

## Влияние культур микроводорослей, цианобактерий и их комплексов на рост и развитие проростков огурцов

Ю.М. БАЧУРА, А.А. НОВИКОВА

В работе представлены результаты экспериментов по использованию комплексов микроводорослей и цианобактерий в качестве стимуляторов роста огурцов. Выявлено, что применение комплексов фотосинтезирующих микроорганизмов по совокупности исследуемых показателей эффективнее, чем использование отдельных суспензий микроводорослей и цианобактерий. Наибольшее стимулирующее действие на рост и развитие проростков огурцов оказали *Vischeria*-содержащие комплексы *Nostoc-Vischeria* (фитоэффекты составили 4–94 %).

**Ключевые слова:** цианобактерии, микроводоросли, стимуляторы роста, фитоэффект, огурцы.

The paper presents the results of experiments on the use of microalgae and cyanobacteria complexes as cucumber growth stimulants. It was found that the use of complexes of photosynthetic microorganisms, based on the totality of the studied indicators, is more effective than the use of individual suspensions of microalgae and cyanobacteria. *Vischeria*-containing complexes (*Nostoc-Vischeria*) had the greatest stimulating effect on the growth and development of cucumber sprouts (phytoeffects amounted to 4–94 %).

**Keywords:** cyanobacteria, microalgae, growth stimulants, phytoeffect, cucumbers.

**Введение.** В последние десятилетия особую актуальность приобрела проблема экологизации земледелия, рационального использования ресурсов почвы и увеличения ее эффективного плодородия, что обусловлено активным применением минеральных удобрений и затратами труда и средств на процесс их производства [1]–[3].

Большой интерес в решении этой проблемы представляет исследование потенциала почвенных микроводорослей и цианобактерий [4]–[9]. В наземных биогеоценозах почвенные микроводоросли и цианобактерии продуцируют органическое вещество, участвуют в фиксации атмосферного азота и биологической рекультивации земель, повышают устойчивость почвы против эрозии, могут изменять pH почвенного раствора, повышать доступность фосфора и других элементов, а также водоудерживающую способность почвы, выделяют ряд биологически активных веществ, ускоряющих рост корней [6], [7].

Всё перечисленное обуславливает высокий биотехнологический потенциал почвенных микроводорослей и цианобактерий и указывает на актуальность их исследования [10]–[16].

**Материалы и методика исследований.** При изучении влияния почвенных микроводорослей и цианобактерий на рост и развитие проростков огурцов использовали культуры азотфиксирующей почвенной цианобактерии рода *Nostoc*, широко распространенных микроводорослей *Chlorella vulgaris* и *Vischeria magna*, являющихся типичными представителями альгоцианобактериальной флоры Республики Беларусь [17].

Микроводоросли и цианобактерии выращивали на основной среде Болда (Bold basal medium – BBM) и среде Болда без азота при температуре ( $20 \pm 3$ ) °C при 10/14-часовом чередовании световой и темновой фаз и освещении 3500–4000 лк с барботированием в дневное время. Определение количества клеток почвенных микроводорослей и цианей осуществляли с помощью камеры Горяева по стандартной методике [18].

Плотность суспензии цианей в серии экспериментов составила 25,7 млн клеток на 1 мл культуры, хлореллы – 43,9 млн, вишерии – 29,75 млн клеток на 1 мл культуры соответственно.

В эксперименте использовали альгоцианобактериальные комплексы *Nostoc-Vischeria* (N:V), *Nostoc-Chlorella* (N:Ch) и альгокомплексы *Vischeria-Chlorella* (V:Ch) на основе исходных (ИК) и разбавленных (РК) культур данных микроорганизмов и контрольные варианты:

- 1) опыт I (исходная / разбавленная культура микроорганизма 1);
- 2) опыт II (1 часть исходной / разбавленной культуры микроорганизма 1:3 части исходной / разбавленной культуры микроорганизма 2, 1N:3Ch, 1N:3V, 1V:3Ch);
- 3) опыт III (1 часть исходной / разбавленной культуры микроорганизма 1:2 части исходной / разбавленной культуры микроорганизма 2, 1N:2Ch, 1N:2V, 1V:2Ch);
- 4) опыт IV (1 часть исходной / разбавленной культуры микроорганизма 1:1 часть исходной/разбавленной культуры микроорганизма 2, 1N:1Ch, 1N:1V, 1V:1Ch);
- 5) опыт V (2 части исходной / разбавленной культуры микроорганизма 1:1 часть исходной / разбавленной культуры микроорганизма 2, 2N:1Ch, 2N:1V, 2V:1Ch);
- 6) опыт VI (3 части исходной / разбавленной культуры микроорганизма 1:1 часть исходной / разбавленной культуры микроорганизма 2, 3N:1Ch, 3N:1V, 3V:1Ch);
- 7) опыт VII (исходная / разбавленная культура микроорганизма 2);
- 8) контроль I (ВВМ);
- 9) контроль II (дистиллированная вода).

