

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ БАКТЕРИЙ-АНТАГОНИСТОВ *BACILLUS SUBTILIS* БИМ В-760ДКупцов В.Н.^{1*}, Шмыга Е.Ю.¹, Коломиец Э.И.¹, Нагорный Р.К.², Плавский В.Ю.²¹Институт микробиологии НАН Беларуси, ул. Купревича 2, 220141 г. Минск, Беларусь²Институт физики НАН Беларуси, пр-т Независимости, 68-2, 220072 г. Минск, Беларусь

*kuptsov@hotmail.com

АБСТРАКТ

Изучено влияние электрического тока и электромагнитного излучения на рост и антимикробную активность бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д – основы биопестицида «Бактавен С». Установлено, что использование посевного материала, обработанного переменным током силой 16 мА и частотой 17 Гц, позволяет получить 2-х суточную культуру *B. subtilis* БИМ В-760 Д с титром КОЕ и спор в 2,4 – 2,7 раза выше по сравнению с вариантом без электростимуляции. Экспозиция посевного материала на протяжении 30 мин в электромагнитном поле трансформатора Теслы (частота 490 кГц) с многоигольчатым электродом способствует повышению титра спор и КОЕ к 48 ч культивирования в 1,9 – 2,0 раза, антифунгальной активности – на 12%.

Ключевые слова: бактерии, грибы, КОЕ, споры, переменный ток, электромагнитное излучение.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности ферментационных процессов является одним из основных направлений развития биотехнологической промышленности в Республике Беларусь [1]. Ключевыми задачами при разработке технологий получения биопрепаратов являются обеспечение максимального накопления биомассы культивируемых штаммов микроорганизмов и увеличение их специфической метаболической активности. Для стимуляции роста бактерий используют специфические биостимуляторы (ростовые факторы, предшественники синтеза макромолекул и вторичных метаболитов, стимуляторы синтетической и репродуктивной активности клеток) и физические факторы (электромагнитное излучение, ультразвук, магнитное поле и другие), действие которых в большинстве случаев является неспецифическим. К неспецифическим стимуляторам относятся незнакомые организму воздействия, на которые у него нет стандартной программы реагирования, они воспринимаются как сигнал возможного неблагоприятного развития событий. В качестве ответной реакции биологическая система, активизируя защитные механизмы, стремится повысить свою продуктивность, поскольку повышение продуктивности является универсальной реакцией на стрессовый фактор и служит для компенсации возможных потерь. Очевидно, что ни природа, ни выраженность воздействия неспецифического стимулятора не будут оказывать существенного влияния на морфологию организма, если стимулирующее воздействие имеет характер сигнала и не вызывает структурных нарушений в системе. Например, электрический ток низкой интенсивности повышает метаболическую активность микроорганизмов за счет ряда факторов: 1) увеличения проницаемости мембран и снижения диффузионных ограничений, что приводит к интенсификации трансмембранного переноса, 2) повышения активности внеклеточных ферментов и ряда поверхностно расположенных рецепторов клетки, 3) изменения свойств питательных сред [2]. Стимуляция роста микроорганизмов электрическим током является неэнергоёмким процессом, что определяет его экономическую целесообразность.

Стимулирующее воздействие электромагнитных полей и излучений (ЭМИ) на живые системы давно привлекает внимание многих исследователей [3, 4]. Установлено, что после 30-минутного воздействия ЭМИ на частоте 129 ГГц (частота молекулярных спектров излучения и поглощения атмосферного кислорода) при плотности мощности 0,3 мВт/см² наблюдается существенная интенсификация роста культуры *Escherichia coli* K-12. Данное воздействие не только повышает реакционную способность кислорода, диффундируемого в биомассу, но и внутриклеточного кислорода за счет образования его активных форм [3].

