

О влиянии культур ностока на рост и развитие семян пшеницы

Е.Н. ГАНЖУР, Ю.М. БАЧУРА

Изучена характеристика культуры почвенной цианобактерии рода *Nostoc* и возможности ее использования в качестве стимулятора роста пшеницы. Установлено, что исходная и разбавленная культуры ностока оказывают подтвержденное статистически стимулирующее действие на длину и массу проростков пшеницы. Показано, что оптимально проведение предварительного двухчасового замачивания семян в цианобактериальных культурах – при использовании исходной и разбавленной культур рода ностока фитозффекты по длине проростков пшеницы составили 40–45 %, по массе проростков – 74–106 %.

Ключевые слова: почвенные цианобактерии, пшеница, фитозффект, стимулирующее действие, *Nostoc*.

The characteristics of cultures of soil cyanobacteria of the genus *Nostoc* is studied. The possibilities of using *Nostoc* as a stimulator of wheat growth are considered. It is established that the original and diluted culture of *Nostoc* have a stimulating effect on length and weight of wheat seedlings. It is shown that a two-hour soaking of seeds in cyanobacterial cultures is optimal: when using the original and diluted cultures of *Nostoc* photoeffect on length of wheat seedlings amounted to 40–45 %, by weight of the seedlings – 74–106 %.

Keywords: soil cyanobacteria, wheat, phytoeffect, stimulating effect, *Nostoc*.

Введение. Почвенные цианобактерии – специфическая группа фотоавтотрофных микроорганизмов, сочетающих в себе признаки водорослей и бактерий. Они являются активным компонентом почвенной биоты, обогащают почву органическими веществами и кислородом, участвуют в азотфиксации, могут изменять рН почвенного раствора и повышать водоудерживающую способность почвы, выделяют метаболиты и биологически активные вещества, оказывающие влияние на почвенные организмы различных групп [1], [2].

Помимо естественной роли, выполняемой цианобактериями в наземных биогеоценозах, они находят применение и в хозяйственной деятельности человека. Одним из перспективных направлений в настоящее время является использование цианобактерий в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения и/или стимулятора роста высших растений. Выделяя физиологически активные вещества, изменяя рН в сторону нейтральной реакции среды, обогащая почву макро- и микроэлементами, являясь продуцентами антибиотически активных веществ, они ускоряют рост проростков растений, особенно их корней [3]–[8]. Цианобактерии рода *Nostoc* являются типичным представителем почвенной альгоцианобактериальной флоры Беларуси, что и обусловило изучение влияния ностока на рост и развитие семян пшеницы.

Материалы и методика исследований. Культивирование цианей осуществляли на основной среде Болда (Bold basal medium – ВВМ) [9] при температуре 20 ± 3 при 10/14 часовом чередовании световой и темновой фаз и освещении 3500–4000 лк с барботированием в дневное время. Определение количества клеток цианобактерий проводили с помощью камеры Горяева по стандартной методике [10].

Для проведения исследования использовали пшеницу (*Tricicum aestivum* L.). Была заложена серия экспериментов (без предварительного замачивания семян и с замачиванием семян на 1, 2 и 4 часа), каждый из которых включал четыре варианта опыта: контроль I (абсолютный, дистиллированная вода), контроль II (ВВМ), опыт I (культура водоросли исходная), опыт II (культура водоросли, разбавленная 1:1 средой Болда). Семена пшеницы раскладывали в емкости в пятикратной повторности по 10 штук и приливали по 5 мл жидкости в соответствии с вариантами опыта. На 4 и 8 сутки доливали по 2 мл соответствующих жидкостей. В ходе исследования определяли энергию прорастания (на четвертые сутки), всхожесть семян (на восьмые сутки), измеряли морфометрические показатели проростков пшеницы (на десятые сутки; длину корней, побегов и массу). Оценку и учет проросших семян вели с использованием ГОСТа 12038-84 [11]. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программ Statistica (Version 10) и Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Цианобактерии рода *Nostoc* входят в состав отдела Cyanobacteria класса Cyanophyceae порядка Nostocales семейства Nostocaceae [12]. Они характеризуются колониями различной формы и размеров, состоящими из гетероцитных неразветвленных трихомов с гетероцистами и часто акинетами, которые погружены в слизь различной консистенции. Плотность культуры составила 25,6 млн клеток на 1 мл культуры.

