

ВЛИЯНИЕ НОВОГО ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ
НА УСЛОВИЯ ПИТАНИЯ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

О.А. Sorokina, M.V. Zimoglyad

THE INFLUENCE OF A NEW ORGANIC AND MINERAL FERTILIZER
ON NUTRITION CONDITIONS AND YIELD OF POTATO

Сорокина О.А. – д-р биол. наук, проф. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: geos0412@mail.ru

Зимогляд М.В. – асп. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: geos0412@mail.ru

Sorokina O.A. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.

E-mail: geos0412@mail.ru

Zimoglyad M.V. – Post-Graduate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.

E-mail: geos0412@mail.ru

Цель исследования – изучить влияние разных норм и способов внесения нового органоминерального удобрения (ОМУ) местного производства на условия питания, агрохимические свойства чернозема выщелоченного, урожайность и качество картофеля сорта Арамис. Изучена эффективность нового органоминерального удобрения местного производства при внесении под картофель сорта Арамис. Проведены двухлетние полевые опыты с разными нормами и способами применения этого удобрения в условиях Назаровского района. Оценили условия почвенного питания картофеля, предъявляющего требования к таким важнейшим агроэкологическим факторам, как содержание влаги, реакция почвы и обеспеченность основными элементами питания. Установили, что при внесении ОМУ повышается влажность почвы за счет влагоемких компонентов удобрения, не изменяется реакция почвы. Это является положительным моментом при оценке действия изучаемого нового вида удобрений. Результаты почвенной диагностики на определение питательных элементов свидетельствуют об оптимальных условиях питания при внесении удобрений, особенно в относительно благоприятный по погодным условиям 2017 г. В остро засушливом 2018 г. зафиксировано проявление токсического эффекта удобрения при высоком содержании в почве минеральных форм азота и

отрицательном влиянии хлора в составе ОМУ. Показана высокая эффективность действия этого удобрения на урожайность картофеля в норме внесения 1,0 ц/га при посадке клубней. Увеличение нормы ОМУ и его внесение в период вегетации для подкормки не дает прибавку урожайности картофеля. На всех вариантах опытов в течение двух лет получена продукция картофеля с содержанием нитратов, не превышающих предельно допустимую концентрацию.

Ключевые слова: картофель, органоминеральное удобрение, варианты опыта, норма, способ, влажность, реакция, питание, минеральный азот, урожайность, нитраты.

The research objective was to study the influence of different norms and ways of introduction of new organic and mineral fertilizer (OMF) of local production on nutrition conditions, agrochemical properties of lixivious chernozem, the productivity and quality of potatoes of the variety Aramis. The efficiency of new organic and mineral fertilizer of local production at introduction under the variety potatoes Aramis was studied. Two-year field experiments with different norms and methods of application of this fertilizer in the conditions of Nazarovsky area were made. The conditions of soil nutrition of potatoes imposing the requirements to such major agroecological factors as moisture content, the reaction of the soil and security with basic elements

of food were estimated. It was established that at introduction to OMF the humidity of the soil at the expense of moisture capacious components of fertilizer increased, the reaction of the soil did not change. It was positive moment at the assessment of the action of studied new type of fertilizers. The results of soil diagnostics on the definition of nutritious elements testify to optimum conditions of nutrition at application of fertilizers, especially in 2017, rather favorable for weather conditions. In sharply droughty 2018 the manifestation of toxic effect of fertilizer at high contents in the soil of mineral forms of nitrogen and negative influence of chlorine in structure is recorded to OMF. High efficiency of effect of this fertilizer on the productivity of potatoes in norm of introduction of 1.0 c/hectare when landing tubers was shown. The increase in norm and its entering into the vegetation period for top dressing did not give to OMF an increase of productivity of potatoes. On all options of the experiments within two years production of potatoes with the content of the nitrates which are not exceeding maximum permissible concentration was received.

Keywords: potatoes, organic and mineral fertilizers, norm, way, humidity, reaction, nutrition, mineral nitrogen, productivity, nitrates.

