

# Рекомендации

## Применение микроэлементов в хелатной форме при выращивании картофеля, зерновых и овощных культур

### Введение

Исследованиями, проведенными как в нашей стране, так и за рубежом, установлено, что при корневом питании растения поглощают из почвенного раствора большое количество элементов (более 70). На практике чаще всего растения обеспечиваются тремя основными макроэлементами (N, P и K), опускается важность своевременного внесения микроудобрений из-за их отсутствия, дороговизны, неотработанности доз и соотношений. В настоящее время, когда резко снизились площади бобовых и сидеральных культур, внесение органических и минеральных удобрений, фосфоритование и известкование, особенно заметно происходит падение плодородия почв, их гумусированности, а следовательно, обеспеченности растений доступными формами макро- и микроэлементов. Недостаток микроэлементов приводит не только к снижению урожая, вызывает ряд болезней у растений, а иногда и их гибель, но и снижает качество пищи человека и животных. Медициной установлено, что заболевания людей связаны с недостаточным содержанием в продуктах железа, меди, цинка, кобальта, молибдена, йода и других элементов. Микроэлементы являются активными центрами ферментов, улучшающими обмен веществ в растительных и животных организмах. Поэтому проблема снабжения растений микроэлементами имеет общебиологическое значение.

В процессе формирования урожая картофель поглощает из почвы в несколько раз больше питательных веществ, чем другие полевые культуры. В практике картофелеводства нередко случаи низкой окупаемости вносимых удобрений, что обуславливается рядом причин, одной из которых является недостаток микроэлементов в питании растений. Наибольшая эффективность микроэлементов отмечается при достаточной обеспеченности растений основными элементами минерального питания - азотом, фосфором и калием.

С подъемом урожайности и повышением выноса питательных веществ растениями из почвы, возрастает роль микроэлементов в составе удобрений.

Оптимизация пищевого режима растений микроэлементами осложняется, с одной стороны, дефицитом подвижных форм микроэлементов в некоторых почвах Российской

Федерации, с другой - снижением биологической активности микроэлементов в результате длительного использования известковых материалов и повышенных доз концентрированных безбалластных удобрений. Все больше накапливается данных, указывающих на антагонизм между отдельными макро- и микроэлементами: внесение высоких норм фосфорных удобрений снижает доступность растениям цинка; калийных и кальциевых – бора; азотных - меди и молибдена. Фонд доступных для растений соединений микроэлементов при этом сокращается, и они становятся дефицитными даже на почвах, отнесенных к хорошо обеспеченным.

Если польза внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений, так скажем, очевидна, то по применению микроэлементов Россия существенно отстает от Западных стран. За последние 30 -40 лет практически во всех развитых странах отмечается устойчивая тенденция увеличения производства и расширения ассортимента микроудобрений. В нашей стране наблюдается обратный процесс: выпуск микроудобрений отечественной туковой промышленностью осуществляется в незначительных количествах, без целевого назначения. В основном выпускаются минеральные удобрения с добавкой одного, реже нескольких микроэлементов: нитроаммофоски с добавлением в отдельности марганца, бора и молибдена, карбоаммофоски с добавлением марганца и бора, борный и цинковый аммофос, азотно-калиево-медное удобрение и некоторые другие. При дефиците в почве нескольких микроэлементов и наличии в минеральных удобрениях только одного из них сбалансировать дозы макро- и микроудобрений является очень трудной задачей. Поэтому для Российской Федерации является актуальным выпуск широкого ассортимента специализированных удобрений со сбалансированным содержанием микроэлементов и технологически совместимого их применения под определенные культуры.

### **1. Роль микроэлементов в повышении продуктивности картофеля.**

Роль микроэлементов в растениях в основном заключается в том, что они входят в состав многих ферментов, играющих роль катализаторов биохимических процессов и повышают их активность. Микроэлементы стимулируют рост растений и ускоряют их развитие; оказывают положительное действие на устойчивость растений против неблагоприятных условий среды; играют важную роль в борьбе с некоторыми заболеваниями растений. В первую очередь растениям необходимы такие микроэлементы, как медь, бор, марганец, цинк, молибден. По содержанию в растениях микроэлементы можно расположить в следующем убывающем ряду: марганец>цинк>медь>бор>молибден>кобальт.

Определяющие факторы содержания валовых запасов, а также подвижных форм микроэлементов - гранулометрический и минералогический состав почвы. Количество почти всех микроэлементов снижается по мере перехода от тяжелых почв к супесчаным и

песчаным. Обеспеченность почв магнием, серой и микроэлементами в подвижном и хорошо доступном состоянии в значительной мере зависит от степени их окультуренности и, в первую очередь, от содержания гумуса и кислотности (Кулаковская Т.Н., 1990). В гумусе сосредоточено до 20-25% общего содержания Zn, Cu, Co, Mo. Значительно скромнее возможности гумуса по накоплению Mn и B (около 5% от валового содержания).

Для достижения высоких урожаев картофеля с полноценным качеством продукции в питательном растворе должны присутствовать в оптимальных количествах как макро-, так и микроэлементы (табл. 1).

