

## **ВЛИЯНИЕ НОВОГО ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ НА УСЛОВИЯ ПИТАНИЯ, ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КАРТОФЕЛЯ В КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

**Сорокина Ольга Анатольевна**, доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, ИАЭТ

**Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия**

*e-mail: geos0412@mail.ru*

**Безруких Анна Михайловна**, аспирант кафедры почвоведения и агрохимии, ИАЭТ

**Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия**

*e-mail: bezrukix.anna@bk.ru*

**Аннотация.** Проведен полевой опыт с разными нормами и способами внесения нового органо-минерального удобрения (ОМУ), обогащенного гуматом, под картофель сорта Адретта на черноземе выщелоченном в Красноярской лесостепи. Оценка условий питания картофеля в течение вегетации проводили по результатам тканевой диагностики, влажности почвы и основным агрохимическим свойствам почвы, к которым картофель предъявляет повышенные требования. Выявили, что при внесении ОМУ, обогащенного органическим компонентом оптимизируется влажность почвы, практически не изменяется и стабилизируется обменная кислотность, что положительно характеризует ОМУ. Тканевая и почвенная диагностика, основанная на определении степени обеспеченности минеральными формами питательных веществ, свидетельствуют о положительном действии ОМУ на оптимизацию условий питания. Установлена самая высокая эффективность действия ОМУ в норме 4 га при окучивании. Статистически достоверную прибавку урожайности картофеля продемонстрировал вариант с внесением традиционного комплексного удобрения нитроаммофоски в сочетании с сульфатом калия при окучивании. На всех вариантах опытов получена экологически чистая продукция по содержанию нитратов, не превышающих предельно-допустимую концентрацию.

**Ключевые слова:** картофель, питание, органо-минеральное удобрение, варианты опыта, балл азота, реакция почвы, влажность, обеспеченность элементами, урожайность, нитраты.

## **INFLUENCE OF NEW ORGANO-MINERAL FERTILIZER ON NUTRITIONAL CONDITIONS, PRODUCTIVITY AND QUALITY OF POTATOES IN KRASNOYARSKAYA FOREST STEPPE**

**Sorokina Olga Anatolyevna**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Institute of Agro-ecological Technologies

**Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia**

*e-mail: geos0412@mail.ru*

**Bezrukikh Anna Mikhailovna**, Postgraduate Student, Department of Soil Science and Agrochemistry, Institute of Agro-ecological Technologies

**Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia**

*e-mail: bezrukix.anna@bk.ru*

**Abstract.** A field experiment was carried out with the introduction of different norms and methods of applying a new organic-mineral fertilizer (OMF), enriched with humate, for potatoes of the Adretta variety on leached chernozem in the Krasnoyarsk forest-steppe. The assessment of the nutritional conditions of potatoes during the growing season was carried out according to the results of tissue diagnostics, soil moisture and the main agrochemical properties of the soil, to which the potato makes increased demands. It was found that the introduction of OMF enriched with an organic component optimizes soil moisture, practically does not change and stabilizes the exchange acidity, which positively characterizes the OMF. Soil diagnostics, based on determining the degree of supply of mineral forms of nutrients, indicate the positive effect of OMF on the optimization of nutritional conditions. The highest efficiency of OMF action was established at the rate of 4 hectares during hilling. A statistically significant increase in potato yield was demonstrated by the option with the introduction of the traditional complex fertilizer nitroammofoska in combination with potassium sulfate during hilling. In all variants of the experiments, environmentally friendly products were obtained in terms of the content of nitrates, not exceeding the maximum permissible concentration.

**Key words:** potatoes, nutrition, organomineral fertilization, experimental options, nitrogen score, soil reaction, moisture content, supply of elements, yield, nitrates.