Введение. Создание новых видов комплексных удобрений на основе местного органического сырья или отходов производства позволяет решать актуальную проблему оптимизации питания культур при остром дефиците промышленных минеральных удобрений. К таким агрохимическим ресурсам относятся новые виды органоминеральных удобрений (ОМУ) местного производства. Они многоэлементные, характеризуются пролонгированным действием, регулируют полноценное питание растений, улучшают структуру почвы, эффективно показывают себя на большинстве культур [1]. Всестороннее изучение таких видов удобрений, произведенных в местных условиях, является, несомненно, актуальным.

Цель исследования: изучить влияние разных норм и способов внесения нового органоминерального удобрения (ОМУ) местного производства на условия питания, агрохимические свойства чернозема выщелоченного, урожайность и качество картофеля сорта Арамис.

Объекты и методы исследования. Полевые опыты проводили в 2017–2018 гг. на территории СЗАО «Ададымское» Назаровского района Красноярского края. Изучали новое органоминеральное удобрение, произведенное в г. Красноярске. В состав удобрения входит торф, вермикулит вспученный, сульфат аммония, аммофос и хлористый калий. Оно представляет гранулы оптимального размера, отличается хорошими технологическими свойствами, легкой доступностью растениям. Удобрение больше всего подходит для применения в полевых условиях под картофель, овощи, кормовые корнеплоды. Научно обоснованные рекомендации по внесению этого удобрения не разработаны.

Для оценки эффективности ОМУ в полевых опытах выбрали картофель, являющийся одновременно пищевой, технической и кормовой культурой [3, 5]. Изучали среднеспелый сорт Арамис столового назначения, который пользуется популярностью у населения.

Опыты закладывали по следующей схеме: контроль (без удобрений), внесение ОМУ при посадке картофеля в нормах 1; 1,5; 2 ц/га; 1 ц/га перед прополкой; 1 ц/га перед окучиванием. Размещение делянок систематическое. Опыт проводился в трехкратной повторности. Учетная площадь делянки составляла 8,5 м². Для оценки условий питания картофеля перед внесением удобрений, а также в фазу цветения с каждого варианта опыта отбирался образец почвы из пахотного (0–20 см) и подпахотного (20–40 см) слоев. Определили содержание общей влаги термовесовым методом, реакцию почвы по величине рН_{н2о} ионометрически, содержание основных элементов питания: аммонийного азота (N-NH₄) – с реактивом Несслера, нитратного азота (N-NO₃) – дисульфифеноловым методом в модификации Шаркова, подвижного фосфора (P₂O₅) и обменного калия (K₂O) – по Чирикову. На всех вариантах опыта учли биологическую урожайность картофеля (ц/га). Результаты этого учета статистически обработали с использованием программы Microsoft Excel. Определение нитратов в соке клубней картофеля после уборки проводили экспресс-методом тканевой диагностики с помощью сухого реактива на азот и шкалы «Индам» в девятикратной повторности (мг NO₃ на 1 кг сырой массы). Сравнивали полученные результаты с нормами оценки качества

продукции по содержанию нитратов, согласно ПДК, которая составляет для картофеля этой группы спелости 250 мг на 1 кг сырой массы.

Результаты исследования и их обсуждение. Картофель относится к культурам весьма требовательным к влаге во все периоды вегетации, особенно перед посадкой, а также в период цветения, когда идет интенсивная закладка генеративных органов. От количества почвенной влаги зависит интенсивность протекающих биологических, химических и физико-химических процессов как в почве, так и в самом растении. Для картофеля, предъявляющего повышенные требования к влаге, ее определение проводится в пахотном и подпахотном слое. Количество общей влаги в черноземе выщелоченном Назаровского района при посадке клубней картофеля в оба года исследований составляет более 30 %, что вполне удовлетворяет потребность картофеля (табл. 1). Чаще всего в подпахотном слое содержание влаги несколько выше по сравнению с пахотным. Это связано с более интенсивным испарением влаги с по-

верхности почвы и расходом ее на эвапотранспирацию культуры. В последующие фазы развития картофеля резервированная влага подпахотного слоя частично обеспечивает потребность растений. В 2017 г. к фазе цветения влагообеспеченность почвы резко снижается за счет засушливых условий первой половины вегетации. Однако она не находится на критическом уровне и обеспечивает потребность картофеля. Несмотря на засуху в июне 2018 г. содержание влаги в почве в период цветения картофеля было оптимальным за счет июльских осадков. В оба года исследования на удобренных ОМУ вариантах по сравнению с контролем содержание влаги в обоих слоях почвы существенно выше. Это связано с более высокой водоудерживающей способностью удобрения, в состав которого входит влагоемкий торф, а также вспученный вермикулит, относящийся к минералам с многослойной кристаллической решеткой, хорошо разбухающей в почве, впитывающей и долго удерживающей влагу.