В опыте, проведенном в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы (1996-1999 гг.), было установлено, что мезо- (Ca, Mg) и микроэлементы (Zn, Mn, B, Cu) в составе полного удобрения (NPK) повышали темпы прироста клубней и, в конечном итоге, увеличивали урожайность картофеля по сравнению с фоновыми вариантами (NPK – без микроэлементов) на 5-41 ц/га или 2,0-31,6%.

**Таблица 1.** Оптимальные параметры содержания подвижных форм микроэлементов в почвах, мг/кг (млн<sup>-1</sup>). (Дубиковский, Антанайтис, Багинскас и др., 1984).

Почвы	B (водная вытяжка)	Mo (оксалатная вытяжка)	Cu (1 н HCl)	Mn (0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Zn (1 н KCl)
<b>Дерново-карбонатные: суглинистые</b>	0,45-0,65	0,15-0,25	2,5-3,5	50-70	2-3
<b>песчаные</b>	0,20-0,30	0,08-0,15	1,0-1,5	20-40	1-2
<b>Дерново-подзолистые: суглинистые</b>	0,25-0,40	0,15-0,20	3-4	50-80	1,5-2,5
<b>песчаные</b>	0,15-0,20	0,07-0,10	0,8-1,4	30-40	1,0-1,5
<b>Торфо-болотные низинного типа</b>	1-2	0,2-0,6	5-7	50-100	2-6

Пораженность клубней болезнями (фитофтороз, парша, ризоктониоз) в результате действия удобрений, модифицированных микроэлементами, имела тенденцию к снижению. Сохранность картофеля находилась в прямой зависимости от уровня питания и состава применяемых удобрений. С повышением доз полного удобрения лежкоспособность клубней снижалась, а модификация удобрений мезо- и микроэлементами способствовала уменьшению потерь при хранении.

В составе картофеля обнаружено 29 элементов таблицы Менделеева. Среднее содержание наиболее важных макро- и микроэлементов в клубнях картофеля представлено в таблице 2. При ежедневном потреблении 200 г картофеля потребность человека

удовлетворяется на 30% дневной нормы в калии, 15–20% – в магнии, 17 – в фосфоре, 15 – в меди, 14 – в железе, 13 – в марганце, 6– в йоде и 3% – во фторе.

**Таблица 2.** Содержание минеральных веществ, мг на 100 г сырой массы клубней(Putz, 1990).

<b>Минеральные элементы</b>	<b>Содержание, мг/100 г клубней</b>
Калий	445,0
Кальций	10,0
Фосфор	50,0
Магний	25,0
Натрий	10,0
Железо	0,8
Марганец	0,15
Медь	0,15
Цинк	0,27
Фтор	0,01
Йод	0,004
Селен	0,004...0,02

**Бор** по сравнению с другими микроэлементами поглощается растениями в значительных количествах. Потребность в нем составляет 12-51 мг на 1 кг сухого вещества. Бор положительно влияет на процесс деления клеток, углеводный, белковый и нуклеиновый обмен, способствует повышению содержания крахмала в клубнях, сахара в корнеплодах и белка в зерне. Опадание цветков и завязей, низкий урожай семян и плодов при нормальном развитии вегетативной массы - частые признаки борной недостаточности.

**Бор** не передвигается из старых органов в молодые, растущие. При остром недостатке этого элемента происходит отмирание точек роста корней и надземных органов, хлороз верхушечной точки роста, за которым следует ее отмирание. Растение сильно кустится, но вновь образовавшиеся побеги вскоре также останавливаются в росте. При отсутствии или значительном дефиците бора нарушается нормальный отток углеводов, в связи с чем, в листьях картофеля накапливаются крахмал и сахара. Бор необходим рас-

тению в течение всего периода вегетации. Содержание бора в отдельных культурах неодинаково: так, в зерновых его содержится 4,7-8,1 мг на 1 кг сухого вещества, в картофеле - 10-13 мг/кг, в сахарной свекле - 22-23 мг/кг. С урожаями различных культур его выносятся от 30 до 270 г/га. Для нормального питания растений в 100 г почвы должно находиться 0,02-0,05 мг подвижного бора (табл. 1). Усвояемые формы бора в почве представлены главным образом борной кислотой ( $H_3BO_3$ ) и растворимыми ее солями. Борная кислота, как образующаяся в самой почве, так и вносимая в почву с удобрениями, является довольно подвижным соединением, слабо фиксируется почвой и может вымываться осадками. Поэтому почвы районов избыточного увлажнения бедны подвижными формами бора. Наименьшее количество бора содержится в дерново-подзолистых почвах. Почвы южных областей Российской Федерации богаты бором, но и среди них могут быть выявлены отдельные районы, где применение борных удобрений окажется эффективным. Содержание бора зависит от механического состава почвы и количества гумуса в ней: гумус богаче этим элементом, чем минеральная часть почвы, а в глинистых почвах бора больше, чем в песчаных.

