

# ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Л.С. Федотова, д.с.-х.н., А.В. Кравченко, к.с.-х.н., Н.А. Тимошина, к.с.-х.н., А.Н. Гаврилов, ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха

Показано положительное влияние бактериальных удобрений на биологическую активность и агрохимические показатели почвы, продуктивность и качество картофеля, снижение пораженности болезнями в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы Центрального Нечерноземья России.

Ключевые слова: бактериальные удобрения (Азотовит, Фосфатовит), урожайность, качество клубней картофеля, плодородие почвы.

В настоящее время в условиях ухудшающейся экологической ситуации немалое значение приобретают биологизация земледелия и получение экологически безопасной продукции [1]. Один из возможных путей экологизации производства картофеля – применение биопрепаратов на основе высокоэффективных штаммов бактерий, способствующих переходу труднодоступных форм питательных веществ в легкоусвояемые, а также несимбиотической азотификации в почве [2, 3, 4].

Цель исследований – провести агроэкологическую оценку системы удобрения картофеля, в которой предпосадочную обработку клубней бактериальными препаратами сочетали с различным уровнем применения минеральных удобрений по параметрам плодородия почвы, продуктивности и качества картофеля с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

**Методика.** В 2009-2011 гг. на территории научно-экспериментальной базы ГНУ ВНИИКХ «Коренёво» Люберецкого района Московской области проводили полевой опыт с опрыскиванием клубней картофеля перед посадкой рабочими растворами бактериальных препаратов Азотовита (*Azotobacterchroococcum*) и Фосфатовита (*Bacillus mucilaginosus*) и их смеси (в дозе 2 л/т). Опыт ежегодно располагали на одном из полей трехпольного севооборота после зерновых предшественников. Повторность опыта – трехкратная, расположение делянок рендомизированное внутри повторений. Общая площадь делянки – 45 м<sup>2</sup>, учётная – 27 м<sup>2</sup>.

Обработанные клубни высаживали (сажалка СН-4БК) на делянках: без удобрений (Фон 0); на фоне полной дозы минеральных удобрений – Фон 1 (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) и пониженной – Фон

2 (N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>). Срок посадки 6-9 мая. Схема посадки – 70×30 см. Сорт картофеля – Крепыш (ранний).

**Результаты и их обсуждение.** Почва опытного участка – дерново-подзолистая супесчаная. Агрохимические показатели пахотного горизонта: рН<sub>KCl</sub> – 4,51-4,62, Н<sub>г</sub> – 3,30-3,40 мг-экв/100 г почвы, S – 1,98-2,28 мг-экв/100 г почвы, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 32-34 и K<sub>2</sub>O – 10-12 мг/100 г почвы, гумус – 1,85-2,19%.

Метеоусловия вегетационного периода 2009 г. приближались к среднесезонной климатической норме и были благоприятными для развития картофеля (ГТК<sub>2009</sub>=1,12, ГТК<sub>многол.</sub>=1,29), в 2010 г. сложились экстремально засушливые условия (ГТК<sub>2010</sub>=0,63). В 2011 г. дефицит осадков наблюдался в мае-июне, в июле также было жарко и не хватало влаги: в сумме за весь вегетационный период ГТК<sub>2011</sub>=0,67, при этом выпало 159,2 мм осадков, что составило 61,1% среднесезонной нормы (260,5 мм).

Показатели биологической активности почвы (БАП) позволяют выявить направление изменения плодородия, причем это становится очевидным значительно раньше, чем происходит изменение других объективных показателей, например, содержания гумуса. Биологическую активность почвы изучали по выделению CO<sub>2</sub>.

Предпосадочная обработка клубней бактериальными препаратами, как на вариантах без удобрений, так и на фоне N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub> повышала БАП по сравнению с соответствующими контролями во все годы исследований (табл.1).

В среднем за 2009-2011 гг. минеральные удобрения в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>, быстро растворяясь, повышали биологическую активность почвы с начала и до конца цветения растений на 31-32 мг CO<sub>2</sub>/(м<sup>2</sup>·ч) по сравнению с контролем. На фоне полной дозы N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> в начале бутонизации биологическая активность почвы была на 15 мг CO<sub>2</sub>/(м<sup>2</sup>·ч) выше контроля, а в конце цветения – на одном уровне с контролем. Это означает, что в условиях дефицита влаги (2010 и 2011 гг.) применение минеральных удобрений в полной дозе приводило к депрессии биологической активности почвы, которая усиливалась по мере развития засухи (во вторую половину вегетации).