Таблица 1

Показатели условий питания картофеля в период вегетации (n=3) (2017–2018 гг.)

Вариант	Слой, см	Влажность почвы, %				рН _{Н₂О}			
		Посадка		Цветение		Посадка		Цветение	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Без удобрений	0–20	32,3	32,9	16,9	31,8	7,1	7,7	6,8	7,2
	20–40	30,6	36,4	20,9	30,0	7,1	7,7	6,8	7,4
1 ц/га, посадка	0–20	33,6	29,9	18,1	28,7	7,2	7,7	6,8	7,4
	20–40	33,5	32,4	21,5	29,0	7,1	7,7	6,7	7,6
1,5 ц/га, посадка	0–20	34,9	35,0	19,0	28,1	7,1	7,6	6,9	7,4
	20–40	31,5	31,2	19,7	30,4	7,2	7,7	6,6	7,6
2 ц/га, посадка	0–20	31,8	28,5	22,1	33,0	7,2	7,7	6,8	7,4
	20–40	40,8	32,1	19,8	32,7	7,1	7,7	6,8	7,6
1 ц/га, прополка	0–20	43,4	37,6	17,3	20,6	7,1	7,7	6,9	7,2
	20–40	35,3	39,5	17,9	33,1	7,2	7,5	6,9	7,3
1 ц/га, окучивание	0–20	29,0	33,9	18,1	35,9	7,1	7,6	6,7	7,4
	20–40	33,6	32,8	22,2	31,6	7,2	7,6	6,7	7,5

В целом по всем вариантам опыта влажность почвы не является лимитирующим фактором получения урожайности картофеля в условиях Назаровского района.

Одним из важнейших агроэкологических условий при возделывании сельскохозяйственных

культур является реакция почвы [2]. Картофель проявляет повышенную чувствительность к этому почвенному показателю, оптимальный интервал которого составляет для культуры 6,0–7,5 единиц рН Н₂О. Лучше растет картофель при слабокислой или нейтральной реак-

ции почвы. Для чернозема выщелоченного опытов характерна нейтральная реакция. По годам, вариантам опыта и слоям отбора не отмечается существенного варьирования реакции почвенного раствора (табл. 1). Она характеризуется как нейтральная, благоприятная для возделывания картофеля. Зафиксировано снижение величины рН и незначительное подкисление почвы от периода посадки до цветения за счет прижизненного воздействия продуктов экзосмоса картофеля. Не установлено отрицательного влияния разных норм и способов внесения ОМУ на реакцию чернозема выщелоченного опыта, характеризующегося высокой буферностью к химическим воздействиям. С другой стороны, это положительно характеризует новый вид удобрения с точки зрения оценки его взаимодействия с почвой, стабильности реакции при внесении ОМУ.

В процессе вегетации картофель потребляет большое количество питательных веществ. Во время всходов, образования и наращивания ботвы, являющейся мощным фотосинтетическим аппаратом, эта культура выносит много азота. Перед смыканием ботвы и началом цветения усиливается потребление фосфора, как основного питательного элемента, усиливающего развитие генеративных органов [4]. В период

налива клубней резко увеличивается использование калия, способствующего синтезу углеводов, а именно полисахарида крахмала, как одного из основных показателей качества клубней картофеля.