Доступность солей борной кислоты в почвах зависит от кислотности. При повышении кислотности гидраты полуторных окислов (Fe и Al) связывают бор за счет своих  $OH^-$  ионов и уменьшают его доступность. При известковании также происходит уменьшение доступности бора за счет  $OH^-$  ионов, а не за счет  $Ca^{2+}$ . При внесении борных удобрений на известкованных почвах ослабляется отрицательное влияние высоких доз извести на картофеле. В стационарном микрополевым опыте ВНИИКХ (1981-1985 гг.) на известкованной (полной дозой доломитовой муки) дерново-подзолистой супесчаной почве внесение бора (2,5 кг/га) на фоне  $N_{135}(P_{135}K_{180})_{\text{локально}}$  не увеличивало урожайность картофеля, но снижало поражаемость паршой обыкновенной на 41%, а ризоктониозом - на 13% (Федотова Л.С., 1999). В другом опыте, бор оказывал заметное положительное действие при внесении его в почву в дозе 2 кг/га д.в. Прибавка урожая картофеля достигала 43 ц/га или 13,6%, содержание крахмала возрастало на 0,4-0,6% (Беззубцева Т.И, Кирюхин В.П., 1980). Под влиянием борных и молибденовых удобрений на фоне 20 т/га навоза +  $N_{45}P_{60}K_{90}$  - увеличивалась урожайность картофеля на 18-28%, повышалась крахмалистость на 1% и содержание витамина С на 4-5 мг% (Сапожников Н.А., Корнилов М.Ф., 1969).

**Марганец** играет большую роль в накоплении крахмала и витамина С в клубнях картофеля. Существует мнение, что обеспеченность марганцем определяет рост и морфогенез органов картофеля (Анспок П.И., 1990). В условиях дефицита этого элемента происходит задержка фазы растяжения клеток, особенно в корневой системе. Выявлено его влияние на передвижение индолилуксусной кислоты и прорастание клубней карто-

феля. Марганец активизирует поступление этой кислоты из клубней в проростки, способствует образованию комплексов "индолилуксусная кислота-дезоксирибонуклеид", которые влияют на морфогенез растения картофеля (Власенко Н.Е., 1987). По мнению Власенко Н.Е. в период прорастания клубней Mn способствует процессам гидролиза и передвижению фосфорных соединений из клубня в проростки и корни, ускоряя биосинтез органических фосфорных соединений в базальной части растения. При недостатке Mn наблюдается значительный дефицит индолилуксусной кислоты, нарушается транспортировка фосфора в надземные органы растения.

Из трех степеней окисления, в которых Mn присутствует в почвах ( $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$ ), растениям доступен лишь двухвалентный марганец. Растворимость почвенного марганца резко возрастает в анаэробных условиях и кислой реакции среды. С повышением влажности почвы возрастает содержание в ней обменного марганца, причем особенно большое его увеличение наблюдается, если влажность почвы достигает 90% ПВ. Подвижность марганца повышается при внесении в почву аммиачных форм азотных удобрений, в связи с чем, поступление этого элемента в растения увеличивается. Внесение извести, а также щелочных форм удобрений, наоборот, уменьшает подвижность почвенного марганца и поступление его в растения. Дерново-подзолистые почвы содержат, как правило, наибольшее количество подвижного марганца (50-150 мг/кг почвы). Количество подвижного марганца в черноземах колеблется от 1 до 75 мг/кг; в сероземах - от 1,5 до 125 мг/кг, в каштановых и бурых почвах - от 1,5 до 75 мг/кг почвы.

В растения марганец поступает в относительно больших количествах, чем другие микроэлементы. Наименьшее количество марганца содержится в вике, горохе, клубнях картофеля. Картофель очень чувствителен к недостатку марганца. Признаки марганцевой недостаточности могут усиливаться в засушливую погоду и ослабляться или совсем исчезать после дождя. Внесение марганцевого удобрения в дозе 2 кг/га совместно с основными удобрениями на дерново-подзолистой супесчаной почве давало прибавку урожая клубней картофеля 60 ц/га или 19,5% к контролю, содержание крахмала повышалось на 1,7-1,9% (Беззубцева Т.И., Кирюхин В.П., 1980).

**Цинк** снижает активность угольной ангидразы, которая оказывает каталитическое действие на расщепление угольной кислоты до воды и углекислого газа, выделяющегося из растений. Входит в состав ферментов и витаминов, регулирует углеводный и белковый обмен в растениях и положительно влияет на образование ростовых веществ и хлорофилла. При недостатке цинка снижается интенсивность накопления органического вещества, растения плохо растут и развиваются. При внесении цинка в почву усиливается поступление в растения картофеля азота, калия, марганца и молибдена. Цинк ускоряет раз-

витие картофеля, сокращает его вегетационный период, повышает устойчивость к фитофторе (Ильин В.Ф., 1974, Бардышев М.А., 1984, Власенко Н.Е., 1987, Анспок П.И., 1990).

Установлено, что содержание цинка в почвообразующей породе в значительной степени определяет уровень его содержания в почвах. Наиболее доступны растениям водорастворимые и обменные формы цинка. Подвижность цинка в почвах и доступность его растениям зависит от pH почвенного раствора. Известкование почвы снижает растворимость цинка в почве и уменьшает его доступность растениям. Подвижность цинка в почве снижается также в присутствии растворимых фосфатов, т.к. образующийся фосфат цинка малорастворим. Слаборастворимы также комплексы цинка с гуминовыми и фульвокислотами. Растворимость соединений цинка возрастает с подкислением среды. Почвы таежно-лесной части Нечерноземной зоны, а также серые лесные содержат достаточное количество подвижного цинка. Меньше подвижного цинка содержится в дерново-карбонатных и некоторых дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почвах с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией. В черноземах цинка мало - 0,06-0,20 мг/кг. Особенно бедны цинком почвы легкого механического состава.

