

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ФЛАВОБАКТЕРИНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА

О.В. Чухина, к. с.-х. н., В.В. Суров, Вологодская ГМХА, Ю.П. Жуков, д. с.-х. н., РГАУ – МСХА

Показано, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Вологодской области применение удобрений существенно повышало урожайность клубней картофеля как на фоне флавобактерина, так и без его применения. С увеличением доз азотных удобрений содержание крахмала в клубнях картофеля снижалось. Удобрения увеличили вынос азота, фосфора и калия. Получена высокая оплата удобрений: 11-22 кг клубней картофеля на 1 кг д.в. Флавобактерин увеличил фактические балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия.

Ключевые слова: картофель, урожайность, балансовые коэффициенты, доза удобрений, оплата удобрений.

В России картофель возделывают на площади более 3 млн га, получая около 35 млн т валового сбора, урожайность составляет около 12 т/га. Причём средняя многолетняя урожайность в личных подсобных хозяйствах, производящих основную часть картофеля, примерно на 30% ниже, чем на крупных предприятиях, лучшие из которых обеспечивают урожайность до 40-50 т/га [5].

Средняя урожайность этой культуры в Вологодской области за 2007–2011 гг. составила 17,4 т/га.

За многие годы накоплен большой объём экспериментальных данных о положительном влиянии удобрений на продуктивность культуры, комплекс агрохимических свойств и гумусовое состояние почв, на коэффициент использования элементов питания растениями. Применение новых форм удобрений и препаратов нового поколения позволяет значительно повысить урожайность сельскохозяйственных культур с одновременным улучшением качества продукции [4, 6]. Известно, что удобрения обеспечивают до 50% прибавки урожайности культур. Особенно велика их роль в Северо-Западной зоне Нечерноземья, где складываются благоприятные погодно-климатические условия для роста и развития картофеля, а почвы бедные [7].

Увеличить продуктивность культур можно, применяя научно обоснованную систему удобрения, позволяющую регулировать изменения почвенного плодородия, не нарушая экологической обстановки агробиогеоценоза [3]. Препараты нового поколения позволяют за счёт ассоциативного взаимодействия с культурой повысить коэффициент использования элементов питания из почвы и удобрений. Кроме того, они стабилизируют состав полезной микрофлоры в почвенной среде, стоят недорого и имеют малый расход на 1 га пашни.

Цель исследований – выявить наиболее оптимальную систему удобрения картофеля при применении препаратов нового поколения в Вологодской области.

**Методика.** В 2010 г. на опытном поле ВГМХА имени Н.В. Верещагина был заложен 7-польный полевой севооборот, включающий викоовсяную смесь, озимую рожь, картофель, ячмень с подсевом клеверотимфеесечной смеси, клевер с тимфеесевкой 1-го года пользования, клевер с тимфеесевкой 2-го года пользования, лён-долгунец. Картофель изучали в звене 7-польного севооборота: викоовсяная смесь, озимая рожь, картофель (сорт Елизавета), ячмень. Технология возделывания культур – общепринятая для Северо-Западной зоны. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая. Перед закладкой опыта почва опытного участка имела рН<sub>KCl</sub> 5,4, содержание гумуса 1,54%, подвижного фосфора – 270 мг/кг, обменного калия – 124 мг/кг почвы.

Схема опыта под картофель включала следующие варианты: 1-без удобрений (контроль); 2 – P<sub>45</sub>K<sub>100</sub> – фон 1; 3 – Фон 1 + N<sub>110</sub>; 4 – Фон 1 + азот + торфонавозный компост; 5 – Фон 1 + N<sub>170</sub>, причём 5-й вариант по количеству вносимого действующего вещества эквивалентен 4-му (табл. 1). Содержание

элементов питания в торфонавозном компосте (%): N- 0,45, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> -0,19, K<sub>2</sub>O -0,56. Дозы удобрений изучали как без обработки клубней картофеля перед посадкой флавобактерином (1), так и при обработке клубней препаратом (2).

Доза удобрения в 3–5-х вариантах рассчитывали балансовым методом под плановую урожайность клубней картофеля 22 т/га с помощью балансовых коэффициентов использования питательного вещества из удобрений и почвы (K<sub>б</sub>):

$$D = (B_y / K_b) \cdot 100,$$

где D – доза элемента в удобренном варианте, кг/га;

B<sub>y</sub> – вынос с урожаем элемента питания в удобренном варианте, кг/га;

K<sub>б</sub> – балансовый коэффициент использования элемента, %; 100 – коэффициент перевода из % [3].