Из таблицы 2 следует, что в период посадки картофеля обеспеченность почвы опыта минеральными формами азота высокая. В 2017 г. в почве преобладала аммонийная форма азота, что для картофеля является физиологически оптимальным. К фазе цветения содержание нитратного азота резко уменьшается до низкой и очень низкой степени обеспеченности за счет интенсивного выноса азота на формирование ботвы. Характерно также снижение активности текущей нитрификации при дефиците почвенной влаги, который был связан с засушливым июнем 2017 г. Однако обеспеченность аммонийным азотом остается высокой, что, несмотря на интенсивный вынос этого элемента, обеспечивает оптимальное азотное питание картофеля, снижающее аккумуляцию нитратов формирующейся продукцией. Увеличение нормы внесения ОМУ при посадке картофеля и внесение этого удобрения в подкормку несколько увеличивало содержание нитратного азота по сравнению с контролем.

Таблица 2

Содержание элементов питания в почве при посадке (1) и в фазу цветения (2) (2017 г.)

Вариант	Слой, см	Элементы питания, мг/кг почвы (n=3)							
		N-NO ₃		N-NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Без удобрений	0–20	13,1	2,6	23,6	26,5	195	213	91	126
	20–40	13,9	4,2	24,8	28,5	201	171	161	114
1 ц/га, посадка	0–20	13,5	3,3	25,6	23,6	207	176	138	114
	20–40	15,8	4,8	31,2	24,2	204	179	128	127
1,5 ц/га, посадка	0–20	13,9	5,6	25,1	35,1	193	215	179	269
	20–40	14,3	3,9	21,0	40,1	196	183	116	106
2 ц/га, посадка	0–20	13,6	5,3	20,8	28,9	165	178	120	111
	20–40	14,6	5,3	23,8	24,5	195	174	126	112
1 ц/га, прополка	0–20	14,8	5,0	21,5	27,2	160	209	190	122
	20–40	13,7	5,3	15,1	34,5	165	218	76	127
1 ц/га, окучивание	0–20	14,6	5,4	17,8	28,9	151	207	103	93
	20–40	13,6	3,7	14,6	32,0	149	218	61	186

При посадке картофеля обеспеченность почвы опыта подвижными фосфатами колеблется от

средней до повышенной, а обменным калием – от повышенной до высокой. К фазе цветения, как

правило, содержание фосфора снижается, что связано с усилением его выноса растениями. Четкой закономерности изменения содержания обменного калия по вариантам опыта от посадки до цветения не установлено. Этот элемент интенсивнее используется картофелем во вторую половину вегетации во время налива клубней. В пахотном слое почв не зафиксированы различия по содержанию фосфора и калия между вариантами опыта. В то же время в подпахотном слое при внесении ОМУ снабжение питательными веществами в ряде случаев выше. Это отмечается при увеличении дозы ОМУ, а также при подкормке в период вегетации во время прополки и окучивания.

Условия азотного питания картофеля по агрохимическим показателям почвы в 2018 г. несколько отличаются от предыдущего года. Установлено резкое снижение содержания аммо-

нийной формы азота в течение вегетации, что связано с активным включением аммония в процессы нитрификации за счет осадков, повышения влажности почвы и оптимальной температуры перед цветением картофеля. Как следствие, зафиксировано очень существенное увеличение содержания нитратного азота в почве к фазе цветения (табл. 3). По сумме минеральных форм азота обеспеченность почвы этим элементом питания высокая в оба срока определения. В то же время избыток нитратной формы азота в почве мог оказать токсическое действие на растения и привести к снижению урожайности картофеля. Подобная закономерность была установлена и в производственных посадках картофеля на территории лесостепной зоны края, приведшая к существенному недобору продукции в 2018 г.

Таблица 3

Содержание элементов питания в почве при посадке (1) и в фазу цветения (2) (2018 г.)