1. Динамика выделения диоксида углерода почвой под картофелем, мг CO<sub>2</sub>/(м<sup>2</sup>·ч)

Вариант опыта	Бутонизация				Конец цветения			
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее	2009 г.	2010 г.	2011 г.	среднее
Фон 0 (без удобрений)	281	176	262	240	330	143	184	219
Фон 0 +азотовит + фосфатовит	337	198	358	298	382	193	252	276
Фон 0 +азотовит	346	202	343	297	396	171	223	263
Фон 0 + фосфатовит	330	211	351	297	375	213	246	278
Фон 1 (N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> )	301	181	282	255	357	136	186	226
Фон 2 (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub> )	301	193	321	272	386	148	217	250
Фон 2 +азотовит + фосфатовит	343	199	340	294	392	157	235	261
Фон 2 +азотовит	355	222	327	301	411	160	220	264
Фон 2 + фосфатовит	341	204	336	294	397	158	235	263
НСР <sub>05</sub>	14	18	15	16	17	15	14	15

Проведенный агрохимический анализ почвы позволил установить, что минеральные удобрения в различных дозах (0; N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>; N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) в совокупности с обработкой клубней бактериальными препаратами по-разному влияли на физико-химические показатели и содержание питательных веществ в дерново-подзолистой супесчаной почве (табл. 2).

За годы исследований при внесении полной дозы минеральных удобрений (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) отмечены подкисление почвенного раствора (на – 0,13 ед. рН) и увеличение гидролитической кислотности (на 0,28 мг-экв/100 г почвы). Применение половинной дозы удобрений N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub> не изменяло обменной

кислотности (рН<sub>KCl</sub>), но приводило к повышению гидролитической кислотности (на 0,29 мг-экв/100 г почвы). Была отмечена следующая закономерность – обработка клубней бактериальными препаратами, как на неудобренном фоне, так и на фоне половинной дозы удобрений способствовала улучшению кислотно-основного баланса почвы. Так, если на минеральных фонах (Фон 1 и 2) наблюдались подкисление среды (на 0,28-0,29 мг-экв/100 г почвы) и тенденция к снижению суммы поглощенных оснований (на – 0,17 мг-экв/100 г почвы), то на вариантах с обработкой клубней азотовитом и фосфатовитом, как по отдельности, так и в баковой смеси (азото-

вит + фосфатовит) на Фоне 2 отмечена тенденция к снижению кислотности и повышению суммы обменных оснований; на Фоне 0 было достоверное повышение суммы обменных оснований на 0,26-0,36 мг-экв/100 г почвы, а увеличение гидролитической кислотности находилось в пределах НСР<sub>05</sub> (0,05-0,06 мг-экв/100 г почвы).

## 2. Динамика физико-химических свойств почвы за вегетационный период (среднее за 2009-2011 гг.)

Вариант опыта	рН <sub>KCl</sub>			Нг, мг-экв/100 г почвы			S, мг-экв/100 г почвы		
	вес-на	осень	Δ	вес-на	осень	Δ Нг	вес-на	осень	Δ S
Фон 0 (б/у)	4,55	4,54	-0,01	3,32	3,46	0,14	2,05	2,13	0,08
Фон 0 + азотовит + фосфатовит	4,62	4,52	-0,10	3,37	3,42	0,05	2,07	2,43	0,36
Фон 0 + азотовит	4,61	4,59	-0,02	3,30	3,35	0,05	2,22	2,33	0,11
Фон 0 + фосфатовит	4,51	4,61	0,10	3,35	3,41	0,06	2,15	2,41	0,26
Фон 1 (N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> )	4,60	4,47	-0,13	3,36	3,64	0,28	2,07	1,90	-0,17
Фон 2 (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub> )	4,59	4,53	-0,06	3,40	3,69	0,29	2,05	2,08	0,03
Фон 2 + азотовит + фосфатовит	4,55	4,70	0,15	3,35	3,48	0,13	2,22	2,35	0,13
Фон 2 + азотовит	4,56	4,59	0,02	3,36	3,44	0,08	2,20	2,34	0,14
Фон 2 + фосфатовит	4,56	4,65	0,09	3,32	3,32	0	2,12	2,37	0,25
НСР <sub>05</sub>	0,07			0,10			0,25		

Внесение фосфора в составе полного удобрения, когда почва была высоко обеспечена подвижным фосфором, приводило к существенному обогащению этим элементом. На вариантах с внесением полной дозы NPK содержание подвижного фосфора в конце вегетации возросло на 44 мг/кг почвы, поло-

винной дозы – на 25 мг/кг почвы по сравнению с соответствующими весенними показателями. На вариантах с обработкой клубней фосфатовитом, как на Фоне 0, так и на Фоне 2 наблюдалось достоверное повышение подвижного фосфора (извлекаемого 0,2 н. HCl) на 24-30 мг/кг почвы по сравнению с соответствующими весенними показателями.

