

## Влияние сульфата магния и гидроксида магния на рост китайской капусты

Сан-Чо Ли (Sang-Jo Lee),  
Сон-Хо Ли (Sung-Ho Lee),  
Хён-Чин Шин (Hyun-Jin Shin),  
Хён-Чон Чо<sup>1</sup> (Hyun-Jong Cho),  
Бок-Чин Ким (Bok-Jin Kim) и Чон-Пэ Чон<sup>1</sup> (Jong-Bae Chung)\*

*Департамент агрономии, Йоннамский университет, Кёнсан 712-749, Корея  
Департамент сельскохозяйственной химии, университет Тэгу, Кёнсан 712-714, Корея*

Гидроксид магния, который в последнее время зарегистрирован как Mg-содержащее удобрение, сильно отличается от сульфата магния по своей растворимости и влиянию на pH почвы. В данном исследовании проводилось сравнение влияние гидроксида магния и сульфата магния на рост китайской капусты при норме введения 300 кг MgO на гектар<sup>-1</sup> в суглинистую почву Кёнсана. Хотя гидроксид магния был эффективен для увеличения количества капустных листьев и массы в сыром виде, в целом воздействие гидроксида магния и сульфата магния на рост китайской капусты особо не отличалось ( $p < 0,05$ ). При сравнении двух магниевых-содержащих удобрений оказалось, что содержание магния в китайской капусте было несколько выше при обработке почвы сульфатом магния на ранней стадии развития, но при сборе урожая его содержание было выше в случае обработки почвы гидроксидом магния. Содержание Ca, P и K в китайской капусте было относительно более высоким при обработке почвы гидроксидом магния по сравнению с обработкой сульфатом магния. Но различия в потреблении питательных веществ китайской капустой между обработками не были значимыми ( $p < 0,05$ ). Поэтому ожидается, что влияние гидроксида магния на огородные культуры будет таким же, как влияние сульфата магния при той же норме внесения Mg. pH почвы при ее обработке сульфатом магния был ниже, чем при контрольной обработке, но гидроксид магния может повысить pH. Гидроксид магния можно использовать преимущественно в кислых и/или песчаных почвах, где сульфат магния может вызвать дальнейшее подкисление почвы, а потеря Mg из-за выщелачивания часто является серьезной проблемой.

**Ключевые слова:** китайская капуста, магниевое-содержащее удобрение, гидроксид магния, сульфат магния.

### Введение

Магний является одним из важнейших неорганических питательных макроэлементов в растениях. Основной функцией Mg является его роль в качестве центрального атома в молекуле хлорофилла и при оптимальной поставке Mg для роста, от 10 до 20% общего количества Mg в листьях локализуется в хлоропластах (МакСвейн (McSwain), 1982).

Для поддержания высокого значения pH между 6,5 и 7,5 необходима высокая концентрация Mg в хлоропластах и цитоплазме. Влияние pH на структуру белка и, следовательно, на ферментативную активность зависит от строгой регуляции pH метаболического пула, и эту регулирующую функцию чаще всего выполняют катионы, такие как Mg и K (Смит и Рейвен (Smith and Raven), 1979). Магний также выполняет важную функцию как связующий элемент для агрегации субъединиц рибосом,

Получено: 1 июля 2003 года. Принято: 21 июля 2003 года

\*Автор, отвечающий за переписку с редакцией: Телефон: +82538506755,

Факс: +82538506759, E-mail: [jbchung@daegu.ac.kr](mailto:jbchung@daegu.ac.kr)



процесс, необходимый для синтеза белка (Каммарано и соавт., 1972). Магний необходим также для РНК-полимераз и, следовательно, для образования РНК в ядре. Существует длинный список ферментативных реакций, для которых требуется Mg или которые стимулируются им. Mg требуется для таких реакций, как перенос фосфата (фосфатазы и АТФазы) или карбоксильных групп (карбоксилазы) (Маршнер, 1986).