Во всех вариантах K<sub>б</sub> по фосфору и калию соответствовали 100 и 200%, по азоту в 3-м варианте K<sub>б</sub>=110%, в 4- и 5- вариантах K<sub>б</sub>=70%.

Основой микробиологического препарата флавобактерин является природный отселектированный штамм «дружественных» растениям бактерий *Flavobacterium* sp., которые заселяют прикорневую зону (ризосферу) и поверхность корней сельскохозяйственных культур. Флавобактерии фиксируют азот из атмосферного воздуха и питают им растения, вырабатывают суперактивный антибиотик «флавоцин» с широким спектром действия на фитопатогенные грибы и бактерии, выделяют ростостимулирующие вещества [1].

Площадь опытной делянки 11 м<sup>2</sup> (5,5 x 2). Повторность – 4-кратная, размещение делянок – систематическое. Обработка данных проведена 2-факторным способом по Б.А. Доспехову [2].

Учёт урожайности определяли сплошным методом – взвешиванием всей основной продукции со всей учетной площади делянки. Урожай приведён к стандартной влажности – 75%.

**Результаты исследований и их обсуждение.** В 2010-2011 гг. сложились нехарактерные погодные условия для роста и развития картофеля, поэтому не был достигнут плановый уровень урожайности культуры. Особенно экстремальные условия наблюдались в 2010 г. Так, в июле (в т.ч. в критический период для роста и развития растений) дневная температура была выше 30°C, а осадки практически не выпадали, гидротермический коэффициент (ГТК) составил лишь 0,03. Наиболее благоприятными климатические условия были в 2012 г., поэтому и урожайность культуры почти соответствовала плановому уровню (3–5-й вар.) (табл. 1).

1. Урожайность клубней картофеля, т/га

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	2010 г.						Среднее по факт. В	
		2011 г.		2012 г.		1		2	
		По фактору В (обработка флавобактерином)							
1	Без удобрений (контроль)	12,1	12,4	11,6	12,4	12,1	12,6	11,9	12,5
2	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub>	13,1	13,4	13,2	13,5	14,6	15,4	13,6	14,1
3	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>110</sub>	15,7	16,5	15,2	16,2	17,4	18,6	16,1	17,1
4	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>70</sub> + торфонавозный компост, 40 т/га	17,1	18,7	17,2	18,4	19,0	20,8	17,8	19,3
5	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>170</sub>	17,5	18,5	17,0	18,6	19,2	20,2	17,9	19,1
Среднее по факт. А		15,1	15,9	14,8	15,8	16,5	17,5	15,5	16,4
		HCP <sub>A</sub> =0,37 HCP <sub>B</sub> =0,24 HCP <sub>AB</sub> =0,17		HCP <sub>A</sub> =0,48 HCP <sub>B</sub> =0,30 HCP <sub>AB</sub> = –		HCP <sub>A</sub> =0,40 HCP <sub>B</sub> =0,25 HCP <sub>AB</sub> =0,18			

Примечание. 1-без обработки клубней перед посадкой флавобактерином, 2-при обработке препаратом (здесь и в табл. 2-5)

В 2010 г. использование удобрений существенно повышало урожайность клубней картофеля как на фоне флавобактерина, так и без него. Применение азотных удобрений в дозе 170 кг д.в./га имело существенное преимущество перед дозой азота 110 кг д.в./га. В исследуемый год, несмотря на сухую и жаркую летнюю погоду, выявлено существенное влияние флавобактерина во всех изучавшихся дозах удобрений (видимо препарат более интенсивно работает в первую половину вегетации растений) и влияние взаимодействия флавобактерина и удобрений.

Аналогичные закономерности отмечены и в 2012 г.

Что касается 2011 г., то внесение удобрений обеспечило существенную прибавку урожайности клубней картофеля как при обработке клубней флавобактерином, так и без него. С увеличением доз удобрений прибавка урожайности клубней картофеля возрастала. Флавобактерин во всех изучаемых вариантах обеспечил существенную прибавку урожайности клубней картофеля, составившую 0,3–0,16 т/га, причём при применении только фосфорно-калийных удобрений наблюдалась минимальная прибавка урожая. В 2011 г. влияние взаимодействия флавобактерина и различных доз удобрений (фактор АВ) не выявлено (Fф. < Fт.).

Во все годы исследований и в среднем за 3 года минеральная и органоминеральная системы удобрения (4 и 5-й вар.) не различались как при применении микропрепарата, так и без него.

Содержание крахмала и нитратов в клубнях картофеля приведено в таблице 2.