За годы проведения опыта после уборки картофеля на нулевом фоне отмечено снижение содержания обменного калия (извлекаемого 0,2 н. HCl) по сравнению с соответствующими весенними значениями (отрицательный баланс), что объясняется низкой естественной обеспеченностью этим элементом, засухой (2010 и 2011 гг.) и высоким биологическим и хозяйственным выносом калия картофелем. На варианте с половинной дозой удобрений (Фон 2) наблюдался слабый положительный баланс этого элемента, который увеличивался на вариантах с применением бактериальных препаратов. Достоверный положительный баланс калия складывался на вариантах: Фон 1 (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) и (Фон 2 + азотовит): +18-19 мг/кг почвы.

В осенних образцах почвы определяли наиболее мобильную и доступную для растений форму минерального азота – нитратную. Установлено, что в среднем за 2009-2011 гг. на минеральных фонах содержание нитратного азота повышалось в зависимости от внесенных доз удобрений (Фон 1 и 2), соответственно, на 23 и 17 мг/кг по сравнению с неудобренным контролем. Предпосадочная обработка клубней бактериальными препаратами способствовала повышению нитратов в почве на вариантах: Фон 0 + азотовит – на 13 мг/кг; Фон 2 + азотовит – на 11 мг/кг – по сравнению со значениями соответствующих контролей (Фон 0 и Фон 2). На остальных вариантах повышение концентрации нитратов в почве было в пределах ошибки опыта.

Корреляционный анализ позволил установить, что зависимость продуктивности картофеля от обменной кислотности (рН<sub>KCl</sub>) была слабой и колебалась по годам от r=0,32 до r=0,10 (табл. 3). Снижение гидролитической кислотности почвы в условиях засухи (2010 и 2011 гг.) способствовало повышению урожая картофеля – r=0,29-0,32 (связь положительная и усиливается по мере увеличения недостатка влаги).

## 3. Корреляционная матрица взаимосвязи параметров почвенного плодородия дерново-подзолистого почва с урожаями картофеля

Урожайность по годам	рН <sub>KCl</sub>	Нг	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> **	K <sub>2</sub> O**	NO <sub>3</sub>
У-2009	0,32	0,05	0,07	0,25	0,52	0,49	0,04	0,83
У-2010	0,29	0,29	0,28	0,66	0,81	0,58	0,40	0,39
У-2011	0,10	0,32	0,45	0,60	0,52	0,28	0,09	0,40

\*Содержание подвижного фосфора и обменного калия в 0,2 н. HCl (ГОСТ 26207-91).

\*\*Содержание доступного фосфора и калия в 0,02 н. CaCl<sub>2</sub> (МУ по определению степени подвижности фосфора и калия в почвах, МСХ 01.06.87 г.).

Зависимость продуктивности картофеля от суммы обменных оснований колебалась по годам от слабой до средней положительной (r = 0,07 до r = 0,45), причем она была наиболее тесной в стабильно засушливом 2011 г.

Как известно, высокие урожаи картофеля невозможно получить на почвах, низкообеспеченных подвижным фосфором и обменным калием. Картофель имеет сравнительно слабо-развитую корневую систему. Этим и объясняется довольно тесная корреляционная зависимость величины урожая картофеля от содержания подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову\*): для фосфора корреляция составляла 0,25-0,66, а для калия – 0,52-0,81, максимальные значения интервалов соответствуют корреляции урожайности картофеля от обеспеченности почвы подвижным фосфором и обменным калием в острозасушливый 2010 г. Такая же тенденция сохранялась для связи урожая с доступным фосфором и калием (в 0,02 н. CaCl<sub>2</sub>\*\*\*) – максимальная корреляция с этими показателями наблюдалась в 2010 г. Корреляция продуктивности картофеля с концентрацией нитратов в почве была максимальной (r = 0,83) в нормальный по увлажнению 2009 г. и средней (r = 0,39-0,40) в засушливые 2010 и 2011 гг.