Магний обычно поглощается растениями в меньшем количестве, чем Са или К. Содержание Mg в тканях растений обычно бывает порядка 0,5% в пересчете на сухое вещество. Конкурентные эффекты по поглощению катионов имеют особое значение для Mg, так как такие эффекты часто приводят к дефициту Mg в поле, и его нехватка возникает, в частности, в сильно выщелоченных кислых почвах или в песчаных почвах, которые подверглись внесению большого количества извести (Тисдейл и соавт., 1985). Несмотря на то, что симптомы дефицита Mg у разных видов растений бывают разными, у всех из них возникает межжилковое пожелтение или хлороз, а в крайних случаях эта область становится некротической.

В официальном стандарте удобрений в Корее в список Mg-содержащих удобрений включены гидроксид магния, сульфат магния, каустический кальцинированный магнезит и борат магния. Сульфат калия магния, доломитовый известняк и кремнеземные удобрения также содержат Mg. В Японии гидроксид магния указан в официальных стандартах удобрений, и потребляется большое количество этого Mg-содержащего удобрения. В нашей стране гидроксид магния был зарегистрирован в официальном стандарте удобрений в 2002

году, но до сих пор он мало используется в полях.

Сульфат магния и гидроксид магния отличаются по своим химическим свойствам, включая растворимость и, следовательно, влияние этих Mg-содержащих удобрений на химические свойства почвы, pH, ЕС и распределение Mg и других взаимозаменяемых катионов в почве может очень отличаться. Ли и соавт. (2003) обнаружили, что pH почвы повышался, высвобождение Mg из удобрения было медленным, а также влияние вносимого Mg на распределение других катионов было незначительным в почве, обработанной гидроксидом магния, по сравнению с почвой, обработанной сульфатом магния. Таким образом, влияние этих Mg-содержащих удобрений на урожай растений должно быть тщательно изучено и сравнено.

В данном исследовании было изучено влияние гидроксида магния и сульфата магния на рост китайской капусты и свойства почвы.

### Материалы и методы

**Растение и почва** Участки поля для эксперимента были выбраны в марте 2001 года в районе Кёнсан на экспериментальной ферме университета Янгнама (мелкозернистый песок с илистыми наносами, смешанная почва, mesic Fluvaquentic Eutrochrepts). Свойства почвы приведены в таблице 1. В данном эксперименте был протестирован рост китайской капусты «Maeryuk» (*Brassica pekinensis* Rupr.)

**Обработка удобрениями** Удобрение гидроксид магния (Mg(OH)<sub>2</sub>) поставлялось компанией «ФОСРЕК», а удобрение сульфат магния (MgSO<sub>4</sub>) было закуплено в компании «Джеондо» в

Таблица 1. Физико-химические свойства почвы, используемой в данном исследовании.

Текстура	pH (1:5)	ОМ	Т-N	Ср. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	СЕС	Взаимозаменяемые катионы			
						Ca	Mg	K	Na
суглинистая почва	5.42	20.6	1.2	113.1	11.2	4.2	1.9	0.9	0.6

Пхоханг. Содержание магния в удобрениях составляло 140 и 600 г MgO кг<sup>-1</sup> для сульфата магния и гидроксида магния, соответственно. Сульфат магния полностью растворяется в воде, а растворимость гидроксида магния в воде составляет 1,9 мг л<sup>-1</sup> при температуре 18°C.

Норма 300 кг MgO га<sup>-1</sup> вводилась в почву за 5 дней до высаживания рассады китайской капусты с сульфатом магния и гидроксидом магния. Азот, P, K и B вводили посредством мочевины, конденсированного фосфата, хлорида калия и буры из расчета 230, 160, 250 и 15 кг га<sup>-1</sup> для N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O и B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, соответственно. Все фосфор-, K- и B-содержащие удобрения вносились за 5 дней до высаживания рассады, а 50% N было внесено непосредственно перед высаживанием и выполнялось еще 3 отдельных внесения по 20-20-10% каждые 15 дней после высаживания рассады. В рандомизированный полный блок исследования был включен также контрольный участок (без внесения Mg), в трех повторностях. Каждый участок имел 3 м в ширину и 5 м в длину, а 20-дневная рассада китайской капусты была высажена на расстоянии 60 x 35 см друг от друга 18 апреля 2001 года.

