культурой *Chlorella vulgaris* ($F=6,77$; $p<0,01$).

Таблица 1.

СРАВНЕНИЕ БИОМАССЫ ПРОРОСТКОВ РЕДИСА В РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ОПЫТА
 МЕТОДОМ ОДНОФАКТОРНОГО ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА

Культура	Группа	H ₂ O дист.	ВВМ	Культура исходная	Культура разбавленная
<i>Eustigmatos magnus</i>	H ₂ O _{дист.}	–	F=2,53 p=0,17	F=6,27 p=0,02	F=4,55 p=0,03
	ВВМ	F=2,53 p=0,17	–	F=13,44 p<0,01	F=0,49 p=0,45
	Культура исходная	F=6,27 p=0,02	F=13,44 p<0,01	–	F=15,47 p<0,01
	Культура разбавленная	F=4,55 p=0,03	F=0,49 p=0,45	F=15,47 p<0,01	–
<i>Haematococcus pluvialis</i>	H ₂ O _{дист.}	–	F=7,07 p=0,01	F=15,22 p<0,01	F=0,47 p=0,57
	ВВМ	F=7,07 p=0,01	–	F=2,36 p=0,08	F=4,99 p=0,04
	Культура исходная	15,22 p<0,01	F=2,36 p=0,08	–	F=13,17 p<0,01
	Культура разбавленная	F=0,47 p=0,57	F=4,99 p=0,04	F=13,17 p<0,01	–
<i>Chlorella vulgaris</i>	H ₂ O _{дист.}	–	F=122,78 p<0,01	F=76,49 p<0,01	F=35,37 p<0,01
	ВВМ	F=122,78 p<0,01	–	F=0,14 p=0,69	F=11,13 p<0,01
	Культура исходная	F=76,49 p<0,01	F=0,14 p=0,69	–	F=6,77 p<0,01
	Культура разбавленная	F=35,37 p<0,01	F=11,13 p<0,01	F=6,77 p<0,01	–

Положительное влияние культуры микроводорослей оказали и на длину проростков редиса. Фитоэффект при использовании исходных культур микроводорослей составил 23,2%, по отношению к контролю с водой, 9,9% по отношению к контролю с основной средой Болда; при использовании разбавленных культур — 17,9% и 10,0% соответственно.

Наиболее выраженное положительное влияние микроводорослей выявлено для культур *Haematococcus pluvialis* 169,8 мм при обработке семян исходной культурой и 160,9 мм при обработке семян разбавленной культурой.

Фитоэффекты варьировали в пределах 45,1-53,1% по отношению к контролю с водой и 29,4-36,5% по отношению к контролю с основной средой Болда (Рисунок 2).

При обработке семян редиса исходной культурой *Eustigmatos magnus* и разбавленной культурой *Chlorella vulgaris* также отмечено положительное влияние культур на длину проростков редиса.

При обработке семян разбавленной культурой *Eustigmatos magnus* и исходной культурой *Chlorella vulgaris* по отношению к контролю с водой длина проростков увеличилась на 3,4% и 9,6% (данные о положительном влиянии культур *Eustigmatos magnus* и

Chlorella vulgaris на длину проростков редиса по сравнению с контролем — водой отмечены и другими исследователями [7]).

По отношению к контролю с основной средой Болда длина проростков редиса уменьшилась на 7,8% и 2,3%.