Суммирующим показателем эффективности различных агроприемов является урожайность возделываемой культуры. В

результате полевого опыта с бактериальными препаратами (2009-2011 гг.) установлено: наибольшие прибавки урожайности от обработки клубней бактериальными препаратами получены на неудобренном фоне (Фон 0) – 2,8-4,9 т/га, или 18,8-32,9%, а на фоне удобрений (Фон 2) они были меньше – 0,6-1,2 т/га, или 3,2-6,5% (табл. 4).

В условиях 2009 г. обработка клубней картофеля перед посадкой бактериальными препаратами обеспечивала высокий уровень урожайности – примерно такой же, как на фоне полной дозы минерального удобрения [(Фон 0 + азотовит – 36,3 т/га) → (Фон 1 (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) – 37,6 т/га)].

В условиях засушливых вегетационных периодов 2010 и 2011 гг. тенденции, наблюдавшиеся в опыте в 2009 г., подтвердились: микробиологические препараты были более эффективными и давали максимальную прибавку урожайности на неудобренном фоне (Фон 0). За годы проведения исследований максимальная урожайность картофеля получена на вариантах: Фон 0 + азотовит – 19,8 т/га (прибавка 4,9 т/га, или 32,9% к контролю); Фон 1 (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) – 20,7 т/га (прибавка 5,8 т/га, или 38,9% к контролю); Фон 2 (N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>) + фосфатовит – 19,8 т/га (прибавка 4,9 т/га, или 32,9% к контролю).

Бактериальные препараты влияли положительно, а минеральные удобрения – отрицательно на содержание крахмала в

клубнях картофеля. Наиболее существенное снижение крахмалистости отмечено на варианте с полной дозой минеральных удобрений – в условиях 2009 г. на 1,2%, в 2010 г. на 0,9 и в 2011 г. на 0,5 % по сравнению с неудобренным контролем.

#### 4. Урожайность картофеля (сорт Крепыш) в зависимости от изучаемых факторов по годам исследований

Вариант опыта	Урожайность, т/га				Прибавка к контролю		Прибавка к фону 2	
	2009г.	2010г.	2011г.	средн.	т/га	%	т/га	%
Фон 0 (б/у)	25,0	7,5	12,1	14,9	-	-		
Фон 0 + азотовит + фосфатовит	30,3	9,0	13,7	17,7	2,8	18,8		
Фон 0 + азотовит	36,3	9,3	13,7	19,8	4,9	32,9		
Фон 0 + фосфатовит	30,5	9,6	15,1	18,4	3,5	23,5		
Фон 1 (N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> )	37,6	9,3	15,1	20,7	5,8	38,9		
Фон 2 (N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>90</sub> )	32,2	9,9	13,8	18,6	3,7	24,8	-	-
Фон 2 + азотовит + фосфатовит	33,1	9,6	15,0	19,2	4,3	28,9	0,6	3,2
Фон 2 + азотовит	33,8	9,9	14,3	19,3	4,4	29,5	0,7	3,8
Фон 2 + фосфатовит	34,1	10,5	14,8	19,8	4,9	32,9	1,2	6,5
HCP <sub>05</sub>	1,6	0,6	0,9	1,0	1,0		1,0	

На вариантах с использованием бактериальных препаратов на нулевом фоне (без удобрений) крахмалистость картофеля составляла 14,1-14,2%, а на Фоне 2 (N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>) + бактериальные препараты – 13,7-14,2%, т.е. была на одном уровне с неудобренным контролем (HCP<sub>05</sub>= 0,8%).

Как правило, наибольшее количество витамина С содержится в клубнях, выращенных на слабоокультуренных почвах и низком агрофоне (Соловьев и др., 1978; Чуйков и др., 1988). В среднем за годы исследований в нашем опыте максимальное содержание витамина С отмечено на вариантах сочетания бактериальных препаратов с Фоном 0 и 2: Фон 0 + азотовит – 36 мг%, Фон 2 + азотовит + фосфатовит – 34,7, Фон 2 + фосфатовит – 35,9 мг%.

Концентрация нитратов в клубнях картофеля превышала ПДК только в 2011 г. на варианте с полной дозой N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> – 270 мг/кг, на остальных вариантах во все годы исследований содержание нитратов находилось в пределах гигиенического норматива [5].

Бактериальные препараты способствовали повышению кулинарных качеств продукции. Картофель, выращенный на вариантах: Фон 0 + азотовит + фосфатовит; Фон 0 + азотовит; Фон 0 + фосфатовит и Фон 2 – набрал высокую сумму баллов 26,0-26,8, что выше неудобренного контроля. На вариантах: Фон 2 + азотовит + фосфатовит; Фон 2 + азотовит; Фон 2 + фосфатовит – сумма баллов снизилась до 24,9-25,9 из-за ухудшения разваримости, что предположительно связано с увеличением прочности кожуры клубней.