**Измерения и анализ** Рост китайской капусты измеряли через 15, 30 и 45 дней после пересадки и в день сбора урожая (18 июня 2001 года). В измерение было включено количество листьев, длина самого большого листа, а также высота, ширина и масса свежего кочана капусты. Измерялся также цвет капустного листа через 15, 30 и 45 дней после высаживания рассады посредством хлорофилл метра (Minolta SPAD-502, Япония). Полученные средние значения сравнивали посредством теста множественных диапазонов Дункана (Duncan's Multiple Range Test - DMRT) на уровне  $p \leq 0,05$

Образцы растений для анализа на неорганическое питательное вещество брали на 30-й день после высаживания и при сборе урожая. Листья разделяли, промывали деионизированной водой и просушивали при температуре 65°C. Образцы сухих листьев обрабатывали H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> с использованием устройства для

расщепления по Кьельдалю (Foss KT2300, Хёганес, Швеция), а N определяли с использованием системы дистилляции по Кьельдалю (Foss Kjeltec System 1026, Хёганес, Швеция). Фосфор определяли посредством ванадомolibдатного метода. Калий, Ca и Mg определяли при помощи атомно-эмиссионной спектроскопии со связанной плазмой (Varian Liberty Series II, Малгрейв, Австралия).

Образцы почвы брали через 30 дней после высаживания рассады и при сборе урожая, просушивали на воздухе и измельчали до <2 мм. Измеряли pH суспензии 1:5 посредством комбинированных стеклянных электродов (Mettler 350, Mettler-Toledo Ltd., Эссекс, Англия). Органическое вещество, общий N и доступный P в образцах почвы измеряли с помощью метода Уокли и Блэка, метода Кьельдаля и Брея № 1, соответственно (Нельсон и Сомерс, 1982; Бремнер и Мулвани, 1982; Ольсен и Сомерс, 1982). Анализ экстрагируемых 1M KCl Ca, Mg и K проводили с использованием атомно-эмиссионного спектрометра со связанной плазмой (Varian Liberty Series II, Малгрейв, Австралия).

## Результаты и обсуждение

**Рост китайской капусты** Результаты измерения цвета листьев, длины самого большого листа и количества листьев во время роста приведены в таблице 2. Значения SPAD (индекса хлорофилла) были выше при обработке Mg-содержащими удобрениями по сравнению с контрольной обработкой без содержания Mg, но разница была незначительной. Длина самого большого листа и количество листьев были также выше при обработке Mg-содержащими удобрениями по сравнению с контрольной обработкой без содержания Mg, но разница была незначительной. Не было значительной разницы в росте китайской капусты при обработке сульфатом магния и гидроксидом магния.

Урожай и параметры урожайности китайской капусты приведены в таблице 3. Высота кочана была больше при обработке гидроксидом магния, чем при

Таблица 2. Влияние обработки магнием-содержащими удобрениями на цвет листьев, длину самого большого листа и количество листьев китайской капусты на разных стадиях роста.

Измерение	Обработка	Дни после высадки рассады		
		15	30	45
Цвет листа (SPAD)	Отсутствие Mg	34,49	50,01	44,96
	MgSO <sub>4</sub>	34,96	51,44	47,45
	Mg(OH) <sub>2</sub>	35,07	50,64	46,82
Длина самого большого листа (см)	Отсутствие Mg	8,33	23,13	33,46
	MgSO <sub>4</sub>	9,58	24,07	34,69
	Mg(OH) <sub>2</sub>	9,69	23,82	34,94
Количество листьев	Отсутствие Mg	8,11	16,17	45,78
	MgSO <sub>4</sub>	8,44	16,89	49,89
	Mg(OH) <sub>2</sub>	8,75	16,42	48,78

Таблица 3. Влияние обработки магнием-содержащими удобрениями на сырую массу, высоту и ширину кочана и количество листьев китайской капусты при сборе урожая.