При возделывании картофеля на кислой дерново-подзолистой почве применение цинка на фоне  $N_{135}(P_{135}K_{180})_{\text{локально}}$  приводило к повышению величины урожая на 25 ц (или на 8%), существенно снижало численность клубней картофеля, пораженных ризоктониозом и паршой. На известкованной почве эффективность цинка возрастала - урожайность увеличивалась на 42 ц (или на 13%), заболеваемость ризоктониозом снижалась на 22% (Федотова Л.С., 1999).

**Железо** входит в состав ферментов, участвующих в образовании хлорофилла, поэтому его недостаток снижает интенсивность процессов фотосинтеза в растениях, вызывая заболевание, которое называется **хлороз**. Наиболее выраженный признак хлороза – светло-желтые, почти белесые листья на молодых побегах. При этом старые листья долго остаются зелеными, в то время как молодые желтеют или белеют, а затем отмирают. Соцветия развиваются слабыми, мелкими. Кроме того, при недостатке железа в растениях задерживается синтез ростовых веществ – ауксинов. Особенно чувствительны к дефициту железа томаты, огурцы, картофель, капуста, кукуруза, древесные плодовые культуры (слива, груша, персик, яблони), виноград, малина, цитрусовые.

Хотя в большинстве почв общее содержание железа достаточно велико (2-3%), оно присутствует в основном в трудно растворимых и, соответственно, плохо усваиваемых растениями формах. Кроме того, наличие подвижных (усвояемых) форм железа сильно зависит от кислотности почвы. Влияют на растворимость железа и фосфорные удобрения.

ния: внесение их в почву способствует образованию трудно растворимых фосфатов железа.

**Медь** активизирует окислительно-восстановительные процессы, увеличивает активность окислительных ферментов, способствует повышению содержания хлорофилла в листьях. Кроме того, внесенная под картофель медь ускоряет клубнеобразование, повышает устойчивость растений к фитофторе, уменьшает поражаемость картофеля черной ножкой, паршой и железистой пятнистостью. При недостатке меди у картофеля задерживается рост стеблей, листьев и корней, что связано с ослаблением синтеза индолилуксусной кислоты и торможением ее передвижения, т.к. образуются стабильные комплексы индолилуксусной кислоты с белками и дезоксирибонуклепротеидами.

Содержание подвижной меди в почвах колеблется от 0,05 до 14 мг/кг почвы. Доступными для растений формами являются водорастворимые соединения меди, а также медь, находящаяся в обменно-сорбированном состоянии. Содержание водорастворимой меди в почвах не превышает 1% общего его количества. Водорастворимые соединения меди могут быть представлены солями минеральных кислот (азотной, соляной, серной) и комплексными солями органических кислот (лимонной, малеиновой, янтарной, уксусной и др.). Растворимые соединения меди легкоподвижны и могут вымываться из почвы. Процессу закрепления меди в почве способствует большое содержание органических веществ, карбонатов и илистой фракции, щелочная реакция почвенного раствора. Действие медных удобрений проявляется при содержании в почве менее 1,5 мг/кг почвы доступной для растений меди. Медные удобрения наиболее эффективны на торфяных, дерново-глеевых и дерново-подзолистых почвах легкого механического состава. В торфяных почвах 50% общего количества меди содержится во фракции гуминовых кислот. Гуминовые кислоты и фульвокислоты торфа взаимодействуют с медью и образуют нерастворимые комплексные соединения. Например, 1 г гуминовой кислоты может связать около 0,2 мг меди. Черноземы отличаются более высоким содержанием меди по сравнению с почвами Нечерноземной зоны. В связи с тем, что известкование кислых дерново-подзолистых почв легкого механического состава и торфяно-болотных почв способствует закреплению меди в почве и уменьшает поступление ее в растения, потребность в меди и эффективность медных удобрений при известковании таких почв сильно возрастает.

Кроме азота, фосфора и калия, растения в значительных количествах потребляют кальций, магний и серу, которые по размерам потребления и по роли в формировании урожая относятся к группе мезофильных элементов.

**Кальций** в составе растений концентрируется преимущественно в вегетативных органах, поэтому те растения, которые формируют большую вегетативную массу, уносят и наибольшее количество кальция (в т.ч. картофель).

Наиболее богаты кальцием клеточные оболочки, в которых он содержится в форме пектата кальция. В самих клетках он осаждается в виде оксалата ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ). Кальций найден и в составе некоторых белков. Передвижение кальция в растениях затруднено в направлении сверху вниз, вследствие осаждения его щавелевой кислотой, являющейся неизбежным продуктом обмена веществ (цикл Кребса) в ходе дыхания клеток. Т.е. этот элемент не может использоваться повторно (реутилизироваться) по мере роста растений; при отсутствии постоянного снабжения Ca, вновь образующиеся листья не будут обеспечены им.

Кальций - единственный из катионов, необходимых всем растениям, который должен быть не только внутри тканей, но и снаружи, - в среде, окружающей корни; в его отсутствии они не ветвятся и загнивают, что вызвано повышением гидрофильности и растворимости пектиновых веществ клеточной стенки. Это было доказано в начале 20-х годов М.К.Домонтовичем в лаборатории Д.Н.Прянишникова.