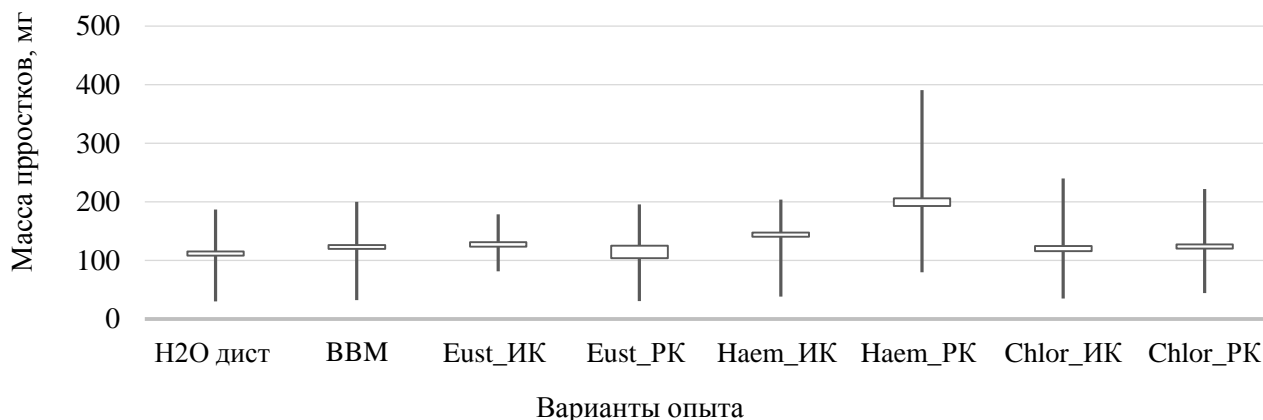


Рисунок 2. Сравнение средней длины проростков (нижняя граница — минимальное значение длины, верхняя — максимальное значение, интервал — средняя величина \pm ошибка)

Статистическая обработка данных по длине проростков редиса однофакторным дисперсионным анализом приведена в Таблице 2.

Таблица 2.

СРАВНЕНИЕ ДЛИНЫ ПРОРОСТКОВ РЕДИСА В РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ОПЫТА
 МЕТОДОМ ОДНОФАКТОРНОГО ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА

Культура	Группа	H ₂ O _{дист.}	BBM	Культура исходная	Культура разведенная
<i>Eustigmatos magnus</i>	H ₂ O _{дист.}	—	F=0,26 p=0,69	F=16,60 p<0,01	F=0,29 p=0,58
	BBM	F=0,26 p=0,69	—	F=10,55 p<0,01	F=0,02 p=0,86
	Культура исходная	F=16,60 p<0,01	F=10,55 p<0,01	—	F=6,51 p<0,01
	Культура разведенная	F=0,29 p=0,58	F=0,02 p=0,86	F=6,51 p<0,01	—
<i>Haematococcus pluvialis</i>	H ₂ O _{дист.}	—	F=67,29 p<0,01	F=32,74 p<0,01	F=40,69 p<0,01
	BBM	F=67,29 p<0,01	—	F=7,97 p<0,01	F=2,61 p=0,09
	Культура исходная	F=32,74 p<0,01	F=7,97 p<0,01	—	F=1,56 p=0,22
	Культура разведенная	F=40,69 p<0,01	F=2,61 p=0,09	F=1,56 p=0,22	—
<i>Chlorella vulgaris</i>	H ₂ O _{дист.}	—	F=8,22 p<0,01	F= 4,04 p=0,03	F= 7,28 p<0,01
	BBM	F=8,22 p<0,01	—	F= 0,29 p=0,58	F= 0,01 p=0,91
	Культура исходная	F= 4,04 p=0,03	F= 0,29 p=0,58	—	F= 0,19 p=0,65
	Культура разведенная	F= 7,28 p<0,01	F= 0,01 p=0,91	F= 0,19 p=0,65	—

При проведении эксперимента с использованием микроводоросли *Eustigmatos magnus* длина проростков редиса в варианте опыт с исходной культурой достоверно выше, чем в вариантах опыта с дистиллированной водой ($F=16,69$; $p<0,01$), основной средой Болда ($F=10,55$; $p<0,01$) и разбавленной культурой микроводоросли ($F=6,51$; $p<0,01$).

При использовании в качестве тест-культуры микроводоросли *Haematococcus pluvialis* длина проростков в варианте опыта с использованием дистиллированной воды была достоверно ниже, чем в остальных вариантах опыта; а в варианте опыта с основной средой Болда достоверно выше, чем в варианте опыта с исходной культурой *Haematococcus pluvialis* ($F=7,97$; $p<0,01$).

При использовании микроводоросли *Chlorella vulgaris* длина проростков редиса в варианте опыта с дистиллированной водой была достоверно ниже, чем в остальных вариантах опыта: критерий Фишера находился в пределах от 4,04 до 8,22 ($p<0,03$).