Для оценки какого-либо агрономического приема в картофелеводстве помимо величины урожая первостепенное значение имеет учет болезней, снижающих качество и лёжкость продукции.

Применение бактериальных удобрений снижало распространенность и развитие грибных болезней на клубнях карто-

феля. Распространенность (количество больных клубней) и развитие (глубина язв) парши обыкновенной на вариантах со 2-го по 4-ый (Фон 0 + бактериальные препараты) составила 11,6-14,2 и 3,4-3,9%, по сравнению с соответствующими значениями контроля 15,9 и 5,9%; распространенность и развитие ризоктониоза составили 5,8-12,1 и 1,9-4,5%, против соответствующих значений контроля 18,7 и 7,0%.

Расчеты экономической эффективности изучаемых систем удобрения (в ценах 2011 г.), показали, что максимальная величина окупаемости затрат и условного дохода от дополнительной продукции получена на варианте Фон 0 + азотовит – 10,1 руб/руб. и 58,0 тыс. руб/га. Вариант с половинной дозой минеральных удобрений и обработкой клубней фосфатовитом [(N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>) + фосфатовит] уступал варианту с полной дозой N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> по размеру условного дохода (52,3 тыс. руб/га против 61,0 тыс. руб/га), но превосходил по окупаемости затрат (4,6 руб/руб. против 4,2 руб/руб.) и был на одном уровне по себестоимости продукции (7,3 руб/кг и 7,2 руб/кг), а также превосходил вариант с половинной дозой (N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>) по всем экономическим показателям.

**Выводы.** За годы исследований (2009-2011 гг.) максимальная эффективность от обработки клубней бактериальными препаратами получена на вариантах: [Фон 0 + азотовит] и [(N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>) + фосфатовит] – 19,8 т/га (прибавка 4,9 т/га, или 32,9% к соответствующим контролям), что, практически на одном уровне с урожайностью, полученной от полной дозы минеральных удобрений (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>) – 20,7 т/га. При обработке клубней бактериальными препаратами повышалось качество продукции: содержание крахмала, витамина С, сопротивляемость болезням, отсутствовало потемнение мякоти клубней. Предпосадочная обработка клубней бактериальными препаратами способствовала повышению эколого-агрохимической характеристики дерново-подзолистой почвы: улучшались биологическая активность, кислотно-основной баланс, доступность фосфатов и минерального азота.

Расчеты экономической эффективности показали, что все затраты, связанные с использованием бактериальных препаратов полностью окупаются. Предпосадочная обработка семенного материала бактериальными препаратами в различных технологиях возделывания картофеля может стать одним из важных условий энергосбережения (при существенном снижении затрат на минеральные удобрения) и экологизации окружающей среды.

#### Литература

1. Парахин Н.В. Экологическая устойчивость и эффективность растениеводства // Теорет. основы и практ. опыт. – М.: Колос. – 2002. – 199 с.
2. Роговская Н.Н., Щедрих В.А. Биологические удобрения и технологии производства семенного и продовольственного картофеля // Вопросы современного земледелия в Центральном Черноземье. Материалы научно-практической конференции / КСХА. – Курск. – 2003. – С. 54-55.
3. Соколова М.Г., Акимов Г.П., Рудиковский А.В. и др. Бактериальные биопрепараты и их влияние на урожайность томатов и картофеля // Плодородие. – 2008. – № 1 (40). – С. 26-27.
4. Федотова Л.С., Кравченко А.В., Гаврилов А.Н. Значение бактериальных удобрений в биологизированном картофелеводстве // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 28-30.
5. Санитарные нормы СанПиН 2.3.2. 1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ от 31.05.2002 №18).

#### APPLICATION OF BACTERIAL FERTILIZERS IN POTATO PRODUCTION

L.S. Fedotova, A.V. Kravchenko, N.A. Timoshina, A.N. Gavrilo

Lorkh Research Institute of Potato Growing,

ul. Lorkha 23, Kraskovo-1, Moscow oblast, 140051 Russia E-mail: ldfedotova@gmail.com

A positive effect of bacterial fertilizers on the biological activity and agrochemical parameters of soil, the yield and quality of potato tubers, and their affection by diseases was shown for potatoes grown on loamy sandy soddy-podzolic soil under conditions of the Central Nonchernozemic Zone of Russia.

Keywords: bacterial fertilizers Azotovit and Fosfatovit, productivity and quality of potato tubers, soil fertility.