Одной из основных современных проблем отрасли растениеводства в аграрном производстве является оптимизация и регулирование многоэлементного сбалансированного питания сельскохозяйственных культур. Не случайно поэтому среди девяти стратегических национальных приоритетов, перечисленных в Указе Президента России № 683 от 31 декабря 2015 года «О стратегии национальной безопасности Российской Федерации» на третьем месте стоит "повышение качества жизни российских граждан за счет обеспечения качественного и сбалансированного по минеральному и биохимическому составу питания". Обеспечение населения высококачественными продуктами требует наличия плодородных почв с оптимальным сочетанием всех факторов роста и развития сельскохозяйственных культур. Сбалансированное многоэлементное питание растений и качество продукции основано на использовании не менее 15 макро- и микроэлементов. Не соблюдение соотношения питательных веществ по видам поступающих и применяемых удобрений приводит к неправильному использованию питательных веществ по фазам вегетации, нарушению потребности и сбалансированности питания для различных сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля, как одной из интенсивных культур [4, 5].

Задачу оптимизации многоэлементного сбалансированного макро- и микроэлементного минерального питания возможно решить за счёт применения новых видов комплексных удобрений, а также обогащенных однокомпонентных удобрений современного поколения, содержащих в определенном соотношении и доступной форме макро- и микроэлементы [1,3]

Лидером производства и продаж среди удобрений нового поколения являются органоминеральные удобрения (ОМУ). Однако эффективность применения таких удобрений слабо изучена, существует очень мало научных публикаций по данной проблеме, а информация зачастую носит рекламный коммерческий характер. Ограниченное количество работ имеется по эффективности новых видов органо-минеральных удобрений местного производства [6,7]

Поэтому нами была поставлена цель изучить и оценить влияние разных лоз и способов внесения нового вида комплексного органо-минерального удобрения (ОМУ), обогащенного гуматом, в сравнении с традиционными туками на условия питания, продуктивность и качество картофеля сорта Адретта. Этот сорт картофеля до настоящего времени пользуется широкой популярностью у населения нашего края.

ОМУ предназначено для полноценного питания всех сельскохозяйственных культур. Органоминеральная гранула – это микро кладовая питательных элементов для растений. ОМУ имеет сбалансированный состав, пролонгированное действие, содержит в своем составе 40 % органического вещества, а также азот, фосфор, калий, магний и микроэлементы. Гумат - 80 – один из компонентов ОМУ. Это натуральное гуминовое хорошо растворимое удобрение, природный стимулятор роста растений, с большим количеством агроэкологических функций, улучшающих развитие сельскохозяйственных культур в течение вегетации, агротехнологии будущего.

Полевой опыт был заложен в 2020 г. на чернозёме выщелоченном тяжелосуглинистом Красноярской лесостепи. Повторность опыта четырёхкратная. Размещение делянок систематическое. Учетная площадь каждой делянки 10 м<sup>2</sup>.

Схема опыта: контроль; ОМУ, 2 ц/га (при посадке); ОМУ, 4 ц/га (при посадке); ОМУ, 2 ц/га (при окучивании); ОМУ, 4 ц/га (при окучивании); нитроаммофоска, 2 ц/га + сульфат калия (при окучивании).

Образцы почв из слоев 0-20 и 20-40 см для анализов отбирались в период всходов и бутонизации. Провели определение следующих основных показателей эффективного плодородия: нитратного азота (N - NO<sub>3</sub>) дисульфифеноловым методом в модификации Шаркова, поглощенного аммония (N - NH<sub>4</sub>) с реактивом Несслера, подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), и обменного калия (K<sub>2</sub>O) по Чирикову, обменной кислотности (рН<sub>KCl</sub>) ионометрически. На всех вариантах опыта определялось содержание почвенной влаги термовесовым методом. Для оценки обеспеченности растений азотом в фазу бутонизации - цветения и созревания проводилась тканевая диагностика на срезах ботвы картофеля. Учет биологической урожайности культуры проведен поделяночно путем взвешивания клубней. После уборки в клубнях картофеля определялось содержание нитратов (в мг на кг сырой массы) нитрат-тестером СОЭКС (NUC - 019 - 1).