По результатам эксперимента в порядке убывания значений были составлены:

- ряд средней биомассы проростков редиса: *Haem.* ИК > *Haem.* РК > *Eust.* ИК > ВВМ > *Chlor.* ИК > *Chlor.* РК > *Eust.* РК > H₂O дист.;

- ряд средних длин проростков редиса: *Haem.* РК > *Haem.* ИК > *Eust.* ИК > *Chlor.* РК > ВВМ > *Chlor.* ИК > *Eust.* РК > H₂O дист.

Заключение

Согласно представленным данным, наибольшее стимулирующее действие на развитие проростков редиса оказали культуры *Haematococcus pluvialis*, исходная культура *Eustigmatos magnus* и разбавленная культура *Chlorella vulgaris*. В опытных вариантах эксперимента все проростки редиса характеризовались более высокими морфометрическими показателями, чем в контрольном варианте опыта с дистиллированной водой: биомасса оказалась в 1,43-3,52 раза больше, чем в контроле, длина проростков — в 1,03-1,53 раза больше.

По отношению к контрольному варианту опыта с основной средой Болда увеличение биомассы отмечено для вариантов опыта с культурами *Haematococcus pluvialis*, исходной культурой *Eustigmatos magnus* (в 1,10-1,91 раз); а увеличение длины проростков — для вариантов опыта с культурами *Haematococcus pluvialis*, исходной культурой *Eustigmatos magnus* и разбавленной культурой *Chlorella vulgaris* (в 1,01-1,36 раз).

Полученные данные указывают на необходимость продолжения эксперимента с целью более четкого разграничения влияния состава питательной среды на рост и развитие проростков. Возможно, следует культивировать водоросли на более бедных по составу питательных средах, что обусловит большее влияние водорослевой биомассы, или отделять водоросли от среды перед их использованием в качестве стимулятора роста растений.

Подводя итоги, можно заключить, что культуральная жидкость изучаемых микроводорослей способна стимулировать рост и развитие семян редиса в большей степени влияя на показатели длины надземной части проростков, а также на показатели биомассы и длины корней. Полученные данные представляются весьма интересными в контексте применения данных культур в качестве естественного стимулятора роста и развития семян сельскохозяйственных культур.

Источники:

(1). Влияние водорослей на развитие растений // Институт микробиологии АН РУз. Узбекистан, 2013. Режим доступа: <https://goo.gl/t2L5ZL> (дата обращения 15.04.2018).

(2). Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038-84. Введ. 01.07.1986. Министерство сельского хозяйства СССР, 1986. 64 с.

Sources:

- (1). Vlijanie vodoroslej na razvitie rastenij. Institut mikrobiologii AN RUz. Uzbekistan, 2013. Rezhim dostupa: <https://goo.gl/t2L5ZL> (data obrashhenija 15.04.2018).
- (2). Semena sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Metody opredelenija vshozhesti: GOST 12038-84. Vved. 01.07.1986. Ministerstvo sel'skogo hozjajstva SSSR, 1986. 64 s.

Список литературы:

1. Becker W. 18 Microalgae in Human and Animal Nutrition // Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. 2004. P. 312-315.
2. Cornet J. F. Le technoscope: les photobioréacteurs // Biofutur. 1998. Vol. 176. P. 1-10.
3. Jensen G. S. Blue-green algae as an immuno-enhancer and biomodulator // J. Am. Nutraceutical Assoc. 2001. Vol. 3. P. 24-30.
4. Стифеев А. И., Лукьянов В. А., Бессонова Е. А., Косинова Н. В., Ежицкая Ю. А. Агроэкологическая оценка применения микроводоросли хлореллы в АПК // Актуальные проблемы агропромышленного производства: мат. международной научно-практической конференции (Курск, 25 января 2013 г.). Курск. 2013. С. 51-55.
5. Лукьянов В. А., Стифеев А. И. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе. Курск, 2014. 181 с.
6. Туктарова Э. А., Латипова Э. И., Габидуллина Г. Г., Бадрутдинова Р. И., Сафиуллина Л. М. Влияние культуральной жидкости микроводорослей на рост и развитие семян корнеплодов // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 01 (55). Ч. 2. С. 127-130.
7. Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Влияние цианобактерии *Nostoc linckia* на показатели жизнедеятельности растений ячменя, выращенных в модельных опытах в присутствии метилфосфоновой кислоты // Агрехимия, 2014. № 12. С. 55–60.
8. Shukla A. C., Gupta A. B. Influence of algal growth-promoting substances on growth, yield and protein contents of rice plants // Nature. 1967. Vol. 213. No. 5077. P. 744-744.
9. Roger P. A., Reynaud P. A. Free living blue-green algae in tropical soils // Microbiology of tropical soils and plant productivity. 1982. P. 147-168.
10. Paudel Y. P., Pradhan S., Pant B., Prasad B.N. Role of blue green algae in rice productivity // Agric. Biol. J. N. Am. 2012. Vol. 3(8). P. 332-335.
11. Chaumont D. Biotechnology of algal biomass production: a review of systems for outdoor mass culture // J. Appl. Phycol. 1993. Vol. 5. P. 593-604.

References:

1. Becker, W. (2004). 18 Microalgae in Human and Animal Nutrition. Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology, 312-351.
2. Cornet, J. F. (1998). Le technoscope: les photobioréacteurs. *Biofutur*, 176, 1-10.
3. Jensen, G. S. (2001). Blue-green algae as an immuno-enhancer and biomodulator. *J. Am. Nutraceutical Assoc.*, 3, 24-30.
4. Stifeev, A. I., Bessonova, E. A., Kosinova, N. V., Ezhickaja, Ju. A., & Luk'janov, V. A. (2013). Agrojekologicheskaja ocenka primenenija mikrovodorosli hlorelly v APK. In Aktual'nye problemy agropromyshlennogo proizvodstva. 51-54.
5. Luk'janov, V. A., & Stifeev, A. I. (2014). Prikladnye aspekty primenenija mikrovodoroslej v agrocenoze. Kursk, 181.

6. Tuktarova, E. A., Latipova, E. I., Gabidullina, G. G., Badrutdinova, R. I., & Safiullina, L.M. (2017). Influence microalgae culture liquid on growth and development of seed root. *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal [International Research Journal]*, 01(55), 127-130.
7. Koval', E. V., & Ogorodnikova, S. Ju. (2014). Vlijanie cianobakterii Nostoc linckia na pokazateli zhiznedejatel'nosti rastenij jachmenja, vyrashennyh v model'nyh opytah v prisutstvii metilfosfonovoj kisloty [Effect of the cyanobacterium Nostoc linckia on the activity parameters of barley plants grown in the presence of methylphosphonic acid in model experiments]. *Agrohimija [Agrochemistry]*, (12), 55-60.
8. Shukla, A. C., & Gupta, A. B. (1967). Influence of algal growth-promoting substances on growth, yield and protein contents of rice plants. *Nature*, 213(5077), 744-744.
9. Roger, P. A., & Reynaud, P. A. (1982). Free—living blue—green algae in tropical soils. In *Microbiology of tropical soils and plant productivity*, 147-168.
10. Paudel, Y. P., Pradhan, S., Pant, B., & Prasad, B. N. (2012). Role of blue green algae in rice productivity. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 3(8), 332-335.
11. Chaumont, D. (1993). Biotechnology of algal biomass production: a review of systems for outdoor mass culture. *Journal of Applied Phycology*, 5(6), 593-604.

Работа поступила
в редакцию 21.10.2018 г.

Принята к публикации
26.10.2018 г.

Ссылка для цитирования:

Бачура Ю. М., Матвееenkova Т. Д. Влияние культуральной жидкости микроводорослей на рост и развитие семян редиса // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №11. С. 220-227. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/bachura-matveenkova> (дата обращения 15.11.2018).

Cite as (APA):

Bachura, Y., & Matveenkova, T. (2018). Influence microalgae culture liquid on growth and development of seed radish. *Bulletin of Science and Practice*, 4(11), 220-227. (in Russian).