Вынос кальция урожаем (с учетом нетоварной массы) составляет: у зерновых - около 1 кг/ц, зернобобовых - 2-3; многолетних бобовых трав - около 3; картофеля и свеклы - 0,3-0,4 и капусты - 0,6 кг/ц. Картофельное растение испытывает значительную потребность в кальции, по выносу с урожаями он уступает лишь калию. 150 ц клубней картофеля и 50 ц ботвы выносят 85 кг CaO, с учетом потерь этого элемента при инфильтрации осадков, ежегодно из дерново-подзолистой почвы под картофелем потери кальция составляют в среднем около 100 кг/га.

При кислой реакции почвы поступление кальция в растения затруднено из-за антагонизма с присутствующими в растворе ионами:  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ; фосфорно-калийные удобрения также снижают содержание кальция в листьях, стеблях и корнях картофеля. Это же явление антагонизма между ионами отражено и в законе Эренберга: усиленное питание калием снижает поглощение кальция и магния. Дефицит кальция приводит к нарушению избирательности процесса поглощения, поэтому низкому содержанию обменного кальция в почве обычно сопутствует низкий урожай и нетипичный для данного вида растений зольный состав. Получение хорошего урожая сельхозкультур возможно лишь при содержании, во много раз превышающим количество кальция, потребляемое самими растениями.

**Магний** участвует в строении молекулы хлорофилла и процессах формирования более 300 ферментов (Прянишников, 1965; Магницкий, 1967; Аристархов, 2002). Этот элемент имеет большое значение в энергетическом обмене и тем самым во всех других важных процессах, таких, как углеводный, жировой и белковый обмены. Наряду с кальцием и калием магний определяет физико-химическое состояние протоплазмы (Прянишников, 1965; Магницкий, 1967; Вечер, Гончарик, 1973). В отличие от кальция он концентрируется более заметно в генеративных органах. Особо требовательны к магнию корнеплоды и картофель, с урожаем которых из почвы отчуждается от 40 до 70 кг/га.

Картофель сильно отзывается на магний, количество которого в почве должно быть не менее 33-49 мг на 100 г почвы, (Альсмик П.И., Амбросов А.И., Вечер А.С., 1979). При его внесении лучше развиваются клубни и корнеплоды, чем ботва. Установлено, что магний преимущественно концентрируется в наиболее жизнедеятельных тканях с повышенным делением клеток (в стеблях злаков - в узлах кущения, в зерне - в зародыше, в клубнях картофеля - в глазках). Однако для данного элемента характерно и высокое содержание его в листьях. Отмечено, что у картофеля в ранние фазы его развития потребность в магнии небольшая, но с начала цветения она резко возрастает и затем перед созреванием уменьшается.

Поступление магния в растение определяется не только наличием доступной формы в питательной среде, но и зависит от соотношения его с другими катионами, от фазы развития, вида растений, кислотности почвы и других условий. К.К.Гедройц (1932) считал, что установление неблагоприятных соотношений между кальцием и магнием при внесении высоких доз извести является причиной отрицательного действия известкования на ненасыщенных основаниями почвах. Поскольку калий и магний действуют антагонистически, то недостаток магния проявляется сильнее при одностороннем усилении калийного питания. При внесении под картофель на каждые 100 кг калийных удобрений необходимо дополнительно вносить 25 кг магния, если его содержание в почве меньше 20 мг на 100 г, (Магницкий К.П., 1967).

**Сера** - необходимый элемент питания растений. Она является составной частью белков, входит в состав двух аминокислот - цистина и метионина, принимает участие в азотном обмене. При недостатке серы подавляется синтез белка, растения приостанавливают рост, листья становятся светло-зелеными, а при резком недостатке - почти белыми. При недостатке серы увеличивается содержание небелковой формы азота и нитратов, уменьшается устойчивость растений к болезням, засухе и низким температурам.

Содержание серы в зависимости от типа почвы колеблется от 2 до 350 мг в 100 г. Сера находится в почве преимущественно в органической форме и только 10-15% - в

форме  $\text{SO}_4^{2-}$ . Количество доступных растениям соединений серы в дерново-подзолистых почвах обычно невелико (1-2 мг/100 г почвы), и накопление их в виде различных солей серной кислоты связано с разложением и минерализацией органических соединений серы, поступлением с некоторыми видами удобрений и осадками.

В опытах на дерново-подзолистой суглинистой почве (Сопильняк Н.Т., 1972), исключение серы из состава удобрений привело к снижению в клубнях картофеля крахмала на 1,9%, витамина С - на 0,8 мг%, сахаров - на 0,5% и белкового азота - на 0,19%. При недостатке серы снижалась интенсивность поступления в растения фосфора, кальция и магния, что привело к удлинению периода вегетации картофеля. На легких почвах внесение серных удобрений способствует повышению урожая картофеля. В исследованиях Власенко Н.Е. (1987) внесение серы (90 кг/га) повышало урожайность клубней на 20-30 ц/га. При внесении сернокислых форм минеральных удобрений под картофель потребность растений в сере полностью удовлетворяется.

## **2. Предпосадочная обработка клубней картофеля, семян зерновых и овощных культур.**

**Обработка клубней картофеля растворами минеральных удобрений** перед посадкой проводится с двумя целями, которые решаются одновременно: доставляются питательные вещества к клубням и стимулируются ростовые процессы в клубне.