Таким образом, разработка технологий культивирования микроорганизмов с использованием электростимуляции и электромагнитного излучения, способствующих интенсификации ростовых процессов и продукции антимикробных метаболитов, представляется актуальной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований служил штамм спорообразующих бактерий с антимикробной активностью *B. subtilis* БИМ В-760Д, который является основой биопестицида «Бактавен С». В качестве тест-объекта для определения антимикробной активности использовали штамм фитопатогенных грибов *Fusarium oxysporum* БИМ F-565 из Белорусской коллекции непатогенных микроорганизмов Института микробиологии НАН Беларуси.

Изучение действия переменного тока на клетки штамма *B. subtilis* БИМ В-760Д проводили с помощью генератора сигналов низкочастотного ГЗ-102 в течение 10 мин при различной силе переменного тока (2,5 мА, 6 мА, 16 мА). Переменный ток в широком диапазоне частот подавали по стерильным электродам в среду с суточным посевным материалом бактерий. В качестве контроля использовали необработанный суточный инокулят.

Изучение действия электромагнитного излучения на клетки штамма *B. subtilis* БИМ В-760Д проводили с использованием резонансного трансформатора Теслы с генератором разрывов электрической цепи на транзисторе (качер Бровина) [5]. Вторичная обмотка трансформатора

изготовлена в виде плоской спирали с многоигльчатым электродом, расположенным в центральном отверстии катушки без гальванического контакта с ней. Характери-

стики источника электромагнитного излучения представлены в таблице 1:

Таблица 1. Характеристики источника электромагнитного излучения

Характеристика		Значение
Внешний диаметр вторичной обмотки, мм		160,0
Диаметр центрального отверстия, мм		30,0
Число элементов многоигльчатого электрода		19
Параметры иглы	длина, мм	2,5
	ширина основания, мм	1,0
	материал	сталь
Входное напряжение, В		5,5 – 15,0
Потребляемая мощность, Вт		0,1 – 11,0
Частота тока, кГц		490,0

Исследование действия импульсного электромагнитного излучения на рост бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д проводили в стеклянных сцинтилляционных флаконах и колбах Эрленмейера. Облучение суточного посевного материала осуществляли течение 30 мин. В качестве контроля использовали необлученный суточный инокулят.

Влияние электростимуляции и электромагнитного излучения на рост и антимикробную активность бактерий изучали в условиях глубинного культивирования в колбах Эрленмейера на шейкере-инкубаторе (180 об/мин) в течение 48 ч и лабораторном ферментере Minifors (Infors НТ, Швейцария) при температуре $(30 \pm 2)^\circ\text{C}$ и интенсивности перемешивания 200 ± 20 об/мин.

Определение титра колониеобразующих единиц (КОЕ) и спор бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д проводили методом предельных разведений, антагонистическую активность оценивали методом «лунок» [6, 7]. Опыты по определению титра и антагонистической активности бактерий проводились в 4-х кратной повторности.

Микромицеты выращивали в условиях глубинной ферментации в картофельно-глюкозном бульоне в течение 3 суток на шейкере-инкубаторе (160 об/мин) при температуре 24°C .

Статистическую обработку и анализ результатов,

включающий определение наименьшей существенной разницы (НСР) и ошибку средней, осуществляли, используя пакет программ Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение влияния переменного электрического тока на рост бактерий B. subtilis БИМ В-760Д

Первый этап исследований включал изучение влияния частоты переменного тока в диапазоне от 17 до 17000 Гц при постоянном значении электрического напряжения 7 В. Установлено, что при воздействии переменным током частотой от 1700 до 17000 Гц на посевной материал в течение 10 мин перед засевом питательной среды, на первые и вторые сутки культивирования бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д в колбах на шейкере-инкубаторе происходит снижение титра КОЕ и спор в 2-7 раз относительно контроля (табл. 2), а использование низкой частоты (17 Гц) не оказывало влияния на титр КОЕ и спор. При использовании переменного тока силой до 16 мА и напряжением до 7 В не наблюдалось выделение газов в жидкой культуре бактерий и, следовательно, электролиза воды. рН среды в вариантах с электрообработкой соответствовала контрольным показателям на протяжении всего времени культивирования бактерий (табл. 2).

