

*В. С. Трунилина, В. А. Нестерова,  
А. А. Козеняшева, М. С. Темнов\**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ПУТЕМ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА НЕЙ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA VULGARIS***

В процессе производства этанола образуется послеспиртовая барда, которая при сбросе в стоки вызывает загрязнение окружающей среды. В то же время, барда обладает известной питательной и кормовой ценностью, поскольку именно в барде остается значительная часть витаминов, катионов и анионов минеральных солей, а также небольшом количестве аминокислот, органических кислот после того, как крахмалистые и сахаристые компоненты переработаны на этанол [1]. В связи с этим возможно использование послеспиртовой барды в биотехнологических производствах, в качестве основы питательной среды при культивировании фотосинтетических миксотрофных микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности нуждаются в минеральных солях, витаминах и небольшом количестве органических веществ.

Одним из продуктов, который потенциально может быть произведен биотехнологическими методами с применением микроводорослей и послеспиртовой барды, является биоудобрение. Биоудобрение на основе микроводорослей представляет собой суспензию, содержащую живые микроорганизмы, которые при нанесении на семена, поверхности растений или почву синтезируют фитогормоны и другие полезные вещества (аминокислоты, углеводы, пептидные соединения), стимулируя рост сельскохозяйственных культур [2].

В связи с этим, целью данного исследования являлось изучение процесса утилизации послеспиртовой барды путем культивирования на ней микроводоросли *Chlorella vulgaris Beijer IPPAS C-1* с применением полученной суспензии в качестве биоудобрения.

В исследовании был использован штамм *Chlorella vulgaris Beijer IPPAS C-1*, полученный в Институте физиологии растений им. Тимирязева РАН.

---

\* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ» Д. С. Дворецкого.

Культивирование микроводорослей проводили на двух средах: питательная среда, основой которой является послеспиртовая барда (барда:вода – 50:50%) и среда Тамийя (100%) в качестве контроля. Уровень pH приготовленных питательных сред составлял 6,35. Процесс проводили при следующих фиксированных условиях:

- 1) посевной материал концентрацией 9,7 млн кл/мл составлял 10% от общего объема суспензии;
- 2) температура культивирования поддерживалась на уровне  $30 \pm 1$  °С;
- 3) освещенность составляла ФАР =  $125 \pm 0,1$  мкмоль фотонов/(м<sup>2</sup> с);
- 4) во всех экспериментах суспензия барботировалась газовой воздушной смесью с содержанием углекислого газа 0,03% и расходом  $3 \pm 0,5$  л/мин.

Культивирование осуществлялось в течение 6 суток до стационарной фазы роста. Каждые сутки осуществлялся подсчет клеток в суспензии методом прямого подсчета в камере Горяева и измерялся уровень pH.

Культура микроводорослей, выращенная на послеспиртовой барде, применялась в качестве биоудобрения для сельскохозяйственной тест-культуры томатов сорта «Детская сладость» (фирма Русский вкус Гавриш). В эксперименте использовался универсальный грунт фирмы «Родная земля», в который на 0 и 14 сутки вносились следующие виды биоудобрений объемом 30 мл:

- 1) суспензия микроводорослей, выращенная на послеспиртовой барде, отбор которой осуществлялся на 2 сутки;
- 2) суспензия микроводорослей, выращенная на послеспиртовой барде, отобранная на 6 сутки;
- 3) суспензия микроводорослей, выращенная на среде Тамийя (отбор 2 сутки);
- 4) суспензия микроводорослей, выращенная на среде Тамийя (отбор 6 сутки);
- 5) простерилизованная в течение 5 минут при 105 °С чистая барда;
- 6) положительный контроль – минеральное удобрение «Секрет урожая» (содержание доступных для растений питательных элементов (%): органическое вещество – 80; азот – 6; фосфор – 6; калий – 2; магний – 2; сера – 4; железа – 0,1; марганец – 0,05; бор – 0,01; медь – 0,01; цинк – 0,01; гуминовые вещества – 3,0);
- 7) отрицательный контроль – дистиллированная вода.

Семена, используемые в эксперименте, были предварительно проверены на всхожесть. Посев культуры томата осуществлялся в пластиковые стаканчики объемом 200 мл. В каждый стаканчик был внесен заранее подготовленный грунт в количестве 170 г. Для тестирования одного вида биоудобрения проводилось на 7 параллельно выращиваемых образцах томата. Таким образом, для тестирования всех 7 видов биоудобрения понадобилось 49 образцов тест-культуры. В заранее подготовленный грунт были внесены все виды биоудобрения, затем проводился посев семян томата, после чего образцы помещались в парник. После всхода образца, он помещался на подоконник, средний уровень освещенности на котором в мае – июне в солнечный день составляет 440...625 мкмоль фотонов/(м<sup>2</sup> с). По мере высыхания почвы в нее вносилась обычная вода для увлажнения почвы 15 мл (один раз в 4 дня). В течение всего эксперимента каждые 10 суток производился замер длины ростков и количество листьев.