Для эффективного усвоения элементы питания должны вводиться в растительный и животный организмы в активной форме. Многочисленными исследователями установлено, что наиболее активны микроэлементы в форме комплексных солей с органическими кислотами комплексообразователями (комплексонами): ДТПА – диэтилентриаминпентауксусная кислота; ЭДТА – этилендиаминтетраацетатная кислота и ОЭДФ – оксиэтилендифосфоновая кислота. Такие соли называются общим термином **хелаты микроэлементов** или комплексонаты.

**Хелаты микроэлементов** обладают рядом ценных свойств: практически не токсичны, хорошо растворимы в воде, обладают высокой устойчивостью (не изменяют своих свойств) в широком диапазоне кислотности (значений pH), хорошо адсорбируются на поверхности листьев и в почве, длительное время не разрушаются микроорганизмами, хорошо сочетаются с различными пестицидами. Комплексоны (ДТПА, ОЭДФ, ЭДТА), при внесении их в почву способствуют переводу недоступных микроэлементов в биологически активную форму. Хелаты микроэлементов являются водорастворимыми органическими солями, но диссоциации на ионы в водных средах обычно не происходит. Вследств-

вие этого микроэлементы в хелатной форме, в отличие от минеральных солей, практически не закрепляются в почвенном поглощающем комплексе (ППК) и длительное время остаются доступными для растений.

Подкормки хелатами микроэлементов проводились в различных регионах Российской Федерации. Было установлено: их рострегулирующая активность, влияние на всхожесть семян злаковых культур, на повышение урожайности и качества продукции зерновых, зернобобовых, некоторых крупяных и технических культур. Широко известно, что комплексоны железа являются антихлорозными препаратами для виноградников и плодовых культур в условиях карбонатных почв юга России. Выявлен высокий эффект комплексонов в повышении продуктивности культур закрытого грунта (томаты, огурцы).

В настоящее время ООО "Элитными Агросистемами" налажен выпуск жидких удобрений со **сбалансированным комплексом микроэлементов в хелатной форме – "Микровит"** на основе ОЭДФ (оксиэтинидендифосфоновой кислоты), предназначенных для предпосевной обработки семян, внекорневой и корневой подкормки посевов сельскохозяйственных культур (табл.3).

*Хелатированные микроэлементы характеризуются следующими преимуществами:*

- по своей структуре наиболее родственны к природным комплексонам на основе полифосфатов;
- под действием света ОЭДФ разлагается в листьях растений до ацетатов и фосфатов. Последние используются как питание;
- ОЭДФ является также регулятором роста, обладает антимикробными и антивирусными свойствами;
- диапазон работы комплексонов на основе ОЭДФ полностью удовлетворяется величинами рН всех типов почв и питательных растворов;
- комплексоны на основе ОЭДФ предотвращают образование малорастворимых солей (карбонатов кальция), обладают пролонгированностью действия на растительные организмы.

Препарат применяется как самостоятельно, так и совместно со средствами защиты растений (гербицидами, инсектицидами, фунгицидами) и макроудобрениями. При применении "Микровита" пестицидная нагрузка на растения сокращается на 30%.

В стандартный состав "Микровита" входят, в г/л: бор - 11, железо - 32, марганец - 32, медь - 6, цинк - 8, молибден - 5, кобальт - 1, сера - 30, азот - 25, фосфор - 3,5, калий - 20, магний - 10. В некоторых случаях в состав препарата добавляются иод и селен. Суммарная концентрация микроэлементов в пересчете на действующее вещество составляет 10-12% от общей массы раствора, плотность 1,3-1,35 г/см<sup>3</sup>. В качестве комплексонов применяется ОЭДФ, ДТПА, ЭДТА в сочетании с органическими кислотами (лимонная, янтарная, щавелевая и др), в зависимости от марки и назначения препарата.

**Обработка "Микровитом" семенного картофеля.** Норма расхода "Микровита" для предпосадочной обработки семенного картофеля составляет 0,2-0,5 л/т. При расходе рабочей жидкости 5-10л раствора на 1 тонну картофеля. Можно совмещать с протравливанием клубней фунгицидами.

**Протравливание клубней картофеля фунгицидами** с целью уничтожения возбудителей ризоктониоза, фомоза, фитофтороза, всех видов парши и мокрой гнили. Проводится перед посадкой картофеля и перед закладкой клубней на хранение. Для протравливания клубней используют химические и бактериальные препараты (табл. 4). Наиболее распространенные установки для протравливания клубней – Гуматокс-С и ПУМ-30.