Таблица 2. Влияние обработки посевного материала переменным током различной частоты на показатели роста и антифунгальной активности бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д при культивировании в колбах на шейкере-инкубаторе

Частота тока и время культивирования	Титр, п/мл		рН	Зона задержки роста гриба <i>F. oxysporum</i> БИМ F-565, мм
	КОЕ	спор		
24 ч: 17 Гц (16 мА)	$1,2 \cdot 10^8$	$6,3 \cdot 10^7$	$6,8 \pm 0,03$	$18,0 \pm 0,2$
1700 Гц (14 мА)	$6,5 \cdot 10^7$	$9,0 \cdot 10^6$	$6,7 \pm 0,02$	$17,0 \pm 0,4$
17000 Гц (8 мА)	$4,8 \cdot 10^7$	$4,0 \cdot 10^6$	$6,8 \pm 0,01$	$17,0 \pm 0,3$
контроль	$1,3 \cdot 10^8$	$6,5 \cdot 10^7$	$6,7 \pm 0,02$	$18,0 \pm 0,3$
НСР _{0,5}	$2,1 \cdot 10^7$	$4,3 \cdot 10^6$	0,1	1,1

48 ч: 17 Гц (16 МА)	9,7 * 10 ⁸	9,5 * 10 ⁸	7,0±0,02	21,0±0,4
1700 Гц (14 МА)	2,7 * 10 ⁸	1,2 * 10 ⁸	7,1±0,02	20,0±0,5
17000 Гц (8 МА)	2,8 * 10 ⁸	1,1 * 10 ⁸	7,1±0,01	20,0±0,3
контроль	9,6 * 10 ⁸	9,3 * 10 ⁸	7,1±0,01	20,0±0,2
НСР _{0,5}	9,3 * 10 ⁷	5,4 * 10 ⁷	0,1	1,3

Выявлено, что обработка посевного материала бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д переменным электрическим током изученного диапазона частот, не приводит к изменению антифунгальной активности в конечном продукте. Следовательно, для дальнейших экспериментов была выбрана частота переменного тока 17 Гц в качестве постоянного параметра.

Второй этап исследований включал изучение воздействия переменного тока силой от 2,5 МА до 16 МА с постоянной частотой 17 Гц на посевной материал в течение 10 мин перед засевом. Установлено, что обработка инокулята переменным током силой 16 МА приводила к увеличению количества спор уже на первые сутки культивирования, причем контрольные показатели были превышены в 7,1 раза (табл. 3).

На вторые сутки культивирования титр КОЕ и спор был выше в 1,5 и 1,8 раза, соответственно, по сравнению

с вариантом без электростимуляции. Выявлено, что при понижении силы тока до 6 МА и 2,5 МА титр КОЕ и спор бактерий *B. subtilis* БИМ В-760 Д к 48 ч культивирования сопоставим с контрольными показателями. Выявлено, что изученный диапазон сил переменного электрического тока не оказывает влияния на антифунгальную активность бактерий.

Полученные данные соответствуют результатам итальянских исследователей, наблюдавших увеличение титра КОЕ бактерий *Bacillus cereus* под воздействием электрического тока низкой интенсивности [2]. Однако следует отметить, что более продолжительное электрическое воздействие на суточный посевной материал бактерий (до 24 часов) не приводило к более высоким показателям титра КОЕ и антимикробной активности в процессе культивирования по сравнению с 10-ти минутным воздействием.

