

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАЛОТОННАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ (МБСЗР)

Крутякова В.И., Белоусов М.Ю., Осипенко Т.Н., Бурденко Т.И., Шалова Н.В.
Инженерно-технологический институт "Биотехника" НААН Украины, г. Одесса

Показана целесообразность создания мало- и среднетоннажных производств микробиологических средств защиты растений (МБСЗР) на основе новейших технологий и разработок оборудования модульного типа, которое может быть использовано для реализации биотехнологических процессов с использованием различных видов микроорганизмов в условиях лабораторной и промышленной наработки посевных культур и товарных партий микробиопрепаратов в жидкой препаративной форме как отдельно, так и в составе комплекса и может быть предназначено для оснащения биолaborаторий и биофабрик различных форм собственности. Концепция, которая последовательно реализовывалась при выборе принципа построения и состава модулей - это возможность осуществления длительных периодически непрерывных процессов глубинного культивирования микроорганизмов в условиях особых требований к асептике на всех стадиях процесса биосинтеза с применением экономичных теплообменных аппаратов. Новая технология предлагает набирать ПС с увеличенным до 15-20 % соотношением питательных компонентов и воды, получать стерильную воду нетепловым способом. Для проверки и внедрения новых технологий в производство в ИТИ «Биотехника» был разработан и создан экспериментальный образец ферментационного комплекса с автоматизированными модулями.

Feasibility of establishing a small - and medium sized enterprises microbiological plant protection(MBBR), based on the latest technologies and the development of modular equipment that can be used to implement processes microbiology using different types of micro-organisms in terms of laboratory and industrial development of crops and consignments microbial preparations in liquid form, both individually and as part of the complex and is designed to equip biological laboratories, biofactory various forms of ownership. The concept, which is implemented consistently in the selection and design principles and composition of modules - the possibility of longterm periods of continuous processes of submerged cultivation of microorganisms in the conditions of the special requirements for aseptic at all stages of the biosynthesis using efficient heat exchangers. The new technology offers production substratum concentration of 15 % in the ratio of nutrients and water, sterilized water production method without heat. To check and introduction of new technologies into production in ETI "Biotechnica" was designed and developed an experimental model of the complex fermentation using automatic modules.

Ключевые слова: микробиологические средства защиты, энергоэффективность, энергосберегающие технологии, ферментер

Введение. Наблюдается устойчивая тенденция к частичной замене химических средств аналогами природных механизмов регулирования численности вредных организмов, среди которых биологические средства защиты являются одними из главных [1]. В биологическом земледелии в последнее время отдают предпочтение микробиологическим средствам защиты растений (МБСЗР) в жидкой препаративной форме, которые, по сравнению с порошковыми и пастообразными формами имеют более высокую энтомоцидную активность, а также требуют значительно меньших затрат энергии при наработке. Таким образом, наработка и применение микробиопрепаратов позволяет более оперативно реагировать на изменения фитосанитарной ситуации в отдельном регионе.

Концепция развития производства и использования биологических средств защиты растений в Украине базируется на тенденции отечественной и зарубежной науки и практики о целесообразности отказа от заводов-гигантов, а вместо этого – создание мало – и среднетоннажных производств нарабатывающих от десятков до тысяч тонн жидких препаратов за год.

Современные региональные производства МБСЗР осуществляются на качалках микробиологических или в отдельных ферментерах – реакторах общепромышленного использования. Техническую базу таких производств составляют автоклавы, стерилизаторы типа ГП, термостаты, холодильные камеры и т.д., которые в основном отработали свой амортизационный ресурс, почти не автоматизированы и имеют низкий коэффициент полезного действия.

При проведении анализа существующих технологий малотоннажного производства МБСЗР были разработаны научные рекомендации по совершенствованию технологий наработки микробиопрепаратов, разработка нового биотехнического оборудования на основе энергосбережения.