Обработка	Масса свежего кочана	Высота кочана	Ширина кочана	Количество листьев
	г	см	см	окрас <sup>-1</sup>
Отсутствие Mg	1,950 a	24,5 ns	14,3 ns	68,8 a
MgSO <sub>4</sub>	2,040 a	24,1	14,7	72,0 b
Mg(OH) <sub>2</sub>	2,200 b	25,6	14,9	71,1 b

контрольной обработке (без Mg). Однако различия в значении высоты кочана между тремя обработками были незначительными ( $p \leq 0,05$ ). Ширина кочана при обработке Mg-содержащими удобрениями также возрастала, а различия в высоте кочана между тремя обработками были незначительными ( $p \leq 0,05$ ). Количество листьев было значительно выше при обработке Mg-содержащими удобрениями, чем при контрольной обработке, но разница между обработками сульфатом магния и гидроксидом магния была незначительной. Сырая масса китайской капусты была значительно выше при обработке гидроксидом магния, по сравнению с контрольной обработкой и обработкой сульфатом магния.

#### Поглощение питательных веществ

Показатели поглощения питательных веществ китайской капустой приведены в таблице 4. Через 30 дней после высадки рассады содержание Mg было относительно более высоким при обработке Mg-содержащими удобрениями. Содержание N

и P также было выше при обработке Mg-содержащими удобрениями по сравнению с обработкой без Mg. Однако при обработке Mg-содержащими удобрениями содержание Ca и K было сравнительно более низким. При сборе урожая содержание питательных веществ также значительно не отличалось для разных видов обработки, но при обработке Mg-содержащими удобрениями по сравнению с обработкой без Mg содержание Mg было выше, а содержание Ca и K было ниже.

Более низкое содержание Ca и K в китайской капусте может быть вызвано конкуренцией Mg и Ca или K в поглощении питательных веществ. Кроме того Mg, добавленный удобрениями, может заменить Ca и/или K в местах обмена, а повышенные потери этих элементов при выщелачивании могут стать еще одной причиной более низкого содержания Ca и K в китайской капусте. Вместе с тем, различия в поглощении питательных веществ китайской капустой между обработками не были значимыми ( $p < 0,05$ ).

Таблица 4. Влияние обработки магнием-содержащими удобрениями на содержание неорганических питательных веществ в китайской капусте через 30 дней после высадки рассады и при сборе урожая.

Время взятия образцов	Обработка	----- г кг <sup>-1</sup> в пересчете на сухой вес -----				
		T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	MgO
30 дней после высаживания рассады	Отсутствие Mg	45,3	17,1	42,5	94,2	6,8
	MgSO <sub>4</sub>	46,8	18,0	40,7	89,7	7,9
	Mg(OH) <sub>2</sub>	45,7	17,9	41,5	92,2	7,6
Сбор урожая	Отсутствие Mg	36,7	21,5	43,7	85,7	6,0
	MgSO <sub>4</sub>	39,3	22,0	40,8	82,7	8,4
	Mg(OH) <sub>2</sub>	37,4	22,4	41,0	84,1	9,3

При сравнении двух магнием-содержащих удобрений оказалось, что содержание магния в китайской капусте было выше при обработке почвы сульфатом магния на ранней стадии роста, но при сборе урожая его содержание было выше в случае обработки почвы гидроксидом магния. Этот результат можно отнести к разнице в растворимости двух Mg-содержащих удобрений и предполагается, что **гидроксид магния может поставлять Mg медленно и непрерывно в течение всего периода роста.**

При сравнении обработки двумя Mg-содержащими удобрениями содержание Ca, P и K в китайской капусте оказалось относительно более высоким при обработке почвы гидроксидом магния. Такие различия в поглощении неорганических питательных веществ могут быть связаны с конкуренцией между катионами в поглощении растением и адсорбцией/десорбцией в почве. И на эти свойства катионов в почве может влиять внесенный Mg, а влияние Mg на поведение других катионов может быть намного больше в почве, обработанной сульфатом магния, поскольку сульфат магния полностью растворим в воде. Сульфат магния может выделять относительно большое количество Mg вскоре после внесения в почву.

Влияние Mg-содержащих удобрений на поглощение P будет связано с воздействием удобрения на pH почвы. А выделенный из сульфата магния SO<sub>4</sub> может ингибировать поглощение P китайской капустой. Вместе с тем, различия в поглощении питательных веществ между обработками двумя Mg-содержащими

удобрениями не были значительными (p<0,05).