Таблица 3. Влияние обработки посевного материала переменным током различной силы на показатели роста и антимикробной активности бактерий *B. subtilis* БИМ В-760 Д при культивировании в колбах на шейкере-инкубаторе

Сила тока и время культивирования	Титр, п/мл		Зона задержки роста гриба <i>F. oxysporum</i> БИМ F-565, мм
	КОЕ	спор	
24 ч: 2,5 МА (1,5 В)	3,9 * 10 ⁸	2,2 * 10 ⁷	17,0±0,2
6 МА (3 В)	3,7 * 10 ⁸	2,3 * 10 ⁷	16,0±0,3
16 МА (7 В)	6,5 * 10 ⁸	7,1 * 10 ⁷	17,0±0,4
контроль	1,2 * 10 ⁸	1,0 * 10 ⁷	16,0±0,2
НСР _{0,5}	3,4 * 10 ⁷	2,5 * 10 ⁶	1,2
48 ч: 2,5 МА (1,5 В)	1,1 * 10 ⁹	8,3 * 10 ⁸	20,0±0,6
6 МА (3 В)	1,2 * 10 ⁹	9,1 * 10 ⁸	20,0±0,4
16 МА (7 В)	1,7 * 10 ⁹	1,6 * 10 ⁹	20,0±0,5
контроль	1,0 * 10 ⁹	8,8 * 10 ⁸	20,0±0,3
НСР _{0,5}	2,0 * 10 ⁸	1,3 * 10 ⁸	0

Таким образом, обработка посевного материала в течение 10 мин переменным током силой 16 МА с частотой 17 Гц и напряжением 7 В оказывает стимулирующее действие на рост бактерий *B. subtilis* БИМ В-760 Д в процессе глубинного культивирования. Выбранный режим электростимуляции (16 МА, 17 Гц, 7 В) при обработке посевного материала был использован в процессе глубинного культивирования бактерий *B. subtilis* БИМ В-760 Д в лабораторном ферментере Minifors (Infors НТ, Швейцария). Установлено, что титр спор бактерий к 36 ч культивирования в лабораторном ферментере превышал кон-

трольные показатели в 2,7 раза, а титр КОЕ – в 2,4 раза (табл. 4). Также следует отметить, что диаметр зоны задержки роста гриба *F. oxysporum* БИМ F-565 на 24 и 36 ч культивирования составлял 20-21 мм и был сопоставим с показателем культуры в контрольном ферментере (без электростимуляции посевного материала). Таким образом, предварительно обработанный переменным током силой 16 МА, частотой 17 Гц и напряжением 7 В посевной материал бактерий *B. subtilis* БИМ В-760 Д позволяет получить к 36 ч культивирования КЖ с титром спор и КОЕ в 2,7 и 2,4 раза соответственно выше контрольных значе-

ний, в то время как показатель антифунгальной активности не изменялся и составлял 20,0 мм.

Таблица 4. Влияние электростимуляции посевного материала на показатели роста бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д при культивировании в лабораторном ферментере

Время культивирования, ч	Титр, п/мл			
	контроль		опыт	
	КОЕ	споры	КОЕ	споры
0	$1,0 * 10^7$	$3,9 * 10^5$	$1,1 * 10^7$	$4,0 * 10^5$
4	$1,4 * 10^7$	$7,0 * 10^5$	$3,1 * 10^8$	$8,0 * 10^6$
8	$1,9 * 10^7$	$1,5 * 10^6$	$6,5 * 10^8$	$4,0 * 10^7$
16	$2,0 * 10^8$	$3,0 * 10^7$	$8,3 * 10^8$	$2,3 * 10^8$
24	$3,1 * 10^8$	$8,1 * 10^7$	$9,1 * 10^8$	$6,2 * 10^8$
36	$6,8 * 10^8$	$6,2 * 10^8$	$1,6 * 10^9$	$1,7 * 10^9$
48	$1,0 * 10^9$	$8,7 * 10^8$	$1,5 * 10^9$	$1,6 * 10^9$

Оценка влияния электромагнитного излучения на рост бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д

Установлено, что импульсное электромагнитное поле трансформатора Теслы с многоигльчатым электродом оказывает стимулирующее действие на рост бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д при культивировании в сцинтилляционных флаконах. Так, в результате 8-ми часовой экспозиции бактериальной культуры *B. subtilis* БИМ В-760Д, находящейся в экспоненциальной стадии роста, в электромагнитном поле с напряженностью электрического и магнитного полей 138,0 В/м и 3,45 мТ, соответственно, титр КОЕ бактерий к 48 часам инкубации превосходит контрольный в 2 раза.