Вариант	Слой, см	Элементы питания, мг/кг почвы (n=3)							
		N-NO ₃		N-NH ₄		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Без удобрений	0–20	12,0	26,0	4,7	4,3	216	265	445	445
	20–40	14,8	29,0	4,4	5,0	190	419	481	352
1 ц/га, посадка	0–20	21,0	22,0	3,6	4,3	116	248	333	320
	20–40	13,0	25,0	5,4	3,7	128	252	395	394
1,5 ц/га, посадка	0–20	24,0	14,0	5,1	4,8	193	144	609	342
	20–40	16,0	20,0	5,5	5,1	198	289	438	410
2 ц/га, посадка	0–20	19,0	18,0	4,9	4,3	210	160	525	348
	20–40	18,0	21,0	5,4	5,1	169	172	537	520
1 ц/га, прополка	0–20	35,0	26,0	4,6	5,3	265	405	372	307
	20–40	33,0	24,0	5,1	5,7	237	22	329	290
1 ц/га, окучивание	0–20	17,0	23,0	4,8	4,2	24,5	22,0	481	526
	20–40	14,5	20,0	5,7	5,8	21,2	22,5	409	370

Таким образом, чернозем выщелоченный опытов характеризуется достаточно высоким эффективным плодородием. Содержание подвижных форм питательных веществ в период вегетации оптимальное для произрастания картофеля, особенно на удобренных вариантах. Улучшение условий питания картофеля по комплексу почвенно-агрохимических показателей отмечалось в 2017 г. по сравнению с 2018 г.

В целом для условий Назаровской лесостепи уровень урожайности картофеля сорта Арамис в 2017 г. высокий. Получена статистически достоверная прибавка урожайности при внесении ОМУ в нормах 1,0 и 1,5 ц/га перед посадкой (табл. 4). Прибавка урожайности картофеля при применении максимальной нормы ОМУ существенно ниже, что обусловлено засушливостью первой половины вегетации этого года и возможным угнетающим действием удобрения.

Подкормка картофеля в период вегетации существенно снизила уровень урожайности. Это связано, по-видимому, с отрицательным дейст-

вием хлора, входящего в состав удобрения в виде хлористого калия, на хлорофобную культуру картофеля.

Таблица 4

Урожайность картофеля (ц/га) и содержание нитратов (NO₃, мг/кг сырой массы при ПДК 250 мг/кг) в клубнях при внесении ОМУ (n=3)

Вариант	2017			2018		
	Средняя	Прибавка к контролю	NO ₃	Средняя	Прибавка к контролю	NO ₃
Без удобрений	303,3	-	123,5	176,0	-	94
1 ц/га, посадка	420,0	116,7	138,2	191,0	15,0	100
1,5 ц/га, посадка	419,3	116,0	142,4	178,0	2,0	98
2 ц/га, посадка	315,3	12,0	124,5	177,0	1,0	92
1 ц/га, прополка	201,0	-102,3	132,3	145,0	-31,0	99
1 ц/га, окучивание	206,7	-96,6	124,3	164,0	-12,0	94
НСР ₀₅		97,8			14,7	

В 2018 г. уровень урожайности картофеля на всех вариантах опыта резко снизился. Максимальная статистически достоверная прибавка урожайности клубней картофеля в этом году также получена при внесении ОМУ в норме 1,0 ц/га во время посадки. Повышение норм удобрения до 1,5 и 2 ц/га не увеличило урожайность картофеля по сравнению с контролем, что связано с угнетающим воздействием ОМУ на прорастающие клубни. Внесение удобрения в подкормку при междурядной обработке почвы также снизило урожайность картофеля. Это связано с засушливой погодой июня и проявлением токсического действия хлора на растения в процессе вегетации. Отрицательная роль дефицита влаги в период клубнеобразования в 2018 г. очевидна, что дополнительно сказалось на снижении урожайности картофеля.

Таким образом, за два года исследований сорт картофеля Арамис показал отзывчивость на внесение ОМУ. Наиболее стабильную прибавку урожайности продемонстрировал способ внесения ОМУ в норме 1 ц/га при посадке клубней картофеля.

Оценивая эффективность новых видов удобрений, наряду с уровнем урожайности, большое значение должно придаваться контролю качества продукции. По физиологическим особенностям картофель относится к культурам, которые

способны быстро аккумулировать нитраты, особенно при нарушении агрохимических и агротехнических требований возделывания.

