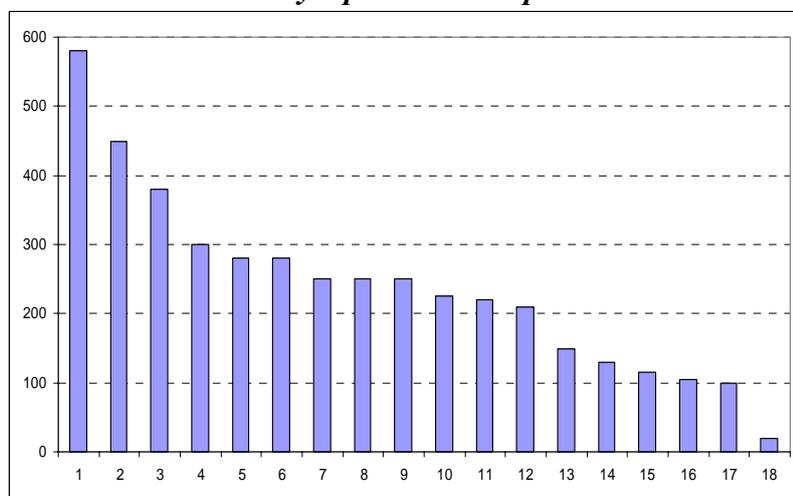


## НОВЫЕ ВИДЫ УДОБРЕНИЙ

*Внесение удобрений в почву во всех развитых странах стало частью государственной политики и основой государственной продовольственной безопасности.*



*По данным Национального агрохимического союза, из 80 млн. га пашни в России лишь на 20 млн. га применяют удобрения, причем в количестве, недостаточном для поддержания плодородия. Несмотря на это, ученые России продолжают изучать действие новых видов удобрений, что подтверждают статьи авторов этой рубрики журнала.*

**Потребление минеральных удобрений в странах мира в 2000 г. по данным World Resource Institute (рассчитано как отношение общего потребления д.в. НРК в стране к площади посева с учетом площадей, занятых многолетними насаждениями по данным FAO):**

- 1 – Ирландия, 2 – Нидерланды, 3 – Египет, 4 – Япония, 5 – Великобритания, 6 – Вьетнам, 7 – Израиль, 8 – Китай, 9 – Новая Зеландия, 10 – Германия, 11 – Норвегия, 12 – Франция, 13 – Узбекистан, 14 – Белоруссия, 15 – Бразилия, 16 – США, 17 – Индия, 18 – Россия.

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАВЛЕННЫХ ФОСФОРНО-МАГНИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ

**Н.П. Будыкина, Е.Е. Каменева, Г.А. Лебедева, Г.П. Озерова**  
Карельский научный центр РАН

Сельское хозяйство Карелии сегодня испытывает дефицит в минеральных удобрениях. Вместе с тем существуют реальные предпосылки того, что республика, обладая собственными запасами апатитового сырья, при условии организации промышленного производства могла бы полностью удовлетворить нужды сельского хозяйства комплексными фосфорсодержащими удобрениями.

Перспективным направлением использования апатитовых руд является производство плавленных фосфорно-магниевых удобрений (ПФМУ). Содержащийся в них кальций способствует подщелачиванию кислых почв, а кремний повышает устойчивость зерновых к полеганию и сокращает вегетационный период многих овощных культур (Процюк, Громов, Лебедева и др., 1990).

В Институте геологии Карельского научного центра РАН выполнен анализ исследований по технологии производства плавленных фосфорно-магниевых удобрений и разработаны составы и технологические режимы их получения (Каменева, Лебедева, Озерова и др., 2004). Реальным сырьем для получения ПФМУ служит апатитовый концентрат, выделенный из апатитовых карбонати-

тов Тикшеозерского месторождения (фосфорсодержащий компонент шихты) и талько-хлоритовые сланцы Сегозерской группы месторождений (магний силикатный компонент).

Для испытаний была наработана опытная партия ПФМУ, представляющая собой гомогенный стеклогранулят тонкого помола (размер частиц менее 0,1 мм) со следующим составом:  $P_2O_5$  – 19,4%,  $MgO$  – 13%,  $K_2O$  – 0,11%,  $CaO$  – 22%,  $P_2O_5$  (лимонно-растворимый) – 90% и модуль кислотности =  $SiO_2/CaO + MgO$  – 0,52.