Тестовой культурой служили огурцы (*Cucumis sativus* L.) сорта Малыш (ранний гибрид белорусской селекции). Семена огурцов отбирали по размерам и раскладывали на двух слоях фильтровальной бумаги в пластиковые ёмкости объемом 0,5 л (50 семян для каждого варианта опыта). В ёмкости приливали по 5 мл жидкости в день закладки эксперимента и по 2 мл жидкости на 3-е и 7-е сутки эксперимента в соответствии с вариантами опыта. Эксперименты проводили при естественном освещении при температуре  $22 \pm 3$  °С. В ходе экспериментов определяли энергию прорастания и всхожесть семян, измеряли морфометрические показатели проростков огурцов. Оценку и учет проросших семян проводили в соответствии с ГОСТом 12038-84 [19]. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программных продуктов Statistica (Version 10) и Microsoft Excel.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В эксперименте по изучению влияния альгоцианобактериальных комплексов *Nostoc-Vischeria* на рост и развитие проростков огурцов энергия прорастания семян варьировала от 6 % до 100 %. Наименьшие значения отмечены в вариантах опыта с использованием исходных культур микроорганизмов и их комплексов. Всхожесть семян составила 92–100 %; максимальный показатель зафиксирован при использовании комплексов *Nostoc-Vischeria* в соотношении 1:3 на основе исходных суспензий и 1:1, 2:1 и 3:1 на основе разбавленных культур микроорганизмов.

Наибольшая средняя длина корней в эксперименте с комплексами *Nostoc-Vischeria* отмечена в варианте опыта с комплексом 1N:2V на основе разбавленных суспензий микроводорослей (137,38 мм; рисунок 1), длина побегов – в варианте опыта с комплексом состава 1N:1V на основе разбавленных суспензий (51 мм), масса проростков – в варианте опыта с комплексом состава 1N:1V на основе исходных суспензий (320 мг). Длина корней, побегов и масса проростков огурцов во всех опытных вариантах были достоверно выше, чем в контрольных.

Наиболее выраженное стимулирующее действие исходных культур микроводорослей и цианобактерий на длину проростков отмечено при использовании комплексов *Nostoc-Vischeria* состава 3N:1V и 1N:1V – фитоэффекты составили 67 % и 60 % относительно контроля с водой и 30 % и 24 % относительно контроля со средой Болда. Наиболее выраженное стимулирующее действие разбавленных культур на длину проростков выявлено относительно контроля со средой Болда – фитоэффекты составили 125–166 %. Относительно контроля с водой фитоэффекты варьировали от 26 % до 49 %. Максимальные фитоэффекты выявлены при использовании комплекса состава 1N:2V.