Чернозем выщелоченный Красноярской лесостепи, на котором проводились опыты, характеризуется достаточно высоким почвенным плодородием. Это связано с высокой степенью

гумусированности чернозёмов, активными процессами минерализации органического вещества при благоприятных погодных условиях и соблюдении агротехнологий использования.

Растительная диагностика, разновидностью которой является тканевая диагностика, основанная на анализе вегетирующих органов растений, служит для более глубокого понимания действия удобрений, контроля обеспеченности элементами питания и их недостатка в конкретных условиях выращивания в течение вегетации. Фаза бутонизации - цветения картофеля является наиболее критической и требовательной к условиям питания. Анализ срезов ботвы картофеля в эту фазу вегетации показал низкую обеспеченность азотом растений картофеля на контрольном варианте. Средний балл обеспеченности азотом составил здесь 2,1 из 6 баллов по шкале обеспеченности. Как правило, при внесении всех видов комплексных удобрений балл обеспеченности растений азотом повышался и составлял от 2,9 при внесении 2 ц/га ОМУ до 3,25 на варианте с нормой внесения 4 ц/га. По данным анализов максимальное содержание азота в растениях картофеля отмечено в листьях в фазу цветения, пик содержания азота в стеблях также приходится на этот период. В стареющей ботве содержание азота в клеточном соке существенно снижается, что объясняется оттоком его в молодые клубни и включением в биосинтез запасных питательных веществ.

Одним из основных агроэкологических условий и свойств для возделываемых культур является реакция почвы [2]. Она оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. Картофель - культура требовательная к почвенным условиям, особенно к реакции почвы. Наиболее оптимальными условиями для картофеля является интервал реакции почвы от нейтральной до слабокислой. Реакция почвы опыта по величине обменной кислотности ( $pH_{KCl}$ ) характеризуется как близкая к нейтральной и является оптимальной для культуры картофеля (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимические свойства почвы после экспозиции опыта (n=4)

Вариант	Слой, см	$pH_{KCl}$	Мг/ кг почвы			
			N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	0-20	6,5	3,1	30,5	69,9	688,7
	20-40	6,8	7,8	29,3	78,8	803,4
ОМУ, 2 ц/га при посадке	0-20	6,4	3,4	35,1	77,9	849,2
	20-40	6,8	9,1	20,5	91,6	720,9
ОМУ, 4 ц/га при посадке	0-20	6,4	3,2	26,1	82,1	682,8
	20-40	6,6	6,9	22,4	78,5	450,4
ОМУ, 2 ц/га при окучивании	0-20	6,6	3,2	28,7	94,0	757,7
	20-40	6,8	7,5	17,2	68,1	531,4
ОМУ, 4 ц/га при окучивании	0-20	6,5	3,0	20,8	85,1	618,2
	20-40	6,8	7,6	16,7	110,5	729,3
Нитроаммофоска, 2 ц/га + сульфат калия при окучивании	0-20	6,6	3,2	20,9	67,8	917,1
	20-40	6,8	9,1	22,1	67,7	610,0

Как правило в пахотном слое (0-20см), где располагается основная масса корней, величина  $pH$  ниже, чем в подпахотном (20-40 см). Это связано с присутствием карбонатов в нижней части профиля чернозема выщелоченного, которые могут подтягиваться в верхние генетические горизонты почвы и временно смещать реакцию в сторону небольшого подщелачивания. При внесении ОМУ реакция почвы практически не изменяется и остается оптимальной для картофеля., что также может свидетельствовать об экологической безопасности нового вида удобрения.

Как следует из таблицы 1 после экспозиции опыта, даже на контрольном варианте, обеспеченность минеральными формами азота высокая по суммарному содержанию аммонийного и нитратного азота. В то же время на вариантах с внесением ОМУ в разных дозах и в различные сроки, она, как правило, выше, чем на не удобренном варианте. Установлено повышение содержания нитратного азота и снижение количества аммонийного азота с глубиной, в слое 20 - 40 см. Различия по содержанию минеральных форм азота в почве между вариантами опыта не значительные. Преобладает аммонийный азот над нитратной формой, что является весьма положительным моментом при возделывании картофеля, для которого аммонийная форма является экологически безопасной, предотвращающей кумуляцию нитратов.