Материалы и методы. Значительные уменьшения материалоемкости и затрат энергии при производстве микробиопрепаратов были достигнуты за счет прогрессивного подхода и научно-технических решений, которые были заложены в разработку нового оборудования [2, 3], а именно:

- применение новых технологий получения жидких питательных сред (ПС) и аэрирующего воздуха.
- изготовление корпусов аппаратов из тонколистовой ($\delta = 0,8-1,25$ мм) коррозионностойкой стали;

Существующая технология приготовления жидких питательных сред (ПС) состоит из процессов одновременного смешивания с водой и нагрева питательных компонентов в соотношении от 1% до 5% общего количества среды в зависимости от вида микроорганизмов, тепловой стерилизации ПС и охлаждения его до температуры культивирования согласно регламенту.

Согласно новой технологии с целью сокращения времени и соответственно – уменьшения энергозатрат на стерилизацию питательных сред, концентрированные ПС (КПС) нарабатываются с увеличенным до 15-20 % соотношением питательных компонентов и воды. Жидкую КПС сначала нагревают в емкостном стерилизаторе, затем выдерживают и подают в ферментационные аппараты для дальнейшего охлаждения и доведения до нужной концентрации питательных веществ холодной стерильной водой.

Необходимый для наработки микробиопрепаратов объем КПС составляет от 1/10 до 1/3 необходимого объема в ферментерах ПС.

Проведены исследования зависимости конечной температуры смеси ПС в ферментере при различных значениях температуры поступающей из аппарата стерилизации и охлаждения питьевой воды и кратности разведения КПС [4].

Количество и температура воды в смеси с КПС обеспечивают такое процентное соотношение питательных веществ, температуры и заполнения ферментера, которые являются оптимальными для процессов культивирования выбранного вида микроорганизма.

Существующая технология получения стерильной холодной воды предусматривает нагрев воды в емкостных или проточных аппаратах до температуры более 100 °С с использованием теплоносителей (водяного пара, электроэнергии), а затем охлаждения с помощью большого количества воды.

Новая технология предлагает получать стерильную воду нетепловым способом с применением системы бактерицидных фильтров и УФ - излучения, а охлаждение осуществлять с применением естественного или искусственного холода (холодильной установки) [5].

Наиболее распространенной технологией получения стерильного сжатого воздуха, которое используют в процессе ферментации, является применение термического воздействия водяного пара или электроэнергии (прокаливания) с последующим охлаждением в теплообменных аппаратах, которые также необходимо стерилизовать.

Предлагаемая технология базируется на нетепловом методе воздействия на постороннюю микрофлору воздуха за счет применения фильтрующих материалов и УФ - излучения [6].

Отработанный воздух, поступающий из ферментеров, также нуждается в стерилизации, поскольку содержит большое количество микроорганизмов и продуктов метаболизма клеток.

Для проверки и внедрения новых технологий в производство в ИТИ «Биотехника» был разработан и создан экспериментальный образец ферментационного комплекса модульного типа.

Концепция, которая последовательно реализовывалась при выборе принципа построения и составу модулей – это возможность осуществления длительных периодически непрерывных процессов глубокого культивирования микроорганизмов в условиях особых требований к асептике на всех стадиях процесса биосинтеза с применением экономичных теплообменных аппаратов, а именно:

- стерилизаторов ПС (аппаратов типа «тепловая труба»);
- аппаратов стерилизации и охлаждения питьевой воды;
- тонкостенных рабочих ферментеров.

Мытье оборудования предусмотрено горячими моющими растворами с последующей продувкой полостей водяным паром, который поступает из источника получения водяного пара (парогенератора или др.), а коммуникации обрабатывают в дезинфицирующих растворах с дальнейшим пропариванием.

В состав комплекса входят следующие составные части:

- модуль приготовления и стерилизации КПС;
- модуль получения обеззараживания сжатого воздуха;
- модуль обеззараживания и охлаждения воды;
- модуль ферментации микроорганизмов – 6 компл.
- система коммуникаций;
- пульта управления.

Структурное построение комплекса приведено на рисунке 1.