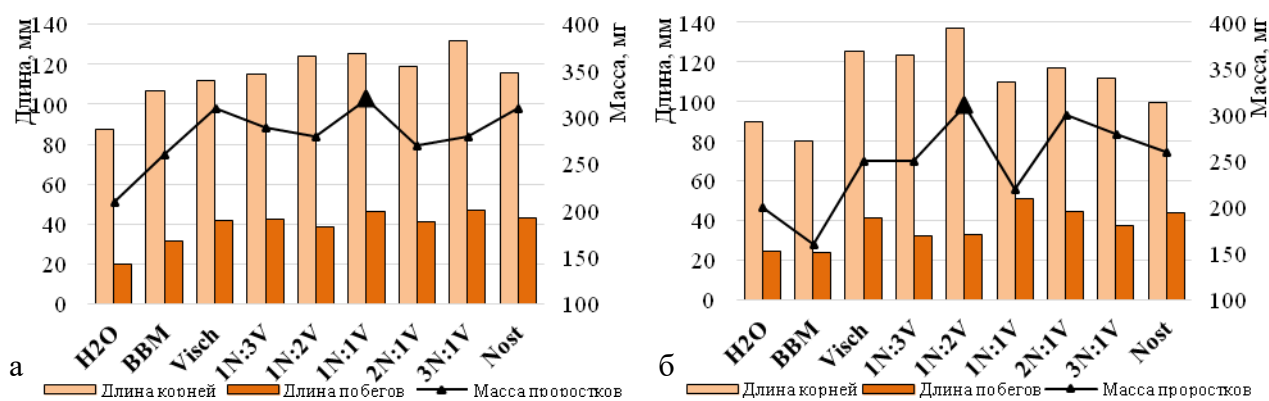


Рисунок 1 – Сравнение средних морфометрических показателей огурцов с внесением комплексов *Nostoc-Vischeria* на основе исходных (а) и разбавленных (б) культур микроорганизмов

Наибольшие фитозффекты по массе проростков в эксперименте с исходными культурами зафиксированы в варианте опыта с использованием комплекса 1N:1V – фитозффекты составили 52 % относительно контроля с водой и 23 % относительно контроля со средой Болда. С использованием разбавленных культур и их комплексов фитозффекты относительно контроля с водой находились в пределах 10–55 %, относительно контроля со средой Болда – в пределах 38–94 %. Наибольшие фитозффекты зафиксированы при использовании комплексов состава 1N:2V и 2N:1V – фитозффекты составили 55 % и 50 % относительно контроля с водой, 94 % и 88 % относительно контроля со средой Болда.

Таким образом, использование альгоцианобактериальных комплексов *Nostoc-Vischeria* показало фитостимулирующее действие во всех опытных вариантах относительно контрольных. Наибольшие фитозффекты при этом наблюдали при использовании комплексов состава 1N:1V, 1N:2V, 2N:1V и 3N:1V на основе разбавленных культур микроорганизмов.

В эксперименте по изучению влияния альгоцианобактериальных комплексов *Nostoc-Chlorella* на рост и развитие проростков огурцов энергия прорастания семян варьировала от 66 % до 96 %. Всхожесть семян составила 68–94 %; максимальный показатель зафиксирован при использовании исходных культур *Nostoc* и *Chlorella* и их комплексов в соотношении 1:3 и 3:1 на основе разбавленных культур микроорганизмов.

Наибольшая средняя длина корней в эксперименте с комплексами *Nostoc-Chlorella* отмечена в варианте опыта с комплексом 3N:1Ch на основе разбавленных суспензий (118,34 мм) (рисунок 2), длина побегов – в варианте опыта на основе исходных суспензий *Chlorella* (51,54 мм), масса проростков – в варианте опыта на основе исходных суспензий *Nostoc* (245 мг). Длина корней в вариантах опыта с комплексами на основе разбавленных культур микроорганизмов была выше, чем в контрольных вариантах опыта.

Положительные фитозффекты по длине проростков огурцов отмечены при использовании комплексов на основе разбавленных суспензий ностока и хлореллы – они варьировали от 6 % до 21 %. В вариантах опыта с комплексами на основе исходных культур стимулирующее действие выявлено при использовании суспензий цианобактерий, микроводорослей и их комплексов состава 1N:3Ch и 3N:1Ch. Наиболее выраженное стимулирующее действие разбавленных и исходных культур отмечено при использовании комплексов состава 3N:1Ch и 1N:3Ch – фитозффекты составили 21 % и 13 % относительно контроля с водой и 17 % и 8,8 % относительно контроля со средой Болда соответственно.