В целом для почвы всех вариантов опыта характерна слабая нитрификационная способность и более активная аммонифицирующая способность. Это объясняется достаточно высокой плотностью сложения чернозема выщелоченного, характеризующегося тяжелым гранулометрическим составом, а также высокой влажностью почвы за счет осадков, выпавших в данный период. Кроме того, это может быть связано с интенсивным использованием аммонийного азота из верхних слоев почвы формирующимися генеративными органами - клубнями.

Обеспеченность подвижными фосфатами высокая, а обменным калием очень высокая. При внесении удобрений содержание этих элементов питания в почве большинства вариантов опыта увеличилось, несмотря на интенсивный вынос с продукцией картофеля. Наиболее высокое содержание подвижного фосфора отмечается на варианте с внесением ОМУ 4 ц/га при окучивании.

Картофель является культурой очень требовательной к влажности почвы, особенно в период клубнеобразования. Содержание влаги в почве опыта характеризуется, как оптимальное для картофеля в течение вегетационного периода (табл. 2), что связано с высокой влагоемкостью и водоудерживающей способностью черноземов выщелоченных Красноярской лесостепи за счет их монтмориллонитового минералогического состава и тяжелого гранулометрического состава. Кроме того, погодные условия вегетационного периода 2020 г способствовали накоплению и удержанию влаги в почве, что приводило к увеличению влажности почвы в фазу цветения.

Таблица 2 – Содержание общей влаги (%) в почве (n=4)

Вариант	Глубина, см	Фаза вегетации	
		полные всходы	бутонизации - цветения
Контроль	0-20	38,5	33,0
	20-40	34,8	31,7
ОМУ, 2 ц/га при посадке	0-20	35,2	33,9
	20-40	23,2	37,4
ОМУ, 4 ц/га при посадке	0-20	33,0	33,7
	20-40	30,4	33,9
ОМУ, 2 ц/га при окучивании	0-20	32,7	33,2
	20-40	32,2	26,1
ОМУ, 4 ц/га при окучивании	0-20	34,4	41,8
	20-40	34,6	40,8

Установлено, что содержание влаги в слое почвы 0 - 20 см практически на всех вариантах опыта выше, чем в слое 20 – 40 см. Это связано также с более высокой степенью гумусированности и, следовательно, максимальной влагоемкостью верхней части пахотного слоя. Зафиксировано увеличение влажности почвы на удобренных вариантах опыта в фазу бутонизации - цветения картофеля, что по-видимому, объясняется органической составляющей изучаемого удобрения, улучшающей водно-физические свойства почвы, способствующей удержанию почвенной влаги.

Таблица 3 – Урожайность картофеля (ц/га) и содержание нитратов (NO<sub>3</sub>, мг/кг сырой массы) в клубнях при внесении ОМУ (n=4)

Вариант	Средняя	Прибавка к контролю	NO <sub>3</sub> , при ПДК 250
Контроль	297,8	-	114
ОМУ, 2 ц/га при посадке	301,7	3,9	115
ОМУ, 4 ц/га при посадке	369,7	71,9	110
ОМУ, 2 ц/га при окучивании	324,5	26,7	113
ОМУ, 4 ц/га при окучивании	324,8	27,0	123
Нитроаммофоска, 2 ц/га + сульфат калия при окучивании	355,5	57,7	119
НСР <sub>0,5</sub>		24,9	

Влияние нового комплексного органо-минерального удобрения на величину урожайности картофеля зависело от различных доз и способов внесения. Это обусловлено различным количеством и неодинаковой доступностью форм питательных элементов, содержащихся в них, на протяжении вегетации картофеля (табл. 3).