В эксперименте без предварительного замачивания энергия прорастания семян в вариантах опыта с дистиллированной водой и с основной средой Болда составила 90 %, в вариантах опыта исходной и разбавленной культурами *Nostoc* – 84 %. Наиболее активное развитие проростков на начальном этапе развития наблюдали при увлажнении фильтров дистиллированной водой и разбавленной культурой цианобактерий (рисунок 1).

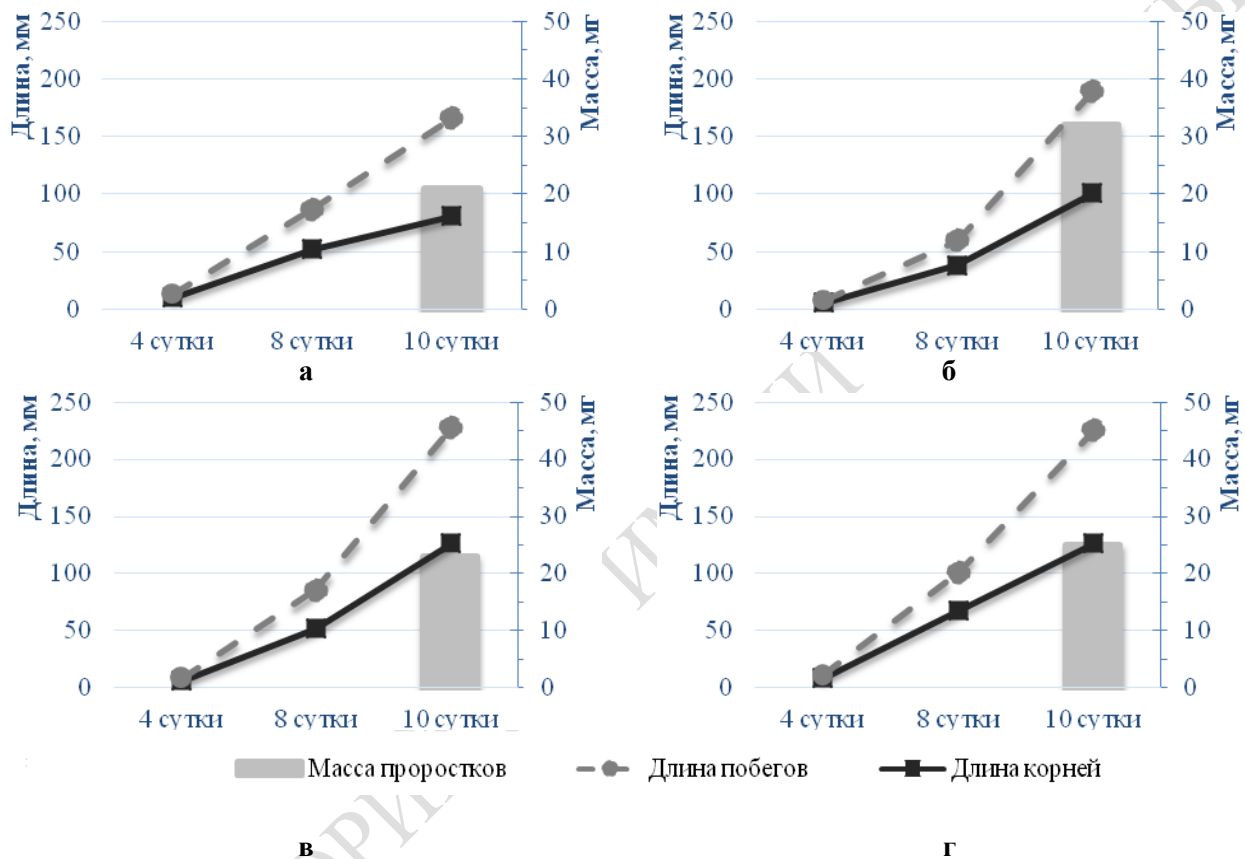


Рисунок 1 – Сравнение морфометрических показателей проростков пшеницы (эксперимент без предварительного замачивания семян); варианты опыта: а – вода дистиллированная, б – ВВМ, в – исходная культура *Nostoc*, г – разбавленная культура *Nostoc*

Средняя всхожесть семян составила 92 %; 100 %-ная всхожесть пшеницы отмечена в варианте опыта с исходной культурой ностока, минимальный показатель параметра выявлен в варианте опыта с разбавленной культурой цианобактерии (88 %). На восьмые сутки эксперимента наиболее активное развитие проростков пшеницы наблюдали в варианте опыта с разбавленной культурой ностока – длина проростков составила 100,9 мм, наименее активное – в варианте опыта с основной средой Болда (59,94 мм).