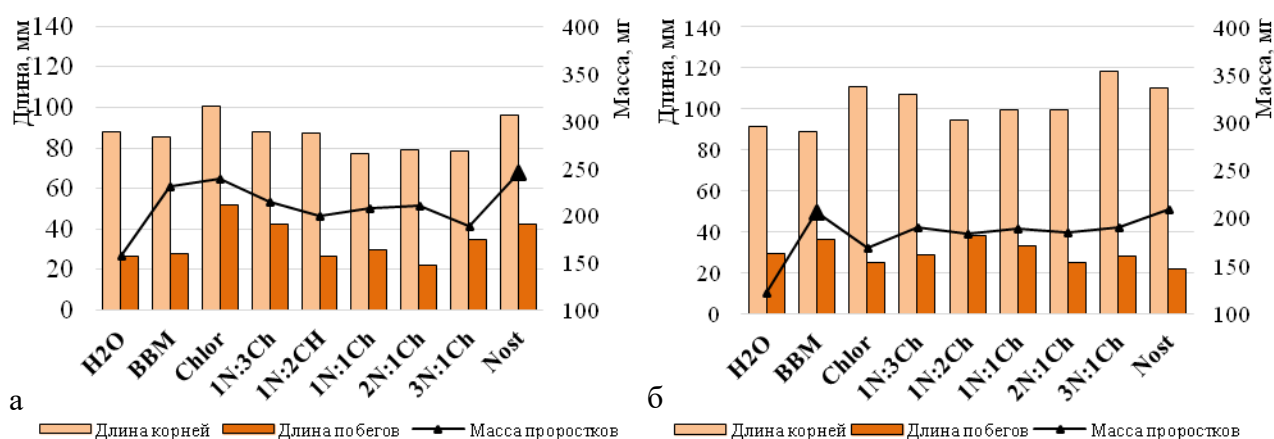


Рисунок 2 – Сравнение средних морфометрических показателей огурцов с внесением комплексов *Nostoc-Chlorella* на основе исходных (а) и разбавленных (б) культур микроорганизмов

По массе проростков стимулирующее действие отмечено относительно контроля с дистиллированной водой – фитозффекты варьировали от 20 % до 73 %. Наибольшие фитозффекты отмечены при использовании исходной и разбавленной суспензий ностока – 55 % и 72 % соответственно относительно контроля с водой.

Таким образом, при использовании альгоцианобактериальных комплексов *Nostoc-Chlorella* выявлены фитостимулирующие эффекты по массе проростков относительно контроля с водой; по длине проростков положительные фитозффекты показали комплексы *Nostoc-Chlorella* состава 3N:1Ch и 1N:3Ch.

В эксперименте с комплексами *Vischeria-Chlorella* энергия прорастания семян варьировала от 31 % до 82 %. Всхожесть семян составила 74–94 %; максимальный показатель зафиксирован при использовании разбавленных культур *Chlorella* (94 %) и комплекса *Vischeria-Chlorella* в соотношении 1:2 на основе исходных суспензий микроводорослей (92 %).

Наибольшая средняя длина корней в эксперименте с комплексом *Vischeria-Chlorella* отмечена в варианте опыта с комплексом 1V:2Ch на основе разбавленных суспензий (114,08 мм; рисунок 3), длина побегов – в варианте опыта с комплексом 2V:1Ch на основе исходных суспензий микроводорослей (32,06 мм), масса проростков – в контроле со средой Болда (252 мг). Длина корней и масса проростков во всех вариантах опыта с комплексами на основе разбавленных культур микроорганизмов была выше, чем в контрольных.

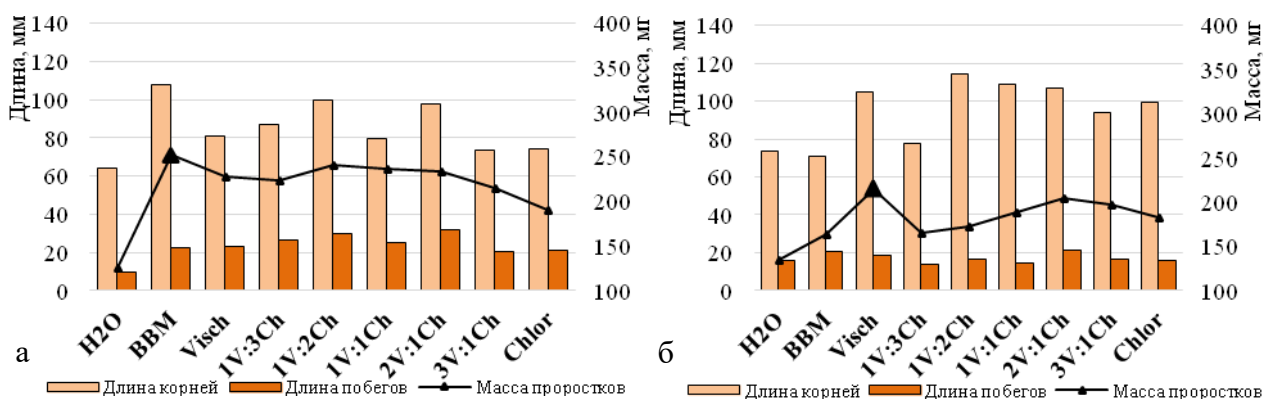


Рисунок 3 – Сравнение средних морфометрических показателей огурцов с внесением комплексов *Vischeria-Chlorella* на основе исходных (а) и разбавленных (б) культур микроорганизмов

