

А. В. Бережная, Т. В. Романовская, О. В. Молчан, Э. И. Коломиец

Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

**ПОЛУЧЕНИЕ ИММОБИЛИЗОВАННОГО ИНОКУЛЯТА
BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS SUBSP. *PLANTARUM* БИМ В-439Д
ДЛЯ ОТЪЕМНО-ДОЛИВНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ**

Оптимизированы условия получения иммобилизованного инокулята *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д для отъемно-доливного культивирования бактерий с целью повышения конкурентоспособности биопестицида Бетапротектин. Установлено, что применение иммобилизованных бактериальных клеток в отъемно-доливной ферментации позволяет повысить скорость разбавления до 0,25 л/ч⁻¹, обеспечивает высокое качество производимого препарата Бетапротектин и рост продуктивности процесса в среднем на 17 % по сравнению с таковыми в контрольном варианте с использованием жидкого инокулята.

Ключевые слова: биопестицид, иммобилизация, инокулят, отъемно-доливное культивирование, носитель.

A. V. Berezhnaya, T. V. Romanovskaya, O. V. Molchan, E. I. Kolomiets

Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

**CREATING IMMOBILIZED INOCULUM OF *BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS* SUBSP. *PLANTARUM*
BIM B-439D FOR WEANING-TOPPING CULTIVATION**

There are optimized conditions for the creation of immobilized inoculum of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* BIM IN-439D for weaning-topping cultivation of bacteria in order to increase the competitiveness of the biopesticide Betaprotektin. The use of immobilized bacterial cells in weaning-topping fermentation allows to increase the dilution speed to 0.25 l/h⁻¹, ensures the high quality of the biopesticide Betaprotektin and the growth process productivity by an average of 17 % in comparison with the control option by using liquid inoculum.

Keywords: biopesticide, immobilization, inoculum, weaning-topping fermentation, media.

Введение. Биологические средства защиты растений приобретают все большую популярность как за рубежом, так и у нас в стране в связи с повышением спроса на экологически чистую сельскохозяйственную продукцию. В отличие от агрохимикатов, биопестициды безопасны для человека и окружающей среды, характеризуются специфичностью действия, не вызывают резистентности у возбудителей болезней [1, 2]. Однако по эффективности биопрепараты уступают химическим пестицидам, что инициирует исследования по повышению их конкурентоспособности, в том числе путем совершенствования технологий получения.

В Институте микробиологии НАН Беларуси разработан ряд биологических препаратов для сельского хозяйства на основе бактерий рода *Bacillus*, эффективно контролирующего развитие возбудителей вредоносных заболеваний сельскохозяйственных растений. В частности, широкой популярностью у растениеводческих хозяйств пользуется биопестицид Бетапротектин, созданный на основе бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д и предназначенный для борьбы с кагатной, серой и прикорневой гнилью, гнилью корнеплодов, пенициллезом и фузариозом луковичных, клубнелуковичных и цветочных культур.

Цель данной работы – усовершенствование технологии получения биопестицида Бетапротектин для повышения продуктивности ферментационного процесса и качественных показателей конечной продукции.

Материалы и методы исследования. Объектом исследований служил штамм спорообразующих бактерий *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д – основа биопестицида Бетапротектин.

В качестве тест-культуры использовали фитопатогенный гриб *Fusarium oxysporum* БИМ F-381, типовой возбудитель кагатной гнили сахарной свеклы, выделенный сотрудниками УО «Гроднен-

ский государственный аграрный университет» и депонированный в коллекции Института микробиологии НАН Беларуси.

В работе использовали следующие среды и растворы:

полусинтетические (г/л): 1) БХА: бульон Хоттингера – 50,0; глюкоза – 10,0; пептон – 5,0; NaCl – 5,0; агар-агар – 12,0–20,0; вода водопроводная – до 1 л; 2) среда Мейнелла (модифицированная): меласса – 30,0; $K_2HPO_4 \times 3H_2O$ – 7,0; KH_2PO_4 – 3,0; $MgSO_4 \times 7H_2O$ – 0,1; $(NH_4)_2SO_4$ – 1,5; Na-цитрат – 0,5; вода дистиллированная – до 1 л; 3) картофельно-глюкозный бульон (КГБ): глюкоза – 20,0; картофельный бульон – 1 л.