По итогам эксперимента средняя длина корней оказалась наибольшей в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc*; она составила 126,86 мм; наименьшей – в варианте опыта с дистиллированной водой – 81,38 мм. Максимальная длина корней выявлена для варианта опыта с разбавленной культурой ностока (215 мм). Для вариантов опыта с использованием исходной культуры *Nostoc* длина корней достоверно выше, чем для варианта опыта с дистиллированной водой ($F = 11,91$; $p < 0,01$) и основной средой Болда ($F = 10,79$; $p < 0,01$). Средняя длина побега была наибольшей в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc* (100,8 мм); наименьшей – в варианте опыта с основной средой Болда – 84,3 мм. Максимальная длина

побегов выявлена для варианта опыта с исходной культурой *Nostoc* (170 мм). В варианте опыта с исходной культурой *Nostoc* длина побега достоверно выше, чем в варианте опыта с дистиллированной водой ($F = 5,32$; $p < 0,01$). Средняя масса проростков варьировала от 21 мг в варианте опыта с дистиллированной водой до 32 мг в варианте опыта с основной средой Болда, максимум зафиксирован в варианте опыта со средой Болда (56 мг). Полученные данные по массе проростков достоверны ($F = 2,66-37,2$; $p \leq 0,01$).

По результатам эксперимента в порядке убывания значений были составлены: ряд средних длин проростков пшеницы: *Nostoc* исходная культура > *Nostoc* разбавленная культура > ВВМ > H₂O дистиллированная; ряд средней массы проростков пшеницы: ВВМ > *Nostoc* разбавленная культура > *Nostoc* исходная культура > H₂O дистиллированная.

При проведении эксперимента с предварительным замачиванием семян на 1 час энергия прорастания семян была аналогична показателям предыдущего эксперимента. На начальном этапе эксперимента проростки наиболее активно развивались при увлажнении фильтров культурами *Nostoc*, наименее активно при увлажнении фильтров основной средой Болда и дистиллированной водой (рисунок 2).