Наиболее выраженное стимулирующее действие исходных культур на длину проростков отмечено при использовании комплексов состава 1V:2Ch и 2V:1Ch – 75 % и 76 % относительно контроля с водой. Относительно контроля с питательной средой положительных фитозффектов при использовании исходных культур и их комплексов не наблюдали. Наибо-

более выраженное стимулирующее действие разбавленных культур на длину проростков выявлено при использовании комплексов состава 1V:2Ch и 2V:1Ch – 46 % и 43 % относительно контроля с водой, 43 % и 40 % относительно контроля со средой.

Фитоэффекты по массе проростков были максимальными относительно контроля с водой – в эксперименте с исходными культурами показатели варьировали от 52 % до 91 %, максимум выявлен в варианте опыта с комплексом состава 1V:2Ch. С разбавленными суспензиями микроводорослей фитоэффекты варьировали от 22 % до 59 %, наибольший результат отмечен при использовании суспензии *Vischeria*. Относительно контроля со средой комплексы на основе исходных суспензий продемонстрировали отрицательные фитоэффекты как по длине, так и по массе проростков. На основе разбавленных суспензий водорослей по длине проростков фитоэффекты варьировали в пределах от 0,01 % до 35 %, по массе от 0,60 % до 31 %.

Сравнение фитостимулирующего действия комплексов *Nostoc-Vischeria*, *Nostoc-Chlorella* и *Vischeria-Chlorella* на длину и массу проростков огурцов приведено на рисунках 4, 5.

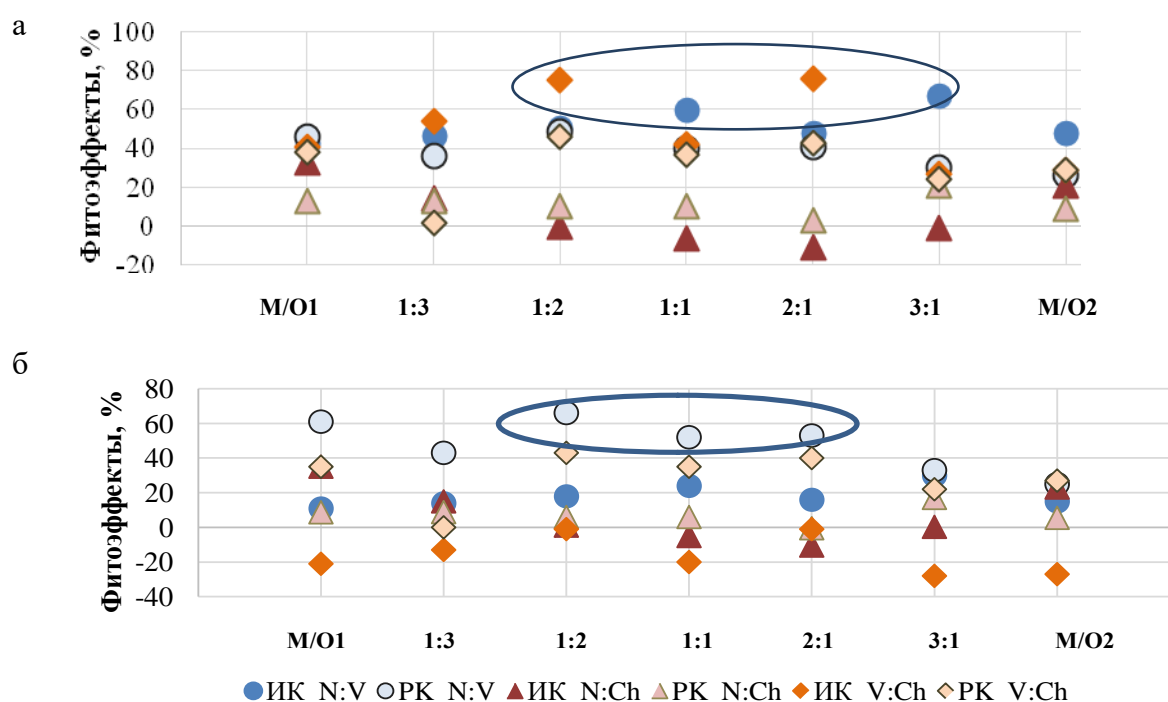


Рисунок 4 – Сравнение фитоэффектов по длине проростков огурцов: а – относительно контроля с дистиллированной водой, б – относительно контроля со средой Болда