Глубинное культивирование бактерий *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д осуществляли в питательной среде 2 в колбах Эрленмейера на качалке (режим перемешивания 180–200 об/мин, $T = 30 \pm 2$ °C) и в опытно-промышленных ферментерах LiFlus LP-100 и LiFlus LP-120 (Южная Корея) (100–130 об/мин, $T = 30 \pm 2$ °C, аэрация 1 л/л в минуту). Отъемно-доливной способ культивирования проводили при скорости разбавления $D = 0,2–0,3$ л/ч⁻¹. Периодичность отъема-долива составляла 4 ч. В качестве потенциальных носителей для получения иммобилизованного инокулята исследован широкий спектр сорбентов. Навески сорбентов предварительно стерилизовали путем автоклавирования в закрытой стеклянной таре в течение 30 мин (избыточное давление 73,5 кПа, $T = 120$ °C) и стерильно вносили в односуточную культуральную жидкость (КЖ) *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д в соотношении 1 г/л.

Биомассу иммобилизованных клеток и спор определяли по разнице масс образцов носителя, высушенных до абсолютно сухого веса, на анализаторе влажности Sartorius MA150 (Германия), до и после культивирования, за вычетом массы компонентов питательной среды. Смыв адсорбированных клеток и спор с носителя проводили 1 л отмывочного буфера (pH 7,5) следующего состава: Tris (1 М) – 10 мл, NaCl (0,5 М) – 40, EDTA (0,5 М) – 2, H₂O дист. – 788 мл.

Культуру фитопатогенных грибов выращивали в колбах Эрленмейера на жидкой среде 3 на качалке (200 об/мин, температура 23–24 °C) в течение 32–48 ч.

Определение титра клеток и спор бактерий-антагонистов проводили методом предельных разведений [3]. Антагонистическую активность оценивали методом лунок [4], результаты учитывали после 18–24 ч инкубации по диаметру зон задержки роста тест-культуры.

Статистическую обработку данных проводили по стандартным методикам в программе Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Результаты отбора носителей с высокой сорбирующей способностью приведены в табл. 1. Основными критериями отбора служили количество адсорбированной биомассы, а также титр колониеобразующих единиц (КОЕ) и спор бактерий, иммобилизованных на носителе при различных сроках сорбции.

Т а б л и ц а 1. Динамика биомассы бактерий

T a b l e 1. Dynamics of the biomass of bacteria

Носитель	Показатель сорбции	Сорбирующая способность по сухой биомассе и титру КОЕ/спор				Станд. ошибка средней
		1 ч	2 ч	4 ч	6 ч	
Керамзит	I	0/0	0,011/0,55	0,01/0,5	0,013/0,61	0,003
	II	$8 \cdot 10^8/1,2 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^9/8,3 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^9/8 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9/9 \cdot 10^8$	
Полотно геотекстильное Лавсан ГЕО-100	I	0,3/16,2	0,33/16,5	0,3/15	0,28/13,3	0,01
	II	$4,1 \cdot 10^8/2 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^8/2,7 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^8/3 \cdot 10^8$	$5,3 \cdot 10^8/2,7 \cdot 10^8$	
Полотно полиэфирное Лавсан О2-1	I	0,6/32,4	0,78/39	0,77/38,5	0,75/35,7	0,04
	II	$1 \cdot 10^9/1 \cdot 10^9$	$2,6 \cdot 10^9/1,3 \cdot 10^9$	$2,2 \cdot 10^9/1 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9/2 \cdot 10^9$	
Полиамидная нить	I	0,07/3,78	0,22/11	0,21/10,5	0,2/9,5	0,03
	II	$5 \cdot 10^8/1,0 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^8/2,0 \cdot 10^8$	$7,3 \cdot 10^8/2,0 \cdot 10^8$	$6,8 \cdot 10^8/3 \cdot 10^8$	
Марля медицинская	I	0,1/5,4	0,26/13	0,21/10,5	0,16/7,6	0,03
	II	$9 \cdot 10^8/5 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9/5,8 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9/9 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9/3 \cdot 10^8$	
Капроновая ткань	I	0,23/12,4	0,57/28,5	0,54/27	0,52/24,7	0,07
	II	$8,9 \cdot 10^8/1 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^8/6,2 \cdot 10^8$	$1,0 \cdot 10^9/8 \cdot 10^8$	$9 \cdot 10^8/7,8 \cdot 10^8$	