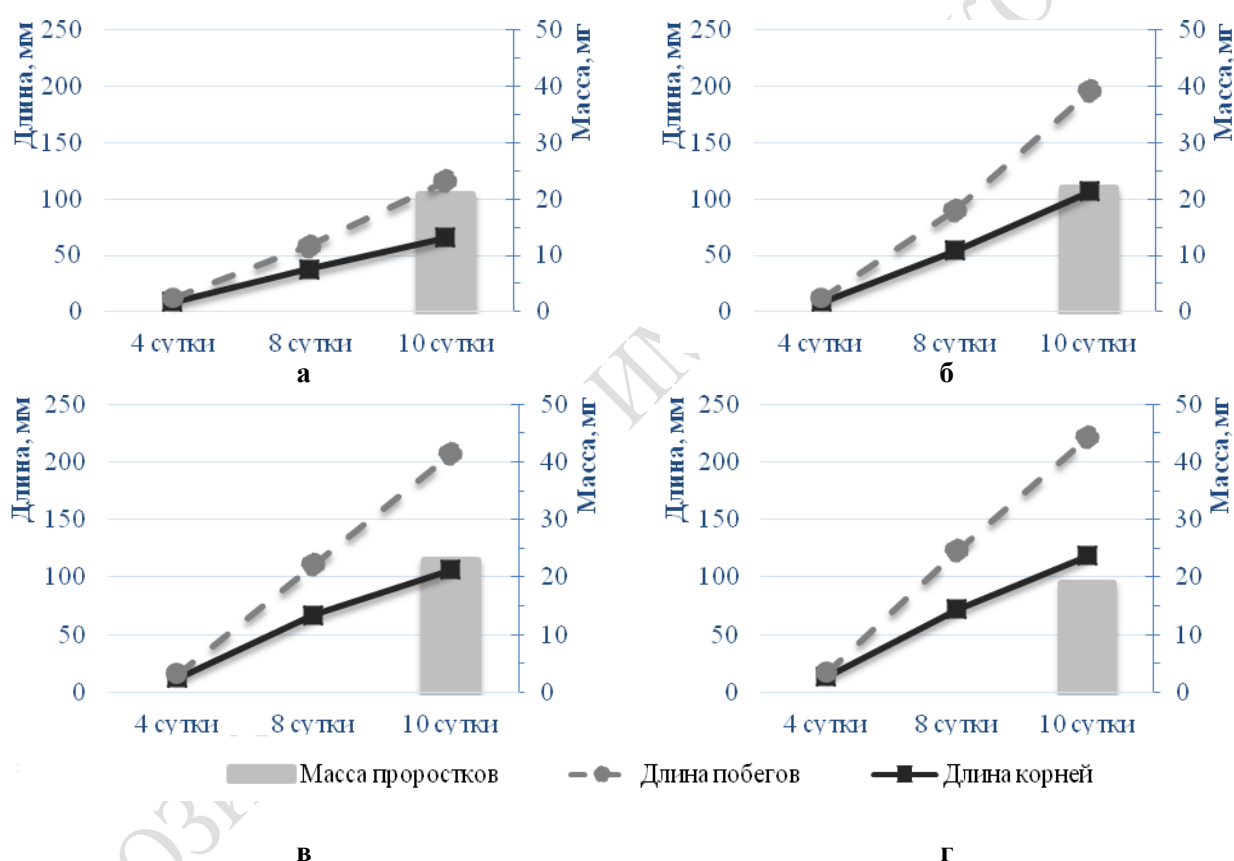


Рисунок 2 – Сравнение морфометрических показателей проростков пшеницы (эксперимент с предварительным замачиванием семян на 1 час); варианты опыта: а – вода дистиллированная, б – ВВМ, в – исходная культура *Nostoc*, г – разбавленная культура *Nostoc*

Средняя всхожесть семян составила 91 %; максимальный показатель отмечен в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc* – 100 %, минимальный – в варианте опыта с основной средой Болда – 84 %. На восьмые сутки эксперимента наиболее активно пшеница вегетировала в варианте опыта с разбавленной культурой ностока, наименее активно – в варианте опыта с дистиллированной водой (длина проростков составила 123,01 мм и 58,32 мм соответственно).

По итогам эксперимента наибольшая средняя длина корней была зафиксирована в варианте опыта с разбавленной культурой *Nostoc* – 118,6 мм, наименьшая – в варианте опыта с дистиллированной водой (64,44 мм); максимум по длине корней отмечен для варианта опыта с разбавленной культурой цианеи – 200 мм). Средняя длина побега была наибольшей в вари-

анте опыта с разбавленной культурой *Nostoc* – 102,72 мм; наименьшей – в варианте опыта с дистиллированной водой – 50,48 мм. Максимальная длина побегов выявлена для вариантов опыта с ностоком (160 мм). Для длины побегов достоверность данных не отмечена. Масса проростков варьировала от 19 мг в варианте опыта с разбавленной культурой *Nostoc* до 23 мг в варианте опыта с исходной культурой цианобактерии; максимум отмечен в варианте опыта с дистиллированной водой (46 мг). Средняя масса проростков в варианте опыта с исходной культурой ностока достоверно выше, чем в вариантах опыта с разбавленной культурой ностока ($F = 5,23$; $p < 0,01$) и основной средой Болда ($F = 4,62$; $p < 0,01$), а в варианте опыта со средой Болда достоверно выше, чем в вариантах опыта с разбавленной культурой ностока ($F = 4,62$; $p < 0,01$) и дистиллированной водой ($F = 4,62$; $p < 0,01$).

По результатам эксперимента с предварительным замачиванием семян на 1 час в порядке убывания значений, были составлены: ряд средних длин проростков пшеницы: *Nostoc* разбавленная культура > *Nostoc* исходная культура > ВВМ > H₂O дистиллированная; ряд средней массы проростков пшеницы: *Nostoc* исходная культура > ВВМ > H₂O дистиллированная > *Nostoc* разбавленная культура.

При увеличении времени замачивания семян до двух часов средняя энергия прорастания семян составила 78 %, максимальный показатель отмечен в варианте опыта с основной средой Болда (84 %), минимальный – в варианте опыта с разбавленной культурой *Nostoc* (70 %). Наиболее активное развитие проростков пшеницы на начальном этапе эксперимента наблюдали при увлажнении фильтров культурами ностока (рисунок 3).