Оптимальные результаты по длине проростков относительно контроля с дистиллированной водой показали комплексы на основе исходных суспензий микроводорослей и цианобактерий: *Vischeria-Chlorella* 1V:2Ch и 2V:1Ch (фитоэффекты составили 75 % и 76 % соответственно) и *Nostoc-Vischeria* 3N:1V и 1N:1V (67 % и 60 %); относительно контроля со средой Болда – комплексы на основе разбавленных суспензий микроводорослей *Vischeria* и *Chlorella* в соотношении 1:2, 1:1, 2:1 (фитоэффекты варьировали от 52 % до 66 %).

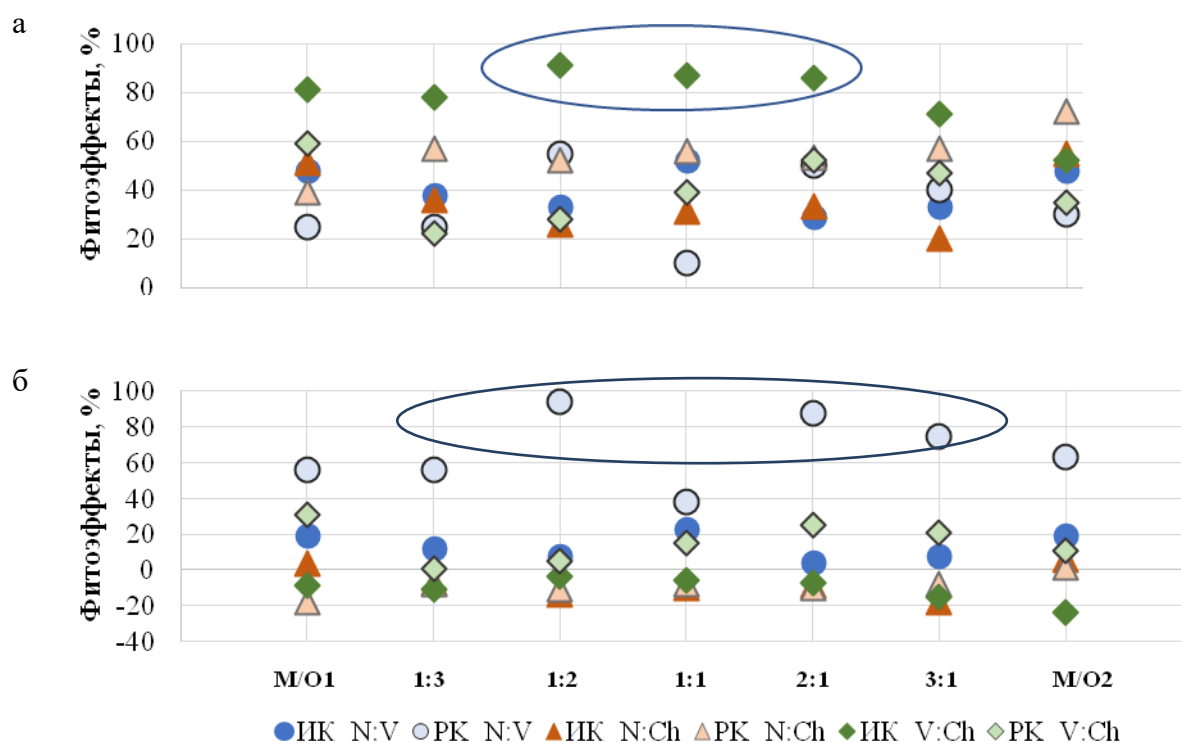


Рисунок 5 – Сравнение фитозффектов по массе проростков огурцов: а – относительно контроля с дистиллированной водой, б – относительно контроля со средой Болда

По массе проростков огурцов по отношению к контролю с дистиллированной водой максимальное фитостимулирующее действие показали комплексы *Vischeria-Chlorella* в соотношении 1:2, 1:1 и 2:1 на основе исходных суспензий микроводорослей и цианобактерий (фитозффекты составили 71–91 %), по отношению к контролю с питательной средой – комплексы *Nostoc-Vischeria* на основе разбавленных суспензий микроорганизмов (38–94 %).