Окончание табл. 1

Носитель	Показатель сорбции	Сорбирующая способность по сухой биомассе и титру КОЕ/спор				Станд. ошибка средней
		1 ч	2 ч	4 ч	6 ч	
Хлопчатобумажная ткань	I	0,13/7,02	0,29/14,5	0,25/12,5	0,25/11,9	0,034
	II	$1 \cdot 10^9/4 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^9/5,1 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^9/5,0 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^9/7 \cdot 10^8$	
Медная сетка	I	0/0	0,025/1,35	0,02/1	0,011/0,52	0,005
	II	$2 \cdot 10^8/8 \cdot 10^7$	$7 \cdot 10^8/4 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^8/4,3 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^8/3 \cdot 10^8$	
Кремниевая пластинка с микропористым слоем	I	0,1/5,4	0,12/6	0,1/5	0,1/4,7	0,005
	II	$7 \cdot 10^8/6 \cdot 10^8$	$6,3 \cdot 10^8/4,1 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^8/5 \cdot 10^8$	$6,5 \cdot 10^8/6 \cdot 10^8$	
Медная сетка с наноиглами на поверхности	I	0/0	0/0	0/0	0/0	–
	II	$7,1 \cdot 10^7/4 \cdot 10^7$	$9 \cdot 10^7/5,1 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^7/5 \cdot 10^7$	$6,85 \cdot 10^7/5,2 \cdot 10^7$	

П р и м е ч а н и е. Количество вносимого носителя – 1 г/л КЖ; контроль (жидкая культура без внесения сорбента): средний показатель сухой биомассы – 2,0 г/л, средний показатель титра КОЕ/спор – $5,2 \cdot 10^9/2,3 \cdot 10^9$; показатели сорбции: I – сухая биомасса, г/г носителя/% к контролю, II – титр КОЕ/спор, л/мл.

Согласно результатам проведенных исследований, оптимальная продолжительность насыщения носителя клетками и спорами штамма-продуцента составляет 2 ч. Наиболее высокой сорбирующей способностью характеризуются 5 потенциальных носителей из 10 исследованных – полотно геотекстильное Лавсан ГЕО-100, полотно полиэфирное Лавсан О2-1, марля медицинская, капроновая ткань, хлопчатобумажная ткань.

Оптимальное количество сорбента для получения иммобилизованного инокулята определяли по биомассе клеток и спор, адгезированных на разновесных образцах отобранных материалов в течение 2 ч в 1 л КЖ. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Динамика накопления биомассы бактерий

T a b l e 2. The dynamics of biomass accumulation of bacteria

Основа иммобилизованного инокулята	К-во носителя, г/л	Биомасса сорбированных на образце носителя клеток и спор, г
Полотно геотекстильное Лавсан ГЕО-100	0,5	0,19
	1	0,35
	2	0,41
	2,5	0,55
Полотно полиэфирное Лавсан О2-1	0,5	0,4
	1	0,77
	2	0,82
	2,5	1,02
Марля медицинская	0,5	0,12
	1	0,3
	2	0,42
	2,5	0,66
Капроновая ткань	0,5	0,2
	1	0,51
	2	0,67
	2,5	0,79
Хлопчатобумажная ткань	0,5	0,18
	1	0,23
	2	0,38
	2,5	0,44
Контроль (без внесения сорбента)	–	2,1

Отбор оптимальной массы носителя производили также с учетом его площади и объема. Так, навеска полотна Лавсан О2-1 массой 2,5 г сорбирует на 30 % больше биомассы, чем навеска массой 1 г, но при этом ее объем составляет 222,3 см³, а площадь – 283 см². Это создает технические проблемы при проведении ферментации в лабораторных ферментерах, так как носитель такой массы занимает много полезного объема аппарата. Путем сравнения соотношения биомассы

сорбированных клеток к площади разновесных носителей установлено, что для получения иммобилизованного инокулята на 1 л КЖ необходимо вносить 1 г сорбента.