При разработке технологии приготовления КПС были заложены прогрессивные подходы и научно-технические решения по снижению затрат энергии для достижения стерильности:

- применение пара и нетепловых методов, в частности использование УФ - излучения для бактерицидного действия на микрофлору воды и воздуха;
- использование холода для охлаждения технологической стерильной воды и термостабилизации процесса культивирования;
- построение комплекса с минимальной протяженностью гибких трубопроводов.

Опытные исследования проводились путем наработки жидких товарных форм препаратов Планриз БТ и Триходермин БТ в такой последовательности:

- приготовление и стерилизация КПС;
- стерилизация ферментеров;
- обеззараживание (стерилизация) и охлаждение воды;
- обеззараживание коммуникаций и арматуры;
- культивирование микробиологических биопрепаратов планриз и триходермин.

В автоклаве отдельно стерилизовали отдельные узлы оборудования.

В емкости стерилизатора приготовили КПС 20 % - концентрации смешиванием питательных компонентов с питьевой водой, а затем нагрели до температуры 121 °С и выдержали в течении 30 минут.

Результаты исследования даны в таблице 2.

Пустые емкости ферментеров стерилизовали нагревом электронагревателями (ТЭНами) до температуры 140 °С в контрольной точке (крышке), а затем охладили до температуры 98 °С обдувом наружным воздухом сквозь зазор между рабочим и наружным корпусами. Значение конечной температуры ПС нужной концентрации питательных веществ, доведенной в ферментерах за счет разведения КПС холодной стерильной водой, соответствует уровню температуры культивирования.

Емкость обеззараживания и охлаждения воды прогрели паром от парогенератора до температуры 100 °С в течение 30 мин., заправили водой через блок обеззараживания (фильтры, УФ - устройства) от водопроводной сети, после чего одновременно начали охлаждение фреоном, поступающим в змеевик от холодильного агрегата и стерилизацию воды за счет циркуляции воды по контуру обеззараживания.

Наполнение ферментеров КПС осуществили перекачиванием сжатым воздухом, с помощью насоса добавили охлажденную воду из емкости обеззараживания и охлаждения воды, инокулировали перекачиванием в ферментеры из стеклянной герметичной тары через воронку и приступили к процессу культивирования микробиологического биопрепарата. Весь комплект оборудования подобран так, что дает возможность вводить последовательно в процесс наработки все шесть ферментеров течение суток.

Процесс культивирования проводили с постоянным перемешиванием и аэрацией культуральной жидкости. Все основные технологические параметры и показатели контролировали и регулировали с помощью пультов системы автоматизации.

Контроль процесса осуществляли путем периодического отбора проб, которые передавали в лабораторию для определения уровня pH и титра.

Результаты и обсуждение. Новая технология приготовления жидких ПС имеет ряд преимуществ перед технологиями традиционными.

Главное преимущество- это возможность нарабатывать в одном ферментационном комплексе от одного до шести видов биопрепаратов общей производительностью 420 дм³/цикл.

Получение концентрата КПС позволяет сократить длительность процесса пребывания сред под действием высоких температур, что является важным фактором для качества КПС. Кроме того, согласно новой технологии достигается уменьшение затрат энергии по сравнению со способом стерилизации ПС кратностью разведения 1:1 в 3-4 раза. Сравнительные показатели технологий стерилизации ПС и КПС для наработки биопрепаратов производительностью 420 дм³/цикл даны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели технологий стерилизации ПС и КПС

№ п/п	Показатель	Единица измерения	ПС 1 % концентрации	КПС 20 % концентрации
1	Производительность	дм ³ /цикл	420	50
2	Удельные затраты энергии	кВт час/дм ³	0,32	0,26
3	Продолжительность стерилизации	час	16,0	2,0

Стерилизации подлежит от 1/10 до 1/3 необходимого объема ПС, что позволяет обеспечивать ПС от 3 до 10 ферментационных аппаратов.

Возможность получения значений конечной температуры среды нужной концентрации питательных веществ, доведенной в ферментере за счет разведения КПС холодной стерильной водой, которая соот-

ветствует уровню температуры культивирования отменяет необходимость в дополнительных затратах энергии на доохлаждение культуральной жидкости до необходимой температуры.