С целью использования ЭМИ в микробиологическом производстве было изучено влияние оптимальной про-

должительности обработки суточной культуры *B. subtilis* БИМ В-760Д (5 – 30 мин), используемой в качестве инокулюма, на показатели роста бактерий в колбах на шейкере-инкубаторе. Показано, что на 2-е сутки культура бактерий, полученная с использованием обработанного в течение 30 мин посевного материала, по титру спор и КОЕ опережает контрольный вариант в 1,9 и 2,0 раза, соответственно (табл. 5). Установленное влияние электромагнитного излучения на рост бактерий *B. subtilis* БИМ В-760Д согласуется с данными российских исследователей, выявивших, что после 30-минутного воздействия ЭМИ на 4-м часу роста штамма *Escherichia coli* К-12 АВ1157 оптическая плотность культуры превышала контрольные показатели в 2 раза [3].

Таблица 5. Влияние облучения посевного материала *B. subtilis* БИМ В-760Д электромагнитным излучателем на показатели роста и антимикробной активности при культивировании в колбах на шейкере-инкубаторе

Вариант облучения	Титр, п/мл				Зона задержки	
	КОЕ		Спор		Роста гриба <i>F. oxysporum</i> БИМ F-565, мм	
	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч
Контроль	$2,5 * 10^8$	$9,0 * 10^8$	$5,9 * 10^7$	$8,8 * 10^8$	$20,0 \pm 0,3$	$20,0 \pm 0,5$
Катушка без многоигльчатого электрода	$2,3 * 10^8$	$4,8 * 10^8$	$8,7 * 10^7$	$6,0 * 10^8$	$16,6 \pm 0,4$	$17,5 \pm 0,5$
Катушка с многоигльчатым электродом	$4,6 * 10^8$	$1,7 * 10^9$	$3,2 * 10^8$	$1,8 * 10^9$	$20,8 \pm 0,5$	$22,5 \pm 0,3$
НСР _{0,5}	$6,3 * 10^7$	$2,0 * 10^8$	$2,1 * 10^7$	$1,1 * 10^8$	1,1	1,4

В результате испытаний эффективности действия трансформатора Теслы с многоигльчатым электродом в

лабораторном ферментере Minifors установлено, что использование электромагнитного поля при культивирова-

нии позволяет достичь эффекта стимуляции роста титра КОЕ к 1 сут. ферментации в 1,8 раза, а к 2 сут. – в 1,9 раза относительно контроля. Титр спор увеличивается в 2,3 раза и 2,0 раза на 24 и 48 ч культивирования, соответ-

ственно. Антифунгальная активность полученной культуры повышается на 12 % по сравнению с контрольной ферментацией (табл. 6).

Таблица 6. Влияние экспозиции посевного материала *B. subtilis* БИМ В-760Д в электромагнитном поле на показатели роста и антимикробной активности при глубинном культивировании в ферментере

Вариант	Титр, п/мл				Зона задержки роста гриба <i>F. oxysporum</i> БИМ F-565, мм	
	КОЕ		Спор		24 ч	48 ч
	24 ч	48 ч	24 ч	48 ч		
Контроль	2,0 * 10 ⁸	7,4 * 10 ⁸	9,5 * 10 ⁷	7,5 * 10 ⁸	19,0±0,2	21,0±0,4
Электромагнитное излучение	3,6 * 10 ⁸	1,4 * 10 ⁹	2,2 * 10 ⁸	1,5 * 10 ⁹	20,0±0,4	23,5±0,4
НСР _{0,5}	5,2 * 10 ⁷	2,2 * 10 ⁸	2,5 * 10 ⁷	1,4 * 10 ⁸	1,1	1,4