В дальнейших исследованиях отобранные носители служили основой для получения иммобилизованных инокулятов путем периодического культивирования бактерий в питательной среде 2 в течение 2 ч. Данные инокуляты использовали для засева питательной среды 2 и последующего глубинного культивирования бактерий *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д в 2-литровых колбах на качалке в течение 48 ч при $T = 30$ °С. Для окончательного выбора носителя проводили сравнение качественных характеристик наработанных экспериментальных образцов биопестицида Бетапротектин. В контрольном варианте использовали жидкий инокулят, объем которого составлял 10 % от объема КЖ (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Влияние различных иммобилизованных инокулятов *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д на качественные характеристики биопестицида Бетапротектин

Table 3. The effect of different immobilized inoculated *B. amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* BIM IN-439D on the quality characteristics of biopesticide Betaprotektin

Основа иммобилизованного инокулята	Показатель конечного продукта	
	Титр КОЕ/спор, n/мл	Диаметр зоны задержки роста <i>F. oxysporum</i> F-381, мм
Полотно геотекстильное Лавсан ГЕО-100	$5,3 \cdot 10^8 / 2,7 \cdot 10^8$	31
Полотно полиэфирное Лавсан О2-1	$2,9 \cdot 10^9 / 1,3 \cdot 10^9$	31,5
Марля медицинская	$1,06 \cdot 10^9 / 5,8 \cdot 10^8$	30
Капроновая ткань	$1,0 \cdot 10^9 / 6,2 \cdot 10^8$	28
Хлопчатобумажная ткань	$1,1 \cdot 10^9 / 5,0 \cdot 10^8$	31
Контроль (жидкий инокулят)	$2,5 \cdot 10^9 / 1,0 \cdot 10^9$	31

По результатам экспериментов в качестве основы для иммобилизованного инокулята выбрано полиэфирное нетканое полотно Лавсан О2-1. Использование именно этого материала, характеризующегося максимальной среди исследованных образцов адгезионной способностью, позволяло наработать биопрепарат с высокими показателями титра и антагонистической активности.

При получении иммобилизованного инокулята для засева питательной среды в 100-литровом ферментере навеску сорбента Лавсан О2-1 весом 6 г вносили в 6 л односуточной культуры *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д и продолжали культивирование в течение 2 ч для сорбции клеток и спор. Иммобилизованные клетки вместе с остатками жидкой культуры вносили в стерильную среду 2 объемом 60 л. Далее осуществляли периодическое культивирование в течение 24 ч до фазы спороношения культуры, затем начинали отъемно-доливной процесс. В качестве контроля параллельно проводили ферментацию в аналогичных условиях с использованием жидкого посевного материала в количестве 10 % от объема КЖ. Режим отъема-долива отработывали при скорости разбавления от 0,2 до 0,3 л/ч⁻¹. Периодичность отъема-долива составляла 4 ч, максимальная продолжительность ферментационного процесса – 188 ч (более 7 сут).

При отъемно-доливном культивировании со скоростью разбавления $D = 0,2$ л/ч⁻¹ показатели выхода бактериальной биомассы и продуктивности процесса в контрольном и опытном вариантах оказались примерно одинаковыми и колебались в пределах 4,13–4,20 г/л и 0,82–0,84 г/л·ч соответственно, тогда как при повышении скорости разбавления до $D = 0,25$ л/ч⁻¹ использование иммобилизованного инокулята способствовало увеличению выхода биомассы и продуктивности процесса в среднем на 17 % по сравнению с контролем: средний показатель продуктивности ферментации с иммобилизованным инокулятом составил 1,02 г/л·ч, а в контроле – 0,87 г/л·ч. При скорости разбавления $D = 0,3$ л/ч⁻¹ как в опытном, так и в контрольном вариантах наблюдалось вымывание культуры: при ферментации с использованием иммобилизованного инокулята – после 4 сут, с использованием жидкого инокулята – уже после 60 ч отъемно-доливного культивирования (рис. 1–3).