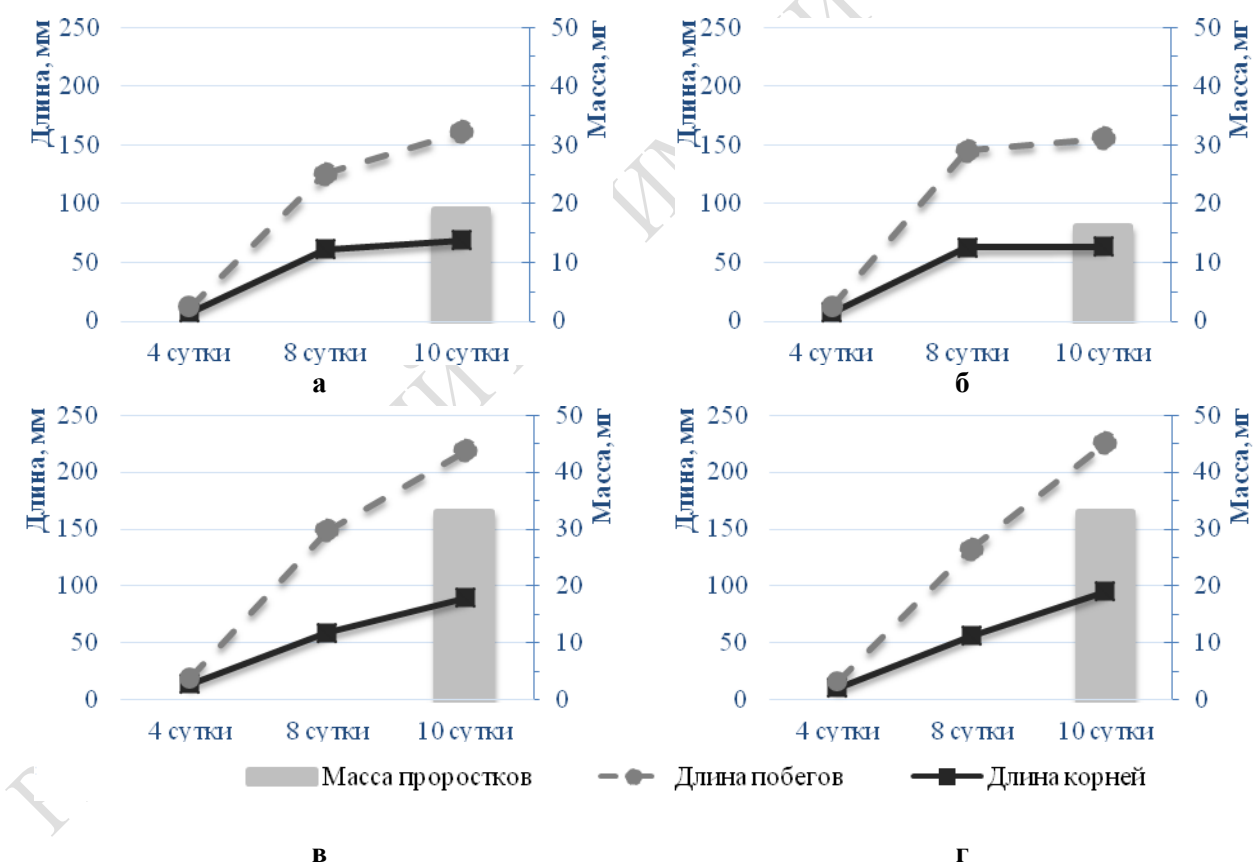


Рисунок 3 – Сравнение морфометрических показателей проростков пшеницы (эксперимент с предварительным замачиванием семян на 2 часа); варианты опыта: а – вода дистиллированная, б – ВВМ, в – исходная культура *Nostoc*, г – разбавленная культура *Nostoc*

Всхожесть семян варьировала от 78 % в варианте опыта с дистиллированной водой до 84 % в вариантах опыта с культурами цианобактерий. На восьмые сутки эксперимента наиболее активная вегетация проростков зафиксирована в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc* (149,08 мм), наименее активная – в варианте опыта с дистиллированной водой (125,04 мм).