**Таблица 4.** Фунгициды, предназначенные для предпосадочной обработки семенного картофеля.

<b>Химические препараты:</b>	<b>Бактериальные препараты:</b>
Колфуго супер, Колфуго супер колор (200 г/л карбендазим) Вредный объект – фузариоз, ризоктониоз. Норма расхода – 0,2-0,3 л/т.	Интеграл ( <i>Bacillus subtilis</i> , штамм 24Д) Вредный объект – фузариоз, ризоктониоз, вертициллез, фитофтороз, альтернариоз, бактериальные гнили. Норма расхода – 2кг/т. Для условий ЛПХ
Виватакс 200 (375 г/л карбоксин + 375 г/л тирам), Фенорам (470 г/л карбоксин + 230 г/л тирам) Вредный объект – ризоктониоз. Норма расхода – 1,5-2,0 кг/т (Виватакс 200); 2 кг/т (Фенорам).	Бактофит ( <i>Bacillus subtilis</i> , штамм ИПМ 215 и продуцируемый антибиотик) Вредный объект – фузариоз, ризоктониоз, фитофтороз. Норма расхода – 5 г/кг. Для условий ЛПХ
Дитан М45, Пенкоцеб, Утан, Манкоцеб (800 г/кг манкоцеб). Вредный объект – ризоктониоз. Норма расхода – 2-2,5 кг/т.	Агат 25К ( <i>Pseudomonas aureofaciens</i> штамм Н16 и продукты метаболизма). Вредный объект – ризоктониоз, сухая гниль. Норма расхода – 135 г/т. Для условий ЛПХ
ТМТД (800 г/кг тирам), ТМТД-ВСК (400 г/кг тирам). Вредный объект – фитофтороз, различ-	Планриз ( <i>Pseudomonas aureofaciens</i> штамм АР-33). Вредный объект – микро-

Химические препараты:	Бактериальные препараты:
ные виды парши (обыкновенная, порошистая, серебристая), ооспороз, мокрая гниль. Норма расхода – 2,1-2,5 кг/т (ТМТД); 4-5 кг/т (ТМТД-ВСК).	спориоз, ризоктониоз, фитофтороз. Норма расхода – 10 мл/т. Для условий ЛПХ
Максим (25 г/л флудиоксанил). Вредный объект – ризоктониоз, фузариоз. Норма расхода – 0,4 кг/т. Разрешен также для ЛПХ.	Фитолавин-300 ( <i>Streptomyces lavendulae</i> , <i>S. Griseus</i> ). Вредный объект – черная ножка. Норма расхода – 20 мл/т. Для условий ЛПХ

**Обработка "Микровитом" семян зерновых и технических культур** производится, как правило, совместно с протравителями, механизированным способом при помощи машин типа ПС. Возможна обработка семян только "Микровитом" без протравителя. В случае недостаточного прилипания можно добавлять пленкообразователи. ПАВ используются в соответствии с прилагаемым к ним инструкциями.

Необходимое на 1 т семян количество "Микровита" (например, для пшеницы 0,1-0,2 л) доводится водой до объема 10 л.

Готовится согласно инструкции раствор протравителя, имеющего прилипающую основу. Как указывалось выше, расход протравителя при использовании совместно с "Микровитом" можно уменьшить по сравнению с рекомендованными в инструкции нормами на 20-30%. Готовый к работе раствор заливается в емкость протравителя.

**Обработка "Микровитом" семян овощных культур.** Семена замачивают в 0,1% водном растворе "Микровита" в течение 12 часов из расчета 2 л рабочего раствора на 1 кг семян. В случае необходимости можно добавлять пленкообразователи. Применение ПАВ выполняют по прилагаемым к ним инструкциям.

После замачивания семена сразу высеваются или высушиваются в тени при комнатной температуре. Оставшийся после замачивания раствор можно повторно использовать для корневой или внекорневой подкормки растений.

### **3. Внекорневые подкормки вегетирующего картофеля, посевов зерновых и рассады овощных культур.**

Внекорневые подкормки минеральными удобрениями продляют жизнедеятельность листового аппарата, способствуют увеличению урожая, повышают содержание сухого вещества и крахмала в клубнях, особенно на участках с мощно развитой ботвой. От-

мечена высокая эффективность внекорневых подкормок хелатированными формами микроэлементов, характеризующихся пролонгированностью действия на растительные ткани. Целым рядом краткосрочных опытов в трех почвенно-климатических зонах Российской Федерации (Московская, Пензенская области, Дагестан, Башкортостан) установлена высокая эффективность опрыскивания посадок картофеля комплексонатами металлов на величину урожаев и качество продукции (А.В.Коршунов, А.Х.Абазов, С.М.Надежкин и др., 1995). Прирост урожая картофеля от опрыскивания посадок 0,2% раствором комплексонатов микроэлементов (на основе ДТПА и ОЭДФ) составил: на низинном торфянике – 10-12,8%, на дерново-подзолистой суглинистой почве – 18,9%, на дерново-подзолистой супесчаной – 11-18,2%, на горно-луговой почве – 11,8-24,8%, на выщелоченном черноземе Среднего Поволжья и Башкортостана – 6,1-7,6%. Опрыскивание ботвы картофеля в фазу бутонизации повышало ассимиляционную поверхность листьев и увеличивало продолжительность работы листового аппарата. На вариантах с проведением опрыскивания комплексонатами металлов пораженность растений болезнями снизилась в 1,2-2,0 раза, а потери после хранения в зимний период сократились на 1-3%. Наименьшая концентрация нитратов в клубнях картофеля (в среднем за 3 года) получена при сочетании следующих приёмов:

– густота посадки 58-60 тыс.шт./га + (намачивание клубней в 0,001% растворе ДТПА + опрыскивание ботвы 0,2% раствором ДТПА) + сеникация ботвы – 95 мг NO<sub>3</sub> на 1 кг сырых клубней.