Показатели антагонистической активности биопрепарата Бетапротектин в зависимости от скорости разбавления отъемно-доливной ферментации приведены на рис. 4.

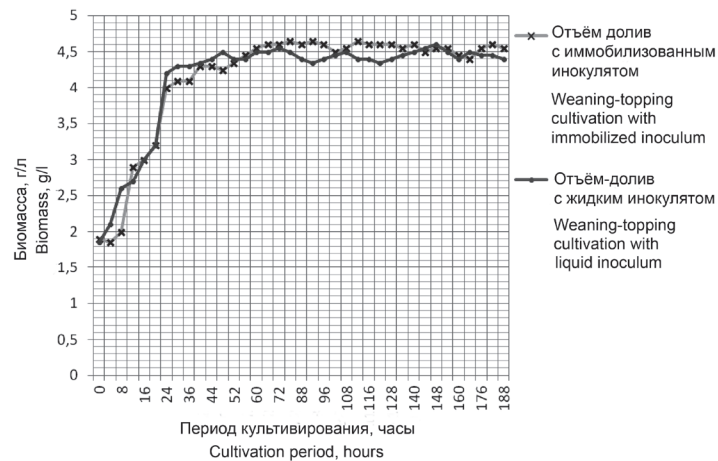


Рис. 1. Динамика биомассы бактерий *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д при отъемно-доливном культивировании, $D = 0,2 \text{ л/ч}^{-1}$

Fig. 1. Dynamics of the biomass of bacteria *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д when weaning-topping fermentation, $D = 0.2 \text{ l/h}^{-1}$

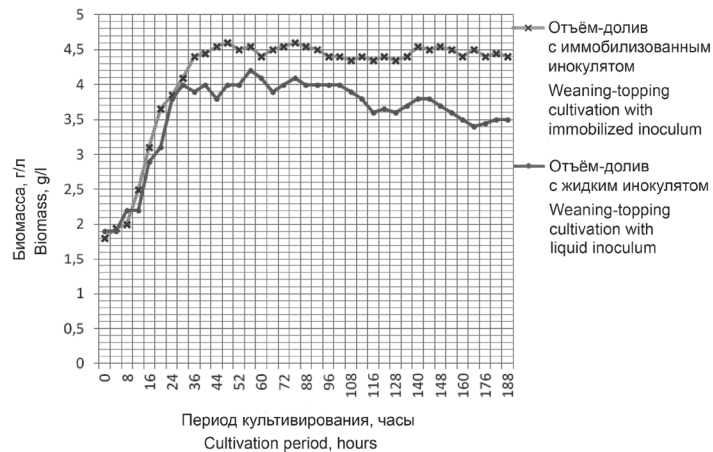


Рис. 2. Динамика биомассы бактерий *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д при отъемно-доливном культивировании, $D = 0,25 \text{ л/ч}^{-1}$

Fig. 2. Dynamics of the biomass of bacteria *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д when weaning-topping fermentation, $D = 0.25 \text{ l/h}^{-1}$



Рис. 3. Динамика биомассы бактерий *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д при отъемно-доливном культивировании, $D = 0,3 \text{ л/ч}^{-1}$

Fig. 3. Dynamics of the biomass of bacteria *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д when weaning-topping fermentation, $D = 0.3 \text{ l/h}^{-1}$