Таким образом, использование резонансного трансформатора Теслы с многоигольчатым электродом является эффективным способом обработки посевного материала, что оказывает положительное влияние на показатели роста и антимикробной активности при глубинном культивировании штамма бактерий *B. subtilis* БИМ В-760 Д. Электромагнитная стимуляция посевного материала бактерий была использована в опытно-промышленной технологии получения биопестицида «Бактавен С».

ВЫВОДЫ

Установлено, что предварительно обработанный посевной материал бактерий *B. subtilis* БИМ В-760 Д переменным током силой 16,0 мА с частотой 17 Гц и напряжением 7 В позволяет получить к 36 ч культуру с титром КОЕ и спор в 2,4 и 2,7 раз, соответственно, выше, чем в контроле.

Воздействие на посевной материал электромагнитным излучением резонансного трансформатора Теслы (частота – 490 кГц) в течение 30 минут приводит к стимуляции роста культуры, повышая титр КОЕ и спор к 48 ч ферментации в 1,9 – 2,0 раза, соответственно. Антифунгальная активность бактерий превосходит контрольные показатели на 12 %.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о возможности использования электростимуляции и электромагнитного излучения в технологии получения биопестицида «Бактавен С» с целью повышения качественных показателей культуры-продуцента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломиец, Э. И. // Микробные биотехнологии как основа экологизации и повышения продуктивности сельскохозяйственного производства / Э. И. Коломиец // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : сб. науч. тр. – Минск, 2018. – Т. 10. – С. 3–11.
2. Effects of low electric current (LEC) treatment on

pure bacterial cultures / A. Valle [et al.] // Journal of Applied Microbiology. – 2007. – № 103. – С. 1376–1385.

3. Усанов, Д. А. // Биофизические аспекты воздействия электромагнитных полей: учеб. пособие для студ. фак. нано- и биомед. технологий, обучающихся по спец. «Медицинская физика» и направлению «Биомедицинская инженерия» / Д. А. Усанов [и др.] – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2008. – 136 с.

4. Пронина, Е. А. // Влияние электромагнитного излучения на бактериальные клетки / Е. А. Пронина, Г. М. Шуб // Бюллетень медицинских Интернет-конференций (ISSN 2224-6150). – 2012. – Том 2, № 6. – С. 375-379.

5. Трансформатор Тесла на полупроводниках [Электронный ресурс]. – URL: <https://cxem.net/tesla/tesla52.php> (дата обращения 19.06.2022).

6. Герхард, Ф. // Методы общей бактериологии / Ф. Герхард. – М.: Мир, 1984. – Т. 1. – 536 с.

7. Сэги, Й. // Методы почвенной микробиологии / Й. Сэги. – М.: Колос, 1983. – 253 с.

References

1. Kolomiets, E. I. // Microbial biotechnologies as a basis for greening and increasing the productivity of agricultural production / E. I. Kolomiets // Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects: collection of articles. scientific tr. – Minsk, 2018. – Т. 10. – P. 3–11.
2. Effects of low electric current (LEC) treatment on pure bacterial cultures / A. Valle [et al.] // Journal of Applied Microbiology. - 2007. - No. 103. - S. 1376-1385.
3. Usanov, D. A. // Biophysical aspects of the impact of electromagnetic fields: textbook. allowance for students. fak. nano- and biomed. technologies, trained in special. «Medical physics» and the direction «Biomedical engineering» / D. A. Usanov [and others] - Saratov: Sarat Publishing House. un-ta, 2008. - 136 p.
4. Pronina, E. A. // Influence of electromagnetic radiation on bacterial cells / E. A. Pronina, G. M. Shub // Bulletin of Medical Internet Conferences (ISSN 2224-6150). - 2012. -

Volume 2, No. 6. - P. 375-379.