## 2. Содержание крахмала и нитратов в клубнях картофеля

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	2010 г.		2011 г.		2012 г.		Среднее по факт. В	
		По фактору В (обработка флавобактерином)						В	
		1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Крахмал, %</i>									
1	Без удобрений (контроль)	14,6	14,8	13,1	13,4	12,7	14,6	13,5	14,3
2	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub>	14,5	14,6	13,8	14,6	12,3	12,6	13,5	13,9
3	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>110</sub>	14,9	15,2	13,2	14,2	12,9	13,7	13,7	14,4
4	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>70</sub> + торфонавозный компост, 40 т/га	15,4	16,3	12,4	12,8	12,2	13,5	13,3	14,2
5	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>170</sub>	15,5	16,2	12,2	12,6	11,7	13,9	13,1	14,2
Среднее по ф. А		14,9	15,4	12,9	13,5	12,4	13,7	13,4	14,2
<i>Нитраты, мг/кг сухого вещества</i>									
1	Без удобрений (контроль)	350	210	741	616	811	341	634	389
2	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub>	396	328	442	311	423	317	420	318
3	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>110</sub>	457	302	495	349	470	326	474	325
4	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>70</sub> + торфонавозный компост, 40 т/га	432	358	474	320	536	393	480	357
5	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>170</sub>	497	341	436	336	500	323	477	333
Среднее по ф. А		426	307	517	386	548	340	497	344

В нехарактерных для Вологодской области погодных условиях 2010 г. с увеличением доз вносимых удобрений наблюдалась тенденция к повышению крахмала в клубнях картофеля, видимо, из-за недостатка влаги и недостаточного синтеза белковых веществ. В 2011-2012 гг. с увеличением доз азотных удобрений содержание крахмала в клубнях картофеля снижалось. Обработка клубней картофеля флавобактерином имела устойчивую тенденцию к повышению в них содержания крахмала, в среднем на 6%.

С повышением доз вносимых удобрений содержание нитратов не изменялось. Обработка клубней картофеля флавобактерином заметно снижала в них содержание нитратов: на 102-153 мг/кг абсолютно сухого вещества на фоне удобрений и на 245 мг/кг без удобрений. Видимо, препарат увеличивает усвояемость нитратного азота. Все изучавшиеся дозы удобрений по содержанию нитратов не превысили ПДК.

Вынос азота, фосфора и калия из почвы с урожаем в среднем за 3 года исследований возрастал (табл. 3).

Наибольший вынос азота, фосфора и калия наблюдался при применении расчётных доз удобрений с азотом (3-5-й вар.). Азотные удобрения увеличили вынос азота почти в 1,5-1,7 раза по сравнению с контролем как с применением флавобактерина, так и без него. Хозяйственный вынос фосфора и калия также увеличился на фоне азотных удобрений в 1,4-1,6 раза.

## 3. Вынос азота, фосфора и калия из почвы с урожаем картофеля (в среднем за 2010-2012 гг.) кг/га

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	Азот		Фосфор		Калий	
		По фактору В (обработка флавобактерином)					
		1	2	1	2	1	2
1	Без удобрений (контроль)	57	62	24	28	134	147
2	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub>	67	69	29	32	159	168
3	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>110</sub>	83	91	35	38	191	210
4	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>70</sub> + торфонавозный компост, 40 т/га	94	106	39	44	217	242
5	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>170</sub>	96	106	38	42	220	237

Изучаемые дозы удобрений, несмотря на нехарактерные погодные условия 2010-2011 гг. (повышенные среднесуточные температуры и недостаточное количество осадков), в среднем за годы исследований обеспечили высокую агрономическую эффективность, прибавка урожая от них колебалась от 1600 до 6800 кг/га, что (табл.4, рис.).

## 4. Оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожайности клубней картофеля, кг

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	Доза удобрения, кг д.в./га		Прибавка урожая, кг/га		Оплата	
		По фактору В (обработка флавобактерином)					
		1	2	1	2	1	2
1	Без удобрений (контроль)	-	-	-	-	-	-
2	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub>	145	145	1700	1600	11,7	11,0
3	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>110</sub>	255	255	4200	4600	16,5	18,0
4	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>70</sub> + торфонавозный компост, 40 т/га	315	315	5900	6800	18,7	21,6
5	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> + N <sub>170</sub>	315	315	6000	6600	19,0	21,0

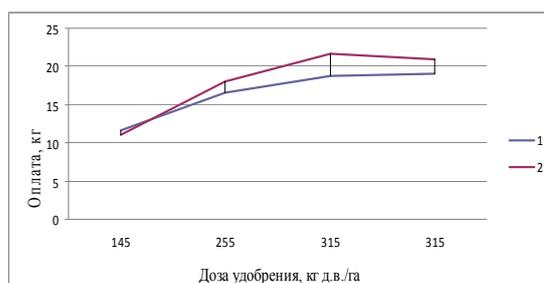


Рис. Оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожайности клубней картофеля, кг

В данном случае наблюдаются незначительное увеличение оплаты удобрений на фоне флавобактерина (на 1,5-3,0 кг) и незначительное увеличение (на 3 кг) с возрастанием доз вносимых удобрений с 255 до 315 кг д.в. Это показывает соответствие исследуемых доз оптимальным, а не максимально допустимым значениям (в опыте планировался отрицательный баланс калия).