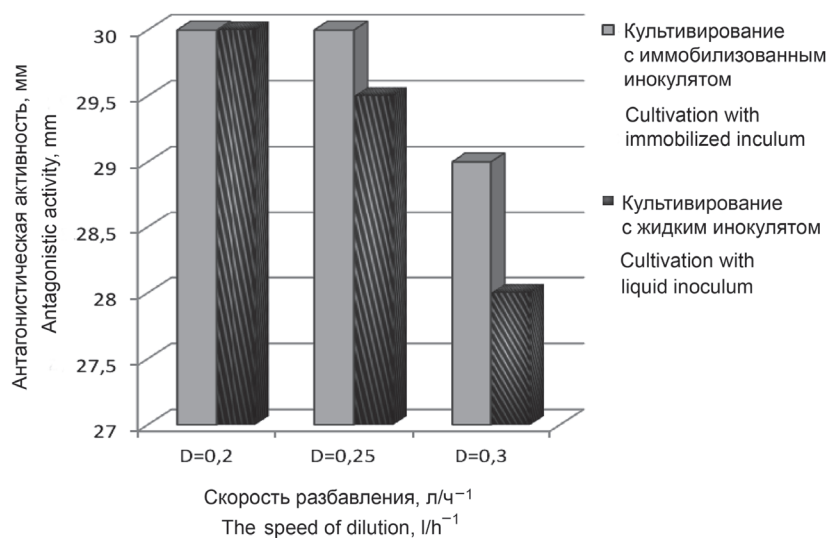


Рис. 4. Показатели антагонистической активности биопестицида Бетапротектин в отношении *F. oxysporum* F-381

Fig. 4. Indicators of antagonistic activity of the biopesticide Betaprotektin against *F. oxysporum* F-381

Как следует из результатов эксперимента, применение иммобилизованного инокулята в отъемно-доливной ферментации при скорости разбавления $D = 0,25$ л/ч⁻¹ способствует стабилизации выхода биомассы на уровне, превышающем контрольный вариант на 17 %, при этом полученный продукт имеет высокие показатели антагонистической активности. В контрольном варианте при данной скорости разбавления наблюдается постепенное снижение выхода биомассы в процессе отъема-долива и понижение антагонистической активности препарата.

Таким образом, установлено положительное влияние применения иммобилизованного инокулята на основе материала Лавсан О2-1 на продуктивность отъемно-доливого культивирования бактерий *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д со скоростью разбавления $D = 0,25$ л/ч⁻¹. Это можно объяснить тем, что иммобилизованные клетки в меньшей степени подвержены воздействию различных неблагоприятных инактивирующих внешних факторов (температура, кислотность, концентрация токсических веществ и др.). Кроме того, в результате иммобилизации становится возможной дополнительная защита культуры от атаки патогенной для нее микрофлорой при случайных нарушениях стерильности биотехнологической системы [5–7]. Показано также, что применение иммобилизованного инокулята делает возможным замену периодического культивирования отъемно-доливым процессом, что обеспечивает снижение энерго- и трудозатрат в ходе ферментации и одновременно позволяет получить большее количество биопрепарата.

Заключение. В ходе работ оптимизированы условия получения иммобилизованного инокулята: в качестве носителя по критерию сорбирующей способности рекомендовано полиэфирное полотно Лавсан О2-1, подобрана продолжительность насыщения материала клетками и спорами штамма-продуцента – 2 ч, определено оптимальное соотношение массы носителя и объема КЖ для получения иммобилизованного инокулята – 1 г/л. При использовании иммобилизованного инокулята в отъемно-доливном культивировании штамма *B. amyloliquefaciens* БИМ В-439Д оптимальная скорость разбавления среды составляет $0,25$ л/ч⁻¹. Полученный в результате биопрепарат имеет высокие показатели антагонистической активности в отношении типового патогена *F. oxysporum* F-381, а продуктивность ферментационного процесса и выход биомассы культуры в среднем на 17 % выше, чем в контроле.

Предложенный способ усовершенствования технологии получения биопрепарата Бетапротектин способствует повышению продуктивности ферментации, снижает энерго- и трудозатраты, что положительно сказывается на его конкурентоспособности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белов, Л. П. Возможности использования препаратов на основе *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis* в растениеводстве / Л. П. Белов, В. А. Шкалик, Ю. С. Дунаева // АгроXXI. – 2008. – № 4–6. – С. 58–59.
2. Коломиец, Э. И. Биологическая альтернатива удобрениям и средствам защиты растений / Э. И. Коломиец, Л. И. Стефанович, Н. А. Здор // Беларус. сельск. хоз-во. – 2011. – № 10. – С. 33–35.
3. Методы общей бактериологии / под ред. Ф. Герхарда. – М.: Мир, 1984. – Т. 3. – 264 с.
4. Сэги, Й. Методы почвенной микробиологии / Й. Сэги. – М.: Колос, 1983. – 253 с.
5. Влияние условий культивирования на некоторые свойства бацилл, составляющих основу пробиотиков / Т. М. Фурзикова [и др.] // Микробиол. журн. – 1999. – Т. 61, № 5. – С. 19–27.
6. Имобилизованные клетки микроорганизмов / А. П. Синицын [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 288 с.
7. Пестова, О. В. Биосинтез экзополисахаридов бактериями *Bacillus mucilaginosus* в глубоких условиях культивирования и новый аспект их использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.23. – СПб.: Биотехнология, 2000.