На 10 сутки эксперимента средняя длина корней была наибольшей в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc* (95,72 мм); наименьшей – с основной средой Болда (63,34 мм). Максимальная длина корней выявлена для варианта опыта с исходной культурой *Nostoc* (171 мм). Установлено, что длина корней в варианте опыта с исходной и разбавленной культурами ностока достоверно выше, чем в вариантах опыта с основной средой Болда ($F = 12,29$; $p < 0,01$ и $F = 12,16$; $p < 0,01$ соответственно) и с дистиллированной водой ($F = 10,20$; $p < 0,01$ и $F = 10,19$; $p < 0,01$ соответственно). Средняя длина побега была наибольшей в варианте опыта с разбавленной культурой *Nostoc* – 130,08 мм; наименьшей – в варианте опыта с дистиллированной водой (91,38 мм). Максимальная длина побега выявлена для вариантов опыта с разбавленной культурой *Nostoc* (191 мм). Показано, что длина побегов в вариантах опыта с исходной и разбавленной культурами ностока достоверно выше, чем в вариантах опыта с основной средой Болда ($F = 9,08$; $p < 0,01$ и $F = 9,93$; $p < 0,01$ соответственно) и дистиллированной водой ($F = 13,46$; $p < 0,01$ и $F = 15,14$; $p < 0,01$ соответственно).

Средняя масса проростков варьировала от 16 мг в варианте опыта с основной средой Болда до 33 мг в вариантах опыта с ностоком, максимальный показатель выявлен в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc* (46 мг). Показано, что средняя масса проростков в вариантах опыта с исходной и разбавленной культурами ностока достоверно выше, чем в вариантах опыта с дистиллированной водой ($F = 45,6$; $p < 0,01$; $F = 59,5$; $p < 0,01$) и основной средой Болда ($F = 89,4$; $p < 0,01$).

По результатам эксперимента с предварительным замачиванием семян пшеницы на 2 часа в порядке убывания значений были составлены: ряд средних длин проростков пшеницы *Nostoc* разбавленная культура > *Nostoc* исходная культура > H₂O дистиллированная > ВВМ; ряд средней массы проростков пшеницы *Nostoc* разбавленная культура = *Nostoc* исходная культура > H₂O дистиллированная > ВВМ.

При проведении эксперимента предварительным замачиванием семян пшеницы на 4 часа средняя энергия прорастания семян пшеницы варьировала от 60 % в варианте опыта с дистиллированной водой до 70 % в варианте опыта с разбавленной культурой цианобактерии. Наиболее активное развитие проростков наблюдали при увлажнении фильтров культурами *Nostoc* (рисунок 4).

Всхожесть семян была максимальной при использовании культур ностока (84 %), минимальной – при использовании дистиллированной воды (78 %). На восьмые сутки эксперимента наибольшая длина проростков отмечена в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc*, наименьшая – в варианте опыта с дистиллированной водой (153,36 мм и 107,06 мм соответственно).

На десятые сутки средняя длина корней была наибольшей в варианте опыта с разбавленной культурой *Nostoc*, она составила 104,6 мм; наименьшей – в варианте опыта с основной средой Болда – 63,94 мм. Максимум по длине корней зафиксирован в варианте опыта с разбавленной культурой *Nostoc* (157 мм). Наибольшая средняя длина побега была отмечена в варианте опыта с исходной культурой *Nostoc* (110,36 мм); наименьшая – в варианте опыта с дистиллированной водой (82,68 мм). Максимум по длине побегов выявлен в варианте опыта с основной средой Болда (175 мм). Доказано, что длина побегов в вариантах опыта с исходной культурой ностока достоверно выше, чем в вариантах опыта с основной средой Болда и дистиллированной водой ($F = 7,58$; $p < 0,01$ и $F = 13,70$; $p < 0,01$ соответственно); в варианте опыта с разбавленной культурой цианобактерии – достоверно выше, чем в варианте опыта с дистиллированной водой ($F = 6,00$; $p < 0,01$).

Наибольшая средняя масса проростков пшеницы была зафиксирована в варианте опыта с исходной культурой ностока (0,35 мг); наименьшая – в варианте опыта с основной средой Болда (0,25 г), максимумы по массе проростков во всех вариантах опыта отличались незначительно и варьировали в пределах 41–46 мг. Средняя масса проростков в вариантах опыта с исходной и разбавленной культурами ностока достоверно выше, чем в вариантах опыта с дистиллированной водой ($F = 13,70$; $p < 0,01$) и основной средой Болда ($F = 7,58$; $p < 0,01$; $F = 29,86$; $p < 0,01$).