Целью исследований стало изучение эффективности действия нового фосфорсодержащего удобрения – плавленных кальциево-магниевых фосфатов на урожайность картофеля и белокочанной капусты.

Работа выполнена на Агробиологической станции Института биологии Карельского Научного Центра РАН на растениях районированного в Карелии среднеспелого сорта картофеля Петербургский и капусты белокочанной ранней F<sub>1</sub> Экспресс. Испытания фосфорно-магниевого удобрения проводили методом полевых мелко деляночных опытов на типичной для Карелии дерново-подзолистой

**1. Влияние дозы и формы фосфорных удобрений на урожайность картофеля**

Вариант	Масса клубней с одного растения*, г	Урожайность, кг/10 м <sup>2</sup>		Общий/товарный урожай по отношению к варианту с суперфосфату, %	Товарность, %	Содержание крахмала, %
		товарная	общая			
Без удобрений (контроль)	282±20	5,0±0,3	11,0±0,8		45	не определяли
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	585±41	19,7±1,8	29,6±2,4	100/100	66	12,4
N <sub>60</sub> P <sub>пфмв30</sub> K <sub>90</sub>	620±39	22,4±1,7	32,5±2,1	109/114**	69	13,0
N <sub>60</sub> P <sub>с60</sub> K <sub>90</sub>	700±56	24,2±1,9	31,9±1,9	100/100	76	12,9
N <sub>60</sub> P <sub>пфмв60</sub> K <sub>90</sub>	766±61	28,6±1,7	35,4±2,5	111/118**	81	14,0

\* – Учет с отдельных растений перед сплошной уборкой;  
 \*\* – Различия с контролем достоверны при P ≤ 0,05.

**2. Характеристика пахотного слоя почвы (0-25 см) опытного участка после уборки картофеля**

Варианты	pH <sub>KCl</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		по Кирсанову, мг/100 г почвы	
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	5,15	22,2	22,1
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	5,25	22,0	21,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5,20	21,7	22,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	5,25	22,3	20,9

среднесуглинистой почве со слабокислой реакцией среды – pH 5,2 и содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 22,1 и K<sub>2</sub>O 19,6 мг/100 г почвы.

Действие ПФМУ изучали на фоне внесения расчетных доз азотных (аммиачная селитра) и калийных (сульфат калия) удобрений. В качестве эталонного фосфорного удобрения использовали двойной суперфосфат. Количество минеральных удобрений, вносимых на делянку, рассчитывали, исходя из содержания в них питательных элементов и средних рекомендуемых доз с учетом специфики культуры и агрохимического анализа почвы (Радов и др., 1971; Жуков, 1989). Для суглинистых почв при выращивании картофеля рекомендуется следующее соотношение основных элементов питания – N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O = 1 : 0,5-1 : 1,5 (Клечковский, Петербургский, 1964; Жуков, 1984; Державин, 1992).

Фосфорные и калийные удобрения вносили в основную заправку, азотные – при посадке. Обработку почвы, посадку и уход за растениями проводили в соответствии с агротехникой выращивания картофеля и капусты в условиях Северо-запада РФ. Площадь учетной делянки под каждой культурой 10 м<sup>2</sup> при четырехкратной повторности. Учет урожая сплошной поделяночный. Капусту выращивали до товарного кочана, убирали по мере созревания в два срока 24 и 31 июля, картофель убрали в последней декаде августа. Достоверность различий между отдельными вариантами оценивали по критерию Стьюдента (Доспехов, 1985).

Схема опыта по изучению действия ПФМУ на растения картофеля включала пять вариантов: без удобрений – естественный фон (контроль); N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>90</sub> (фосфор в форме ПФМУ); N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>90</sub> (фосфор в форме двойного суперфосфата); N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (фосфор в форме двойного суперфосфата); N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (фосфор в форме ПФМУ).

Посадка картофеля проведена в третьей декаде мая откалиброванными по массе (70-80 г) и пророщенными на свету клубнями с длиной ростков 2-3 см. Густота посадки – 40 тыс. растений на га, глубина заделки 10 см.