References

1. Belov, L. P., Shkalikov, V. A. and Dunaeva, Y. S. (2008) "Possibility of use of preparations based on *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* in crop production", *AgroXXI*, no. 4–6, pp. 58–59.
2. Kolomiets, E. I., Stefanovich, L. I. and Zdor, N. A. (2011) "Biological alternative to the fertilizers and facilities of defence of plants", *Belorusskoe selskoe hozaystvo* [Belarusian agriculture], no. 10, pp. 33–35.
3. Gerhard, F. (ed.) (1984) "Methods of the general bacteriology", *Mir* [World], Moscow, vol. 3, p. 264.
4. Sehgi, J. (1983) "Methods of soil Microbiology", *Kolos* [Ear], Moscow, p. 253.
5. Furzikova, T. M., Sergejchuk, M. G., Sorokulova, I. B. and Smirnov, V. V. (1999) "The influence of cultivation conditions on the properties of bacilli comprising the basis of probiotics", *Mikrobiologicheskii zhurnal* [Journal of the microbiology], vol. 61, no. 5, pp. 19–27.
6. Sinicin, A. P., Rajnina, E. I., Lozinskij, V. I. and Spasov, S. D. (1994) "Immobilized cells of microorganisms", *Izd-vo MGU* [Publishing house of Moscow State University], Moscow, p. 288.
7. Pestova, O. V. (2000) "Biosynthesis of exopolysaccharides by the bacteria *Bacillus mucilaginosus* in deep conditions cultivation and a new aspect of their use", *Avtoref. dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biol. nauk: 03.00.23* [Abstract of thesis of dissertation on the competition of graduate degree of candidate of biological sciences], Biotechnology, Sankt-Peterburg, 2000.

Информация об авторах

Бережная Анастасия Валерьевна – науч. сотрудник. Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: domilazo@bk.ru

Романовская Татьяна Витальевна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: romanovskaja@mbio.bas-net.by

Молчан Ольга Владиславовна – канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник. Институт микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: olga_molchan@mail.ru

Коломиец Эмилия Ивановна – чл.-кор., д-р биол. наук, генеральный директор Государственного научно-производственного объединения «Химический синтез и биотехнологии» – директор Института микробиологии НАН Беларуси (ул. Купревича, 2, 220141, Минск, Республика Беларусь). E-mail: kolomiets@mbio.bas-net.by

Для цитирования

Получение иммобилизованного инокулята *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* БИМ В-439Д для отъемно-доливной ферментации / А. В. Бережная [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2017. – № 1. – С. 70–76.

Information about the authors

Berezhnaya Anastasiya Valer'evna – Researcher. Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: domilazo@bk.ru

Romanovskaya Tatiana Vital'evna – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: romanovskaja@mbio.bas-net.by

Molchan Olga Vladislavovna – Ph. D. (Biol.), Leading researcher. Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: olga_molchan@mail.ru

Kolomiets Emiliya Ivanovna – Corresponding Member, D. Sc. (Biol.), General Director of State Scientific-Production Association "Chemical Synthesis and Biotechnology" – Director of Institute of Microbiology of the National Academy of Science of Belarus (2, Kuprevich Str., 220141, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: kolomiets@mbio.bas-net.by

For citation

Berezhnaya, A. V., Romanovskaya, T. V., Molchan, O. V. and Kolomiets, E. I. (2017), "Creating immobilized inoculums of *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum* BIM В-439Д for weaning-topping cultivation", *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, biological series*, no. 1, pp. 70–76.