Проведенные лабораторные эксперименты позволили установить, что наибольшее стимулирующее действие на рост и развитие проростков огурцов оказывают *Vischeria*-содержащие комплексы фотосинтезирующих микроорганизмов. Применение комплексов по совокупности исследуемых показателей эффективнее, чем использование отдельных суспензий микроводорослей и цианобактерий. Относительно контроля с дистиллированной водой комплексы *Vischeria-Chlorella* и *Nostoc-Vischeria* обладали сходным фитостимулирующим действием по длине и по массе проростков огурцов, относительно контроля с питательной средой оптимальные результаты получены при применении комплексов *Nostoc-Vischeria*.

Результаты исследований могут быть использованы в области сельского хозяйства, биотехнологии.

### Литература

1. Овсянников, Ю. А. Теоретические основы эколого-биосферного земледелия / Ю. А. Овсянников. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2000. – 264 с.
2. Терещенко, Н. Н. Биоудобрения на основе микроорганизмов / Н. Н. Терещенко. – Томск : ТГУ, 2003. – 60 с.
3. Трефилова, Л. В. Использование цианобактерий в агробиотехнологии : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.07 ; 03.00.23 / Л. В. Трефилова ; СГУ. – Саратов, 2008. – 26 с.
4. Шальго, Н. В. Микроводоросли и цианобактерии как биоудобрение / Н. В. Шальго // Наука и инновации. – 2019. – № 3 (193). – С. 22–26.
5. Chamizo, S. Cyanobacteria inoculation improves soil stability and fertility on different textured soils : gaining insights for applicability in soil restoration / S. Chamizo [et al.] // Original Research. – 2018. – Vol. 6, art. 49. – P. 101–114.

6. Дидович, С. В. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) [Электронный ресурс] / С. В. Дидович [и др.] // Вопросы современной альгологии. – 2017. – № 2 (14). – Режим доступа : <http://algology.ru/1170>. – Дата доступа : 15.05.2020.
7. Михеева, Т. М. Перспективы использования культивируемых и планктонных микроскопических водорослей / Т. М. Михеева // Наука и инновации. – 2018. – № 2 (180). – С. 15–19.
8. Югай, М. О. Цианобактерии как объект биотехнологии / М. О. Югай, Н. И. Кордакова // Вестник КазННТУ. – 2016. – № 4. – С. 304–307.
9. Sharma, R. Role of algae and cyanobacteria insustainable agriculture system / R. Sharma [et al.] // Wudpecker J. Agric. Res. – 2012. – Vol. 1, № 9. – P. 381–388.
10. Цоглин, Л. Н. Биотехнология микроводорослей / Л. Н. Цоглин, Н. А. Пронина. – М. : Научный мир, 2012. – 182 с.
11. Большев, Н. Н. Водоросли и их роль в образовании почв / Н. Н. Большев. – М. : МГУ, 1968. – 84 с.
12. Доброжан, С. Н. Использование некоторых видов синезеленых азотфиксирующих водорослей в качестве биологического удобрения / С. Н. Доброжан [и др.] // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 426–429.
13. Prasanna, R. Cyanobacteria as a «green» option for sustainable agriculture / R. Prasanna [et al.] // Cyanobacteria : An Economic Perspective / Eds.: N. K. Sharma, A. K. Rai, L. J. Stal. – Chichester, West Sussex : Wiley and Sons, 2014. – Ch. 9. – P. 145–166.
14. Singh, H. Cyanobacteria and agricultural crops / H. Singh, J. Singh Khattar, A. Singh Ahluwalia // International Journal of Plant Research. – 2014. – Vol. 27, is. 1. – P. 37–44.
15. Paudel, Y. P. Role of blue green algae in rice productivity / Y. P. Paudel [et al.] // Agriculture and Biology Journal of North America. – 2012. – Vol. 3, is. 8. – P. 332–335.
16. Лукьянов, В. А. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе / В. А. Лукьянов, А. И. Стифеев. – Курск : КГСХА, 2014. – 181 с.
17. Бачура, Ю. М. Почвенные водоросли и цианобактерии антропогенно-преобразованных почв (на примере Гомельского региона) / Ю. М. Бачура. – Чернигов : Десна Полиграф, 2016. – 148 с.
18. Гайсина, Л. А. Современные методы выделения и культивирования водорослей : учебное пособие / Л. А. Гайсина, А. И. Фазлутдинова, Р. Р. Кабиров. – Уфа, 2008. – 151 с.
19. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84. – Введ. 01.01.2002. – М. : Изд-во стандартизации, 2001. – 30 с.