## **Технология использования "Микровита"**

Использование микроудобрений подобного вида является одним из основных элементов современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур и широко применяется в мировой практике. **"Микровит"** позволяет компенсировать безвозвратные потери микроэлементов, выносимых из почвы растениями, повысить холодо и засухоустойчивость растений. **"Микровит"** – это гарантированное повышение урожайности всех культур на 15–30% при одновременном повышении качества и товарного вида конечной продукции. Кроме того, применение **"Микровита"** повышает эффективность использования основных макроудобрений – азотных, фосфорных и калийных.

**Обработка посадок вегетирующего картофеля.** Для опрыскивания посадок картофеля используется любое стандартное оборудование отечественного или зарубежного производства. Норма расхода **"Микровита"** в фазу бутонизации составляет 0,5-1,0 л/га. В рабочий раствор можно в необходимых количествах добавляться средства защиты рас-

тений от болезней и вредителей. В конце цветения подкормку "Микровитом" следует повторить, при этом норма препарата увеличивается в два раза, т.к. в это время внутри растительных тканей наиболее интенсивно происходят все энергообменные процессы и отток пластических веществ в молодые клубни картофеля.

**Обработка рассады овощных культур.** Для опрыскивания рассады рабочая концентрация раствора должна быть ~ 0,5-1,0 литр на 1000 литров воды.

**Обработка посевов зерновых культур.** Для опрыскивания посевов зерновых и зернобобовых культур используется любое стандартное оборудование отечественного или зарубежного производства. Норма расхода микроудобрения соответственно составляет 0,1-0,3 л/га и 0,2-0,4 л/га (табл. 5).

В рабочий раствор можно в необходимых количествах добавляются средства защиты растений или макроудобрения. Микроудобрения заливаются в заполненный водой бак. Смесь перемешивается. **"Микровит" совместим со всеми видами NPK – удобрений и пестицидами.**

**Таблица 5.** Нормы расхода микроудобрения "Микровит" на 1 га

Сельскохозяйственная культура	Микроудобрения	Нормы расхода на:			Фенофазы развития растения
		Семена л/т	Вегетативную массу		
			Микроудобрения, л/га	Рабочий р-р, л/га	
Озимая и яровая пшеница, ячмень, овес, рожь	Микровит	0,1-0,2			можно одновременно с протравителями
	Микровит	0,1-0,2	0,1-0,3	300-350	1. В фазе трубкования; если со средствами защиты растений – то перед трубкованием. 2.**
Зернобобовые культуры (горох, люпин и др.)	Микровит	0,1-0,2			можно одновременно с протравителями
	Микровит		0,2-0,4	300-350	Перед началом цветения*
Соя, люцерна	Микровит	0,1-0,2			можно одновременно с протравителями
	Микровит		0,2-0,4	300-350	1. Перед началом цветения* 2.**
Кукуруза	Микровит	0,1-0,2			можно одновременно с протравителями
	Микровит		0,2-0,4	300-350	1. В фазе 3-5 листьев* 2.**
Подсолнечник	Микровит	0,1-0,2			можно одновременно с протравителями
	Микровит		0,2-0,4	300-350	1. В фазе 3-5 листьев*

Сельскохозяйственная культура	Микроудобрения	Нормы расхода на:			Фенофазы развития растения
		Семена л/т	Вегетативную массу		
			Микроудобрения, л/га	Рабочий р-р, л/га	
					2.**
Лён	Микровит	0,1-0,2			можно одновременно с протравителями
	Микровит		0,2-0,4	300-350	1. В фазе "елочки" 3-10 см; 2. **
Томаты, баклажаны, перец	Микровит + Хелат железа***		0,1-0,3	200-300	1. В фазе 3-4 настоящих листьев 2. Через 2 недели после первой обработки* 3. Через 2 недели после второй обработки* 4. Перед началом созревания* 5. По потребности
			0,1-0,3	200-300	
			0,2-0,3	200-300	
			0,5-1	400-600	
Огурцы	Микровит + Хелат железа***		0,1-0,3	200-300	1. В фазе 3-4 настоящих листьев 2. 2. Через 2 недели после первой обработки* 3. Через 2 недели после второй обработки* 4. После третьей обработки* 5. По потребности
			0,1-0,3	200-300	
			0,2-0,3	300-400	
			0,2-0,3	400-600	
Картофель	Микровит		0,5-1,0	300-400	1. Перед началом цветения* 2. Через 2 недели после первой обработки*
			1,0-2,0	300-400	
Капуста, морковь, лук, свекла столовая и сахарная	Микровит		0,1-0,2	200-300	1. В фазе 3-4 листьев 2. Через 2 недели* 3. Через 2 недели после второй обработки*
			0,2-0,6	200-300	
			0,2-0,6	300-400	
Розы, хризантемы, и другие цветы	Микровит + Хелат железа***		0,2-0,4	200-300	По потребности
Ягодники и плодовые культуры	Микровит		0,2-0,4 0,1-0,2 0,3-0,6 0,1-0,2	800-2000	1 До цветения, 2. После цветения; 3. После июньского осыпания завязи. 4 . Сентябрь-октябрь после уборки урожая

\* Возможно, одновременно в смеси со средствами защиты растений.

\*\* В случае повторной обработки посевов средствами защиты растений в рабочую смесь желательно добавить микроудобрение в норме 0,1-0,2 л/га.

\*\*\* При появлении признаков хлороза использовать хелат железа в таких же концентрациях, как и микроудобрение "Микровит".