Результаты эксперимента, представленные в таблице 1, показали, что максимальный процент всхожести томатов 100% у положительно-го контроля, а также 71% наблюдается при использовании в качестве биоудобрения суспензии микроводорослей совместно с послеспиртовой бардой на 6 сутки.

### 1. Процент всхожести томатов

Образец	1	2	3	4	5	6	7	Процент всхожести %
Суспензия (6 сутки)	-	+	-	-	-	-	-	14
Дистиллированная вода	+	+	-	-	-	-	-	27
Барда	-	-	+	-	-	-	-	14
Суспензия (2 сутки)	+	+	-	+	+	-	-	57
Удобрение	+	+	+	+	+	+	+	100
Суспензия/барда (2 сутки)	-	+	-	-	-	-	+	27
Суспензия/барда (6 сутки)	+	+	+	-	+	-	+	71

Наибольшая средняя высота рассады наблюдалась у образцов, для стимулирования роста которых в качестве биоудобрения использовались: 1) суспензия микроводорослей (6 суток) – 19,5 см; 2) суспензия микроводорослей, выращенная на питательной среде, основой которой являлась послеспиртовая барда (6 суток) – 18,9 см (рис. 1).

Максимальное количество листьев на 30 сутки культивирования наблюдалось у образцов, для стимулирования роста которых в качестве биоудобрения использовались: 1) суспензия микроводорослей (6 суток) – 22 шт.; 2) суспензия микроводорослей, выращенная на питательной среде основой которой являлась послеспиртовая барда (6 суток) – 20 шт. (рис. 2).

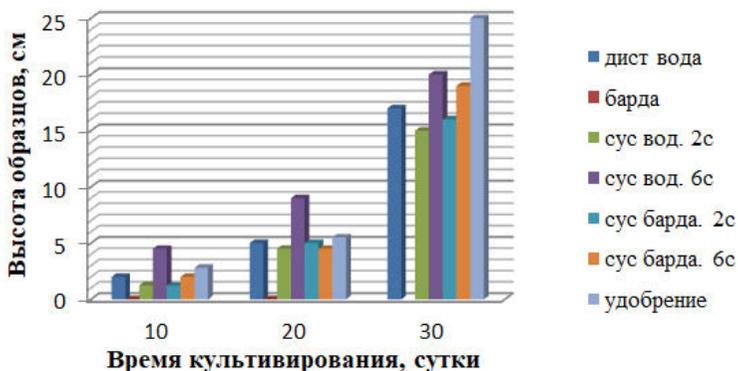


Рис. 1. Динамика роста высоты рассады томатов

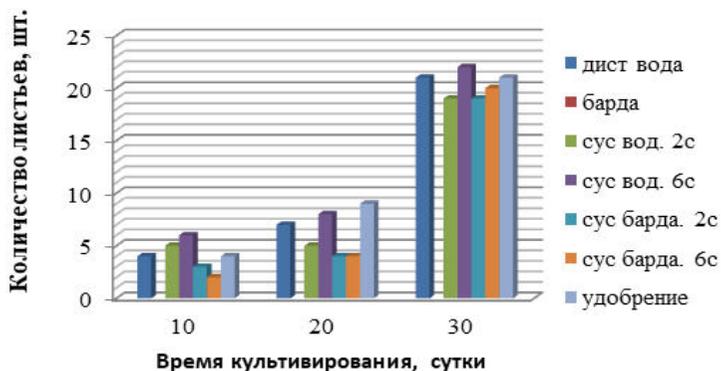


Рис. 2. Динамика роста количества листьев образцов томатов

По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что перспективно в качестве биоудобрения использовать суспензию микрородорослей, выращенную на питательной среде, основой которой является послеспиртовая барда (6 сутки), так как в стационарной фазе роста накапливается достаточно большое количество метаболитов микрородорослей (в частности индолил-3-укусусная кислота), которые являются фактором роста для семян томатов.

### Список литературы

1. Крючков, М. М. Влияние барды – отхода спиртозаводов на урожайность сельскохозяйственных культур и пастбища / М. М. Крючков, О. В. Ушаков, Е. Н. Закабунина // Гл. агроном. – 2011. – № 6. – С. 7 – 10.
2. Торшина, А. В. Применение фильтрата спиртовой барды в качестве альтернативного удобрения при выращивании саженцев яблони / А. В. Торшина, А. С. Гурин // Гл. агроном. – 2011. – № 7. – С. 33–34.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*