На всех вариантах опыта получены достаточно высокие уровни урожайности картофеля для зоны возделывания. На удобренных вариантах урожайность картофеля выше. В большинстве случаев получены статистически достоверные прибавки урожайности культуры при внесении ОМУ. Исключение составляет вариант с внесением ОМУ 2 ц/га при посадке. Это может быть связано с недостаточным количеством питательных веществ в невысокой норме ОМУ, а также более интенсивным использованием запасных питательных веществ материнского клубня.

Максимальная статистически достоверная прибавка урожайности клубней картофеля получена при применении ОМУ 4 ц/га во время посадки. Эта норма внесения обеспечила сбалансированное оптимальное питание картофеля в течение всего вегетационного периода за счет комплекса питательных веществ и гуминовых веществ, входящих в органоминеральное удобрение (ОМУ). На этом варианте опыта была самая высокая концентрация азота в клеточном соке ботвы картофеля по тканевой диагностике в наиболее ответственную фазу вегетации бутонизации - цветения. Установлено весьма положительное действие на урожайность и качество картофеля традиционного тройного комплексного удобрения нитроаммофоски, которая является одним из наиболее эффективных комплексных удобрений. при внесении под картофель, кормовые корнеплоды и овощи.

Важнейшим показателем качества продукции картофеля является содержание нитратов в клубнях. Оценка продукции картофеля по этому показателю свидетельствует о его соответствии норм предельно-допустимой концентрации (ПДК). Следовательно, применение нового органоминерального удобрения не повлияли отрицательно на качество клубней картофеля за счет его внесения в оптимальные сроки, в обоснованных и сбалансированных по основным элементам питания нормах.

Таким образом выявлено повышение содержания нитратного азота в клеточном соке ботвы растений картофеля при внесении всех видов удобрений, что является положительным фактором оптимального питания в начальный период роста, обеспечивающим формирование высоких уровней урожая. Установлена оптимальная влажность почвы, также способствующая росту и развитию картофеля. Внесение удобрений повлекло за собой повышение урожайности картофеля практически на всех вариантах опыта. Наиболее эффективным по величине прибавки урожайности картофеля был вариант с внесением 4 ц/га ОМУ при посадке и при совместном внесении 2 ц/га нитроаммофоски и сульфата калия во время окучивания. Они обеспечивают оптимальное физиологически сбалансированное питание растений и показывают свою агрономическую эффективность и экологическую безопасность. Содержание нитратов в клубнях картофеля на всех вариантах опыта не превышало допустимые нормы.

### Список литературы

1. Антонова, О.И. Эффективность использования гербицидов, удобрений (ОМУ и Акварина) при возделывании яровой пшеницы. / О.И. Антонова // Материалы научно-практической конференции «Повышение устойчивости производства высококачественной сельскохозяйственной продукции на основе использования средств защиты растений и агрохимикатов». - Алтайхимпром, 2003. – С. 38-44.
2. Вальков, В.Ф. Почвенно-экологические аспекты растениеводства / В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Р.В. Кузнецов. – Ростов-на-Дону: Росиздат, 2007. – 391 с.
3. Ладухин А.Г. Специальные удобрения для оптимизации питания картофеля / А.Г. Ладухин // Главный агроном. - №2. – 2009. – С. 39-44.
4. Мингалев, С. К. Реакция сортов картофеля на разные виды удобрений / С.К. Мингалев // Аграрный вестник Урала. 2014. № 7. - С. 74–77.
5. Солоничкин, В.Н. Оптимизация минерального питания картофеля. / В.Н. Солоничкин // Картофельная система, 2010, №4. - С. 20-22.
6. Сорокина, О.А. Влияние нового органоминерального удобрения на условия питания и урожайность картофеля / О.А. Сорокина, М.В. Зимогляд /// Вестник КрасГАУ, 2019, № 7, Красноярск. - С. 43-50.
7. Сорокина, О.А. Оценка условий питания, урожайности и качества картофеля при внесении нового органоминерального удобрения / О.А. Сорокина, М.В. Зимогляд // Вестник КрасГАУ, 2020, № 6, Красноярск. - С. 77-86.