Фактические балансовые коэффициенты использования азота удобрений и почвы были ниже планового во всех вариантах (3-5-й вар.) на 14-34%. Следовательно, значительное количество азота удобрений не использовано растениями, скорее всего, из-за недостаточного количества влаги (табл.5).

**5. Балансовые коэффициенты (Кб) использования азота, фосфора и калия из удобрений и почвы, %**

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	Фактические Кб						Плановые Кб		
		азот		фосфор		калий		азот	фосфор	калий
		1	2	1	2	1	2			
1	Без удобрений (контроль)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub>	-	-	65	71	159	168	-	100	200
3	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> +N <sub>110</sub>	76	83	78	85	192	210	110	100	200
4	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> +N <sub>70</sub> +торфонавозный компост, 40 т/га	55	62	87	98	217	242	70	100	200
5	P <sub>45</sub> K <sub>100</sub> +N <sub>170</sub>	56	62	85	93	220	237	70	100	200

Флавобактерин увеличил фактические балансовые коэффициенты азота на 6-7%. Фактические Кб использования фосфора и калия значительно отличались от плановых в варианте без применения азотного удобрения (2-й вар.), соответственно, на 35 и 41%. Видимо, лимитирующим фактором в данном опыте выступает азот. По фосфору в 3-5-м вариантах фактические балансовые коэффициенты приблизились к плановым, особенно на фоне флавобактерина, а по калию даже превысили их, что говорит о ещё большем фактическом отрицательном балансе, чем планировался.

**EFFECT OF FERTILIZERS AND FLAVOBAKTERIN ON THE YIELD OF POTATOES IN A FIELD CROP ROTATION**

**O.V. Chukhina<sup>1</sup>, V.V.Surov<sup>1</sup>, Yu.P. Zhukov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Vereshchagin Vologda State Dairy Academy,

ul. Shmidta 2, Molochnoe, Vologda oblast, 160555 Russia

<sup>2</sup>Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences,

ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia

*The application of fertilizers to a sandy loamy soddy-podzolic soil in the Vologda oblast has significantly increased the yield of potato tubers regardless of the simultaneous application of flavobakterin. When the application rates of nitrogen fertilizers increased, the content of starch in potato tubers decreased. Fertilization increased the removal of nitrogen, phosphorus, and potassium by almost 1.5 times. High payment of fertilizers by 11–22 kg potato tubers/kg a.i. was obtained. Flavobakterin increased the actual balance utilization coefficients of nitrogen, phosphorus, and potassium.*

*Keywords: potatoes, productivity, balance coefficients, fertilizer rate, payment of fertilizers.*

**Заключение.** Применение удобрений существенно повышало урожайность клубней картофеля как на фоне флавобактерина, так и без него. С увеличением доз азотных удобрений содержание крахмала в клубнях картофеля снижалось. Удобрения увеличили вынос азота, фосфора и калия почти в 1,5 раза по сравнению с контролем как при применении флавобактерина, так и без него. Получена высокая оплата удобрений – 11-22 кг клубней картофеля на 1 кг д.в. на фоне флавобактерина и 12 – 19 кг без микропрепарата. Флавобактерин увеличил фактические балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия.

*Литература*

1. *Агрохим* компании-М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agrohimiya.ru/article/86/4>. 2. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с. 3. *Жуков Ю.П.* Система удобрения в хозяйствах Нечерноземья. – М.: Московский рабочий, 1983. – 144 с. 4. *Завалин А.А.* Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: ВНИИА, 2005. – 312 с. 5. *Картофель в России: популярен, перспективен, технологичен... и очень запущен* // *Аграрное обозрение*. – 2009. – Февраль – март. – С. 20-28. 6. *Кожмяков А. П., Тихонович И. А.* Использование инокулянтов бобовых и биопрепаратов комплексного действия в сельском хозяйстве // Доклады Россельхозакадемии. 1998. № 6. – С. 7-10. 7. *Чухина О.В.* Продуктивность культур и обеспеченность дерново-подзолистой почвы питательными элементами при расчётных дозах удобрения в севообороте: Дис. ... канд. с.-х. н. – М., 1999. – 154 с.