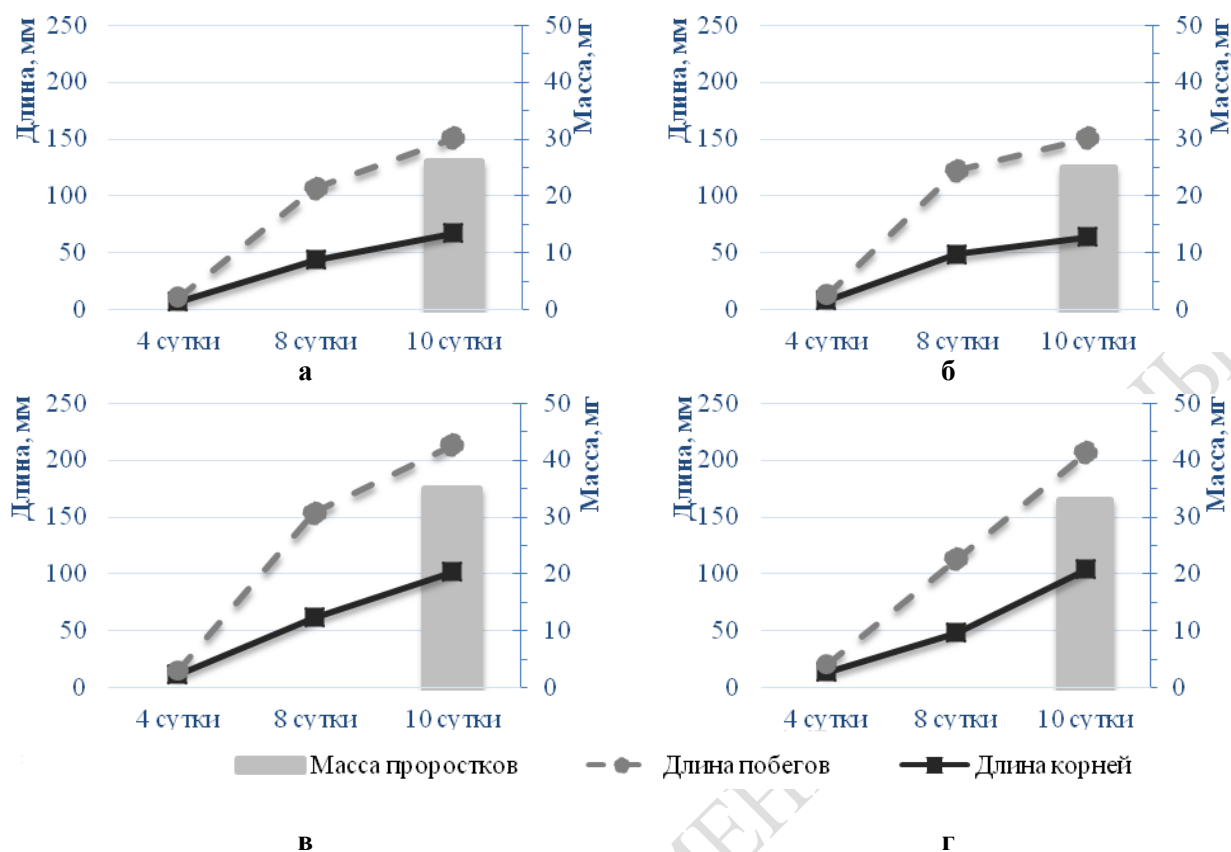


Рисунок 4 – Сравнение морфометрических показателей проростков пшеницы (эксперимент с предварительным замачиванием семян на 4 часа); варианты опыта: а – вода дистиллированная, б – ВВМ, в – исходная культура *Nostoc*, г – разбавленная культура *Nostoc*

По результатам эксперимента с четырехчасовым замачиванием семян пшеницы в порядке убывания значений были составлены: ряд средних длин проростков пшеницы: *Nostoc* исходная культура > *Nostoc* разбавленная культура > ВВМ > H₂O дистиллированная; ряд средней массы проростков пшеницы: *Nostoc* исходная культура > *Nostoc* разбавленная культура > H₂O дистиллированная > ВВМ.