При анализе сока клубней картофеля сорта Арамис в 2017 г. установлено более высокое содержание нитратов по сравнению с 2018 г. (табл. 4). Это связано с активной усваивающей способностью питательных веществ в относительно благоприятных погодных условиях 2017 г. таким интенсивным сортом картофеля, как Арамис. Установлено соответствие увеличения уровня урожайности картофеля повышению в клеточном соке клубней нитратов, что вполне закономерно. При внесении ОМУ содержание нитратов в продукции, как правило, незначительно увеличивается. В то же время ни в одном варианте опыта, даже при внесении повышенных норм удобрения, в течение двух лет исследований количество нитратов в клубнях картофеля не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК), составляющую 250 мг/кг сырой массы. Таким образом, внесение ОМУ под картофель сорта Арамис в разных нормах и различными способами позволяет получить экологически безопасную продукцию.

Заключение. Применение нового органоминерального удобрения не изменяет реакцию почвы, оптимизирует содержание почвенной влаги за счет влагоемкого органического и ми-

нералогического компонентов в его составе. Влажность почвы в течение вегетации не является лимитирующим фактором получения урожайности картофеля. На изменение реакции почвенного раствора органо-минеральное удобрение не влияет из-за хорошей буферной способности чернозема выщелоченного опытного участка и нейтральной реакции самого удобрения.

По результатам почвенной диагностики на обеспеченность питательными элементами установлено улучшение условий питания при внесении ОМУ. Высокое суммарное содержание минеральных форм азота обеспечивает потребность картофеля в течение всей вегетации. В острозасушливых условиях может наблюдаться угнетающее действие повышенных норм удобрения и при его внесении в подкормку, что снижает уровень урожайности культуры.

Наиболее эффективное действие на величину урожайности картофеля и статистически достоверную прибавку оказывает внесение ОМУ в норме 1,0 ц/га при посадке клубней, что обеспечивает поступление элементов питания непосредственно в зоне корневой системы картофеля. При внесении ОМУ в разных нормах и различными способами получена экологически чистая продукция картофеля, в которой содержание нитратов не превышает предельно допустимую концентрацию за счет сбалансированного содержания элементов питания в изученном удобрении.

Литература

1. Антонова О.И. Эффективность использования гербицидов, удобрений (ОМУ и Акварина) при возделывании яровой пшеницы // Повышение устойчивости производства высококачественной сельскохозяйственной

продукции на основе использования средств защиты растений и агрохимикатов: мат-лы науч.-практ. конф. – Барнаул: Алтайхимпром, 2003. – С. 38–44.

2. Вальков В.Ф., Денисова Т.В., Казеев К.Ш. и др. Почвенно-экологические аспекты растениеводства. – Ростов-н/Д.: Росиздат, 2007. – 391 с.
3. Давоян Э.И. Всё о картофеле // На ниве Кубанской. – Краснодар, 2005. – С. 5–28.
4. Мингалев С.К. Реакция сортов картофеля на разные виды удобрений // Аграрный вестн. Урала. – 2014. – № 7. – С. 74–77.
5. Солоничкин В.Н. Оптимизация минерального питания картофеля // Картофельная система. – 2010. – № 4. – С. 20–22.

Literatura

1. Antonova O.I. Jeffektivnost' ispol'zovanija gerbicidov, udobrenij (OMU i Akvarina) pri vzdelyvanii jarovoj pshenicy // Povyshenie ustojchivosti proizvodstva vysokokachestvennoj sel'skohozjajstvennoj produkcii na osnove ispol'zovanija sredstv zashhity rastenij i agrohimiakatov: mat-ly nauch.-prakt. konf. – Barnaul: Altajhimprom, 2003. – S. 38–44.
2. Val'kov V.F., Denisova T.V., Kazeev K.Sh. i dr. Pochvenno-jekologicheskie aspekty rastenievodstva. – Rostov-n/D.: Rosizdat, 2007. – 391 s.
3. Davojan Je.I. Vsjo o kartofele // Na nive Kubanskoj. – Krasnodar, 2005. – S. 5–28.
4. Mingalev S.K. Reakcija sortov kartofelja na raznye vidy udobrenij // Agrarnyj vestn. Urala. – 2014. – № 7. – S. 74–77.
5. Solonichkin V.N. Optimizacija mineral'nogo pitaniija kartofelja // Kartofel'naja sistema. – 2010. – № 4. – S. 20–22.