5. Tesla transformer on semiconductors [Electronic resource]. – URL: <https://cxem.net/tesla/tesla52.php> (accessed 06/19/2022).

6. Gerhard, F. // *Methods of General Bacteriology* / F. Gerhard. - M.: Mir, 1984. - T. 1. - 536 p.

7. Segy, Y. // *Methods of soil microbiology* / Y. Segi. – M.: Kolos, 1983. – 253 p.

THE INFLUENCE OF PHYSICAL FACTORS ON THE GROWTH OF BACTERIA-ANTAGONIST *BACILLUS SUBTILIS* BIM B-760 D

V.N.Kuptsov^{1*}, E.Y. Shmyga¹, E.I.Kolomiets¹, R.K. Nagorny², V.U.Plavsky²

¹Institute of Microbiology, NAS of Belarus, Kuprevich Str. 2, 220141, Minsk, Belarus

²Institute of Physics, NAS of Belarus, Nezavisimosti Ave. 68-2, 220072, Minsk, Belarus

*kuptsov@hotmail.com

ABSTRACT

The influence of electric current and electromagnetic radiation on the growth and antimicrobial activity of bacteria *B. subtilis* BIM B-760 D - the basis of the biopesticide «Bactaven C» was studied. It was determined that the use of inoculum treated with an alternating current of 16 mA and frequency 17 Hz has enabled to obtain a 2-day culture of *B. subtilis* BIM B-760 D with a titer of CFU and spores 2.4 – 2.7 times higher compared to the variant without electrical stimulation. Exposure of the seed material for 30 minutes in the electromagnetic field of a Tesla transformer (frequency 490 kHz) with a multi-needle electrode promoted 1.9 – 2.0 times increase in the titer of spores, CFU and 12 % higher antifungal activity by 48 h of culture.

Key words: bacteria, fungi, CFU, spores, alternating current, electromagnetic radiation.

BACILLUS SUBTILIS БИМ В-760Д АНТОГЕНИСТИК БАКТЕРИЯЛАРДЫҢ ӨСҮІНЕ ФИЗИКАЛЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӘСЕРІ

Купцов В.Н.^{1*}, Шмыга Е.Ю.¹, Коломиец Э.И.¹, Нагорный Р.К.², Плавский В.Ю.²

¹Микробиология институты ҰҒА Беларусь, Купревич к-сі 2, 220141 г. Минск, Беларусь

²Физика институты ҰҒА Беларусь, Независимость даңғылы 68-2, 220072 г. Минск, Беларусь

*kuptsov@hotmail.com

ТҮЙІНДЕМЕ

«Бактавен С» биопсидінің негізі болып табылатын *B. subtilis* БИМ В-760Д бактерияларының өсуіне және микробқа қарсы белсенділігіне электр тоғының және электромагниттік сәулеленудің әсері зерттелді. 16 мА айналымды токпен және 17 Гц жиілікпен өңделген егуді қолдану КОЕ және спора титрі 2,4 – бар *B. subtilis* БИМ В-760 Д

2 күндік культурасын алуға мүмкіндік беретіні анықталды. Электрлік ынталандырусыз нұсқамен салыстырғанда 2,7 есе жоғары. Көп инелі электродпен Тесла трансформаторының (жиілігі 490 кГц) электромагниттік өрісінде егуді 30 минут бойы әсер етіп, 48 сағат культивирлеу, споралар және КОЕ титрінің 1,9 – 2,0 есеге, саңырауқұлаққа қарсы әсерін 12% өсуіне ықпал етеді.

Негізгі сөздер: бактериялар, саңырауқұлақтар, КОЕ, споралар, ток айналымы, электромагниттік сулелену.