Значения температур нормализованных (разведенных) ПС для различных конечных концентраций питательных компонентов (см. таблица 2).

Таблица 2 – Температуры нормализованных (разведенных) ПС в ферментере полезным объемом 70 дм³

№ п/п	Кратность разведения	Температура воды, °С	Конечная концентрация, %	Температура смеси, °С
1	1:4	8 °С	5 %	28
2	1:6	8 °С	3 %	26
3	1:6	10 °С	3 %	27
4	1:11	18 °С	1,5 %	29

На рисунке 2 в виде диаграмм представлены сравнительные показатели энергозатрат по традиционной и предлагаемой технологиям.

Сводные результаты испытаний ферментационного комплекса по наработке микробиопрепаратов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сводные результаты испытаний

№ п/п	Наименование препарата	Время культивирования, час. -мин.	Титр, ж.кл./см ³	Кол-во, дм ³	Наличие посторонней микрофлоры, %	Уровень рН	Затраты энергии, кВт·час	Удельные затраты энергии, кВт·час/дм ³
1	Планриз БТ	22.00	3,75·10 ⁹	420	0,3	6,8	39,75	0,54
2	Триходермин БТ	51.30	2,4·10 ⁹	420	0,3	6,0	70,95	0,97

Вывод. Технологические характеристики созданного ферментационного комплекса позволяют обеспечивать одновременную наработку до шести видов микроорганизмов с разным механизмом действия (триходермин, планриз, бактероденцид, лепидоцид, битоксибацилин, гаупсин) общей производительностью 420 дм³/цикл и 40 – 50 м³/сезон и проводить защитные мероприятия на площадях более 150га с / х культур.

Предлагаемая технология сокращает каждый цикл наработки биопрепаратов, уменьшает затраты энергии за каждую операцию и позволяет уменьшить затраты энергии за сезон. Расчетный срок окупаемости затрат с момента ввода комплекса в эксплуатацию равен двум годам.

Рекомендуется создавать региональные производства, построенные на такой технологии по модульному принципу на базе действующих областных биофабрик, где уже есть необходимые условия для наращивания их производительности (наличие производственных площадей, коммуникаций, энергообеспечения), на производственных площадях которых можно разместить от одного до десяти таких комплексов.

Литература

- Беспалов І.М. Біологічні засоби захисту рослин все більше наступають на хімічні препарати / І.М. Беспалов, В.В. Задонський, Л.В. Краснощорова, В.І.Крутякова // *Зерно і хліб*, 2014. - №4(76). – С.50.
- Тонкостінний ферментаційний апарат : пат. UA № 82696 Україна, А61L 2/04 С12М 1/12 Косой С.М. / С.М. Косой, В.С. Овчарук, Старчевський І.П. та ін. – дата публ. 12.05.2008, Бюл. № 9.
- Ходорчук В.Я. Устаткування для малооб'ємного виробництва мікробіологічних засобів захисту рослин [Текст] / В.Я. Ходорчук, О.І. Кримінський // *Аграрна наука – виробництво*, 2013.
- Косой С.М. Спосіб комбінованої термоультрафіолетової стерилізації і охолодження рідких поживних середовищ для отримання якісних мікробіологічних засобів захисту рослин / О.І. Кримінський, Т.М. Осипенко // *Зб. Аграрних наук виробництво*. – смт Глеваха, 2012. - № 90. – С. 43-80.
- Добров В.І. Подготовка, очистка и стерилизация воздуха для аэробных процессов микробиологического синтеза [Текст] / В.И. Добров, С.М. Косой, Л.А. Васютинская, Н.С. Лебедева // *Вісник аграрної науки Південного регіону*. 2009 - С. 83-84.
- Косой С.М. Енергоощадний спосіб прискореної стерилізації рідких поживних середовищ для виготовлення засобів захисту рослин / С.М. Косой, О.І. Кримінський, Т.М. Осипенко, Г.І. Богач, П.П. Бичков, Г.О. Риженков // *1,13Аграрна наука виробництво*. - смт Глеваха, 2013, №1 (63). – С.11.