Схема опыта по изучению влияния новых удобрений на растения капусты включала два варианта: N<sub>90</sub>P<sub>30</sub>K<sub>120</sub> (фос-

фор в форме двойного суперфосфата) и N<sub>90</sub>P<sub>30</sub>K<sub>120</sub> (фосфор в форме ПФМУ). Дозы аммиачной селитры, сульфата калия, двойного суперфосфата и ПФМУ рассчитывали на делянку и вносили вразброс под глубокую культивацию.

Капуста относится к культурам, наиболее отзывчивым на внесение известковых материалов даже на слабокислых почвах (Клечковский, Петербургский, 1964; Жуков, 1989). Поэтому весной на участок внесен мел (1,5 кг/10 м<sup>2</sup>), который действует быстро и обладает высокой эффективностью – показатель почвенной кислотности доведен до оптимального для капусты уровня (pH 6,6). Предварительно выращенную кассетным способом рассаду с 3-4 листьями высаживали в лунки по схеме, принятой для ранней капусты.

В 2003 г. условия для роста и развития картофеля и белокочанной капусты сложились неблагоприятно ввиду низких температур и недостаточного количества осадков в весенний период и избыточного увлажнения почвы во вторую половину вегетации растений.

Фенологические наблюдения в период вегетации растений картофеля не выявили влияния формы и дозы фосфорных удобрений на наступление фенофаз, вместе с тем развитие растений в варианте без удобрений, начиная со всходов, запаздывало на 10-11 дней.

Длина стебля у картофеля не относится к признакам, непосредственно влияющим на продуктивность растений. Однако она служит важным интегральным показателем их функционального состояния. Исследования показали, что полное минеральное удобрение положительно влияет на высоту растений: превышение по сравнению с вариантом без удобрений составило 240-520 %. Новая форма фосфорного удобрения оказывала на этот показатель равноценное с двойным суперфосфатом действие.

Результаты экспериментов (Безуглая, 1966; Мордашов, Рогатин, 1974; Соколова, 1974; Андрушко, Молякко, 1981; Дроздов и др., 1999) свидетельствуют, что урожай основных полевых культур, в том числе картофеля и капусты, в значительной степени варьирует в зависимости от агротехнических условий и почвенных особенностей доз, видов и сроков внесения органических и минеральных удобрений. Причем, влияние последних в значительной степени превалирует над остальными факторами и на долю удобрений приходится 50 % всей совокупной прибавки урожая. Поэтому уровень насыщенности удобрениями 1 га посевной площади справедливо считается одним из основных показателей интенсивного развития земледелия (Державин, 1992). При этом картофель и овощные культуры в большей степени реагируют на изменения фона минерального питания.

Картофель максимально использует элементы питания в фазы бутонизация – цветение (Уатхед и др. 1955).

**3. Урожайность белокочанной капусты F<sub>1</sub> Экспресс при внесении фосфорных удобрений**

Вариант	Урожайность, кг/10 м <sup>2</sup>	Прибавка урожая, %	Средняя масса товарного кочана, г	Количество растений, не сформировавших кочанов, %
Уборка 24 июля				
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub>	16,5±0,6	100	790±45	
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub>	19,5±0,9*	118	930±50*	
Уборка 31 июля				
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub>	17,8±1,0	100	852±47	8
N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub>	20,9±1,5*	117	975±64*	4
* Различия с контролем достоверны при P ≤ 0,05				

В Карелии этот период приходится на конец июля. Правильно рассчитанная и своевременно внесенная полная доза удобрений обеспечивает необходимый уровень питания растений во все критические периоды их развития. В опыте с картофелем установлено исключительно высокое, по сравнению с контролем, действие минеральных удобрений: в зависимости от дозы NPK прибавка урожая составила от 100 до 220 % (табл. 1).

В условиях европейского Севера, куда относится Карелия, даже на богатых валовым фосфором подзолистых старопашотных почвах невозможно получать высокие урожаи картофеля без применения фосфорных удобрений (Коровин, 1961). Исследования показали, что урожай картофеля на фоне высокого содержания азота и калия в значительной мере зависит от формы (вида) используемого фосфорного удобрения. По сравнению с эталонной формой (двойным суперфосфатом) плавленные кальциево-магниево-фосфаты были более эффективны. Особенно четко это сказалось на урожайности при сплошной уборке.