Сравнительный анализ динамики развития проростков пшеницы показал, что замачивание семян в культурах ностока и среде Болда приводит к более быстрому росту проростков; замачивание семян на 1 и 2 часа в культурах ностока дает увеличение длины проростков. Увеличение времени замачивания семян до 2 и 4 часов в вариантах опыта с цианобактериями обуславливает значительное повышение массы проростков. Для всей серии экспериментов установлено, что длина проростков при использовании исходной и разбавленной культур ностока достоверно выше, чем в контрольных вариантах опыта.

Выявлено, что относительно абсолютного контроля с дистиллированной водой фитозффекты по длине проростков составили 37–40 % при использовании исходной культуры ностока и 36–91 % при использовании разбавленной культуры; относительно контроля с основной средой Болда – 1–45 % при использовании исходной культуры и 13–45 % при использовании разбавленной культуры цианобактерии. Стимулирующее действие культур ностока на массу проростков было несколько ниже. В экспериментах без предварительного замачивания семян и с замачиванием семян на 1 час получено некоторое снижение массы проростков в вариантах опыта с ностоком относительно контрольных вариантов. Наибольшие значения фитозффектов по массе проростков зафиксированы в экспериментах с замачиванием семян на 2 и 4 часа.

Заключение. В ходе проведенной серии экспериментов изучена характеристика культуры почвенной цианобактерии рода *Nostoc* и возможности ее использования в качестве сти-

мулятора роста пшеницы. Установлено, что исходная и разбавленная культуры ностока оказывают подтвержденное статистически стимулирующее действие на длину и массу проростков пшеницы в ряде вариантов опыта. Показано, что оптимально проведение предварительного двухчасового замачивания семян в цианобактериальных культурах – при использовании исходной и разбавленной культур рода *Nostoc* фитоэффекты по длине проростков пшеницы составили 40–45 %, по массе проростков – 74–106 %. Выполненное исследование обуславливает проведение дальнейших экспериментов с целью установления более четких закономерностей по изменению массы проростков под действием культур ностока и изучения влияния цианобактерий на другие сельскохозяйственные растения.

Литература

1. Штина, Э.А. Экология почвенных водорослей / Э.А. Штина, М.М. Голлербах. – М. : Наука, 1976. – 143 с.
2. Андреев, Е.И. Цианобактерии / Е.И. Андреев, Ж.П. Коптева, В.В. Занина ; под ред. М.И. Менджул. – Киев : Наук. Думка, 1990. – 200 с.
3. Шальго, Н.В. Микроводоросли и цианобактерии как биоудобрение / Н.В. Шальго // Наука и инновации. – 2019. – № 3 (193). – С. 22–26.
4. Лукьянов, В.А. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе / В.А. Лукьянов, А.И. Стифеев. – Курск : КГСХА, 2014. – 181 с.
5. Нгуен, Т.К. Морфологические и физиологические особенности сине-зеленой водоросли *Napalasion fontinalis* и возможности ее использования в повышении урожайности некоторых сельскохозяйственных культур : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Т.К. Нгуен. – Киев, 1987. – 22 с.
6. Использование некоторых видов синезеленых азотфиксирующих водорослей в качестве биологического удобрения / С.Н. Доброжан [и др.] // Альгология. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 426–429.
7. Role of blue green algae in rice productivity / Y.P. Paudel [et al.] // Agriculture and biology journal of North America. – 2012. – V. 3, № 8. – P. 332–335.
8. Blue-green algal treatment and inoculation had no significant effect on rice yield in an acidic wetland soil / P.M. Reddy [et al.] // Phil. Agri. Special BGA ISSUE. – 1986. – V. 69. – P. 629–632.
9. Гайсина, Л.А. Современные методы выделения и культивирования водорослей: учебное пособие / Л.А. Гайсина, А.И. Фазлутдинова, Р.Р. Кабиров. – Уфа : БГПУ, 2008. – 152 с.
10. Влияние культуральной жидкости микроводорослей на рост и развитие семян корнеплодов / Э.А. Туктарова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 1–2. – С. 127–130.
11. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести : ГОСТ 12038-84. – Введ. 01.01.2002. – М. : Изд-во станд., 2001. – 30 с.
12. The on-line database of cyanobacterial genera [Electronic resource] / J. Komárek, T. Hauer. – Mode of access : <http://www.cyanodb.cz>. – Date of access : 24.05.2019.