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве эффективность ПФМУ по отношению к двойному суперфосфату, действие которого принято за 100%, составила соответственно по общему и товарному урожаю клубней 109 и 114 % при дозе P<sub>30</sub> и 111 и 118 % при дозе P<sub>60</sub>. Выявлена положительная тенденция увеличения товарных клубней в общем урожае. Вместе с тем самый высокий урожай клубней формировался при дозе фосфора P<sub>60</sub>, т.е. дополнительная доза P<sub>30</sub> повышала прибавку урожая.

Под влиянием ПФМУ в клубнях картофеля увеличилось содержание крахмала на 0,6 и 1,1 %.

Из работ А.И. Коровина (1961) и С.Н. Дроздова с сотрудниками (1999) следует, что в условиях пониженных положительных температур верхних почвенных слоев наиболее благоприятный фосфатный режим для растений создается при высоких количествах фосфора в форме фосфатов кальция. Наличием этой формы фосфатов в ПФМУ, а также присутствием магния, положительно влияющем на клубнеобразование и крахмалистость клубней, можно объяснить положительный эффект нового удобрения.

Анализ почвенных образцов, отобранных после уборки картофеля, указывает на то, что все показатели, включая и фосфатный уровень, по всем вариантам были примерно одинаковыми и не зависели от формы вносимых удобрений (табл. 2). Следовательно, для растений фосфор в ПФМУ также хорошо доступен, как и в двойном суперфосфате.

В исследованиях с применением радиоизотопа фосфора показана большая скорость передвижения фосфора из почвы в растение и внутри растения (Кахадзе, и др., 1986). Растущие клетки снабжаются фосфором значи-

тельно больше, чем клетки, деление которых прекратилось. В фазе созревания репродуктивных органов к ним идет очень энергичное передвижение фосфатов из вегетативных частей растения. Основная часть фосфора сосредоточивается в хозяйственной части урожая, вместе с которым происходит значительное отчуждение элемента из почвы. Поэтому только при нормальном питании сельскохозяйственных растений фосфатной пищей ускоряется их развитие и созревание, повышается сопротивляемость к болезням, улучшается качество продукции.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что ПФМУ – эффективное фосфорное удобрение при выращивании картофеля на дерново-подзолистой почве со слабокислой реакцией среды. При этом существенной разницы в накоплении подвижных фосфатов после внесения P<sub>30</sub> и P<sub>60</sub> в виде двойного суперфосфата и ПФМУ не обнаружено.

В опыте с белокочанной капустой ранней F<sub>1</sub> Экспресс фенологические наблюдения показали, что вегетационный период у растений в варианте с ПФМУ и двойным суперфосфатом был одинаков и составил 64 дня. В то же время при практически одинаковом количестве внесенных питательных элементов применение ПФМУ в качестве фосфорсодержащего удобрения обеспечило рост товарного урожая белокочанной капусты F<sub>1</sub> Экспресс при первом сроке уборки на 18%, при втором – на 17% за счет возрастания массы товарного кочана (табл. 3).

*Таким образом, плавленные фосфорно-магниево-фосфатные удобрения будут хорошим источником фосфорного питания для растений картофеля и белокочанной капусты на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве как при слабо кислой, так и при близкой к нейтральной реакции среды.*

*В неблагоприятный по метеорологическим условиям сезон (низкие температуры и засуха в первую половину вегетации растений и сильное переувлажнение во вторую) внесение ПФМУ обеспечило по сравнению с двойным суперфосфатом прибавку урожая на картофеле по общему и товарному урожаю соответственно 9 и 14% при дозе P<sub>30</sub> и 11 и 18% при дозе P<sub>60</sub>, на белокочанной капусте: 17-18%. Фосфорное питание в виде ПФМУ способствовало улучшению качества продукции: крахмалистость клубней картофеля повысилась на 0,6-1,1%, масса товарного кочана капусты возросла на 16-18%.*

*Отметим, что сырьевые ресурсы для производства фосфорных удобрений в виде ПФМУ могут быть расширены за счет апатитовых карбонатитов Тикшеозерского месторождения и талько-хлоритовых сланцев Сегозерской группы месторождений на территории Карелии.*