**Свойства почвы** Свойства почвы, измеренные через 30 дней после высаживания рассады и при сборе урожая, представлены в таблице 5. pH почвы при ее обработке сульфатом магния был ниже, чем при контрольной обработке. Но обработка почвы гидроксидом магния может повысить значение pH по сравнению с контрольной обработкой.

Общее содержание азота и органического вещества между разными типами обработки существенно не различалось. Содержание доступного P в почве было выше при обработке гидроксидом магния по сравнению с обработкой сульфатом магния. Причину более высокого содержания доступного P при обработке гидроксидом магния можно в некоторой степени объяснить повышением pH почвы. Доступность P в почве очень чувствительна к ее pH. По мере повышения pH почвы, снижение растворимости Al и Mn может сопровождаться повышением доступности P (Лонгнекер и Меркл, 1952).

Через 30 дней после высадки и во время сбора урожая содержание экстрагируемого при помощи 1M KCl Mg в почве было значительно выше при обработке Mg-содержащим удобрением по сравнению с контрольной обработкой. Содержание экстрагируемого Ca в почве было значительно снижено при обработке сульфатом магния. Поскольку сульфат магния растворим в воде, внесение большого количества Mg в почву посредством сульфата магния может эффективно

конкурировать с Ca в адсорбции катионов в почве (Ли и соавт., 2003). При сравнении

Таблица 5. Влияние обработки магнием-содержащими удобрениями на свойства почвы через 30 дней после высадки рассады и при сборе урожая.

Время взятия образцов	Обработка	PH (1:5)	TN	OM	Ср. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг кг <sup>-1</sup>	Извлекаемый катион		
						Ca	Mg	K
			--г кг <sup>-1</sup> --			-----смолс кг <sup>-1</sup> -----		
Через 30 дней	Отсутствие Mg	4,89	1,28	24,4	107,2	4,38	1,57	0,96
	MgSO <sub>4</sub>	4,85	1,36	23,8	112,6	4,02	2,46	0,93
	Mg(OH) <sub>2</sub>	5,20	1,35	23,2	125,1	4,42	2,21	0,99
Сбор урожая	Отсутствие Mg	5,20	1,29	22,9	126,8	4,21	1,86	0,95
	MgSO <sub>4</sub>	4,97	1,33	21,8	124,0	3,90	2,31	0,92
	Mg(OH) <sub>2</sub>	5,69	1,31	20,6	145,5	4,34	2,56	0,96

двух магнием-содержащих удобрений оказалось, что содержание экстрагируемого Mg в китайской капусте было выше при обработке почвы сульфатом магния через 30 дней после высаживания рассады, но при сборе урожая его содержание было выше в случае обработки почвы гидроксидом магния. Потери Mg из-за выщелачивания при обработке сульфатом магния могут быть намного выше по сравнению с обработкой гидроксидом магния. Вместе с тем, обработка Mg-содержащим удобрением в значительной степени не влияла на содержание экстрагируемого K. Меньшее обменное перемещение K из почвы может быть связано с относительно более низким содержанием экстрагируемого K в почве, а также с селективностью K по сравнению с Mg в процессе бинарной обменной адсорбции (Йенсен и Бобкок, 1973).

### Выводы

Хотя гидроксид магния был эффективен для увеличения количества капустных листьев и сырой массы китайской капусты, в целом воздействие гидроксида магния и сульфата магния на рост китайской капусты особо не отличалось друг от друга ( $p < 0,05$ ). Поэтому гидроксид магния, недавно зарегистрированный как Mg-содержащее удобрение, может быть использован с почти таким же влиянием на огородные культуры, как и сульфат магния при той же норме внесения Mg.

Длительное применение сульфата магния может вызвать подкисление почвы и накопление в ней соли. Кроме того, потери Mg из-за выщелачивания могут быть

высокими, если водорастворимый сульфат магния применяется на песчаных почвах. Вместе с тем, гидроксид магния является щелочным удобрением и менее растворим, и поэтому непрерывное медленное поступление Mg и меньшее неблагоприятное воздействие на поглощение и распределение других катионов в почве могут быть преимуществами гидроксида магния по сравнению с сульфатом магния. Гидроксид магния может использоваться преимущественно на кислых и/или песчаных почвах.

### Ссылки

- Боуер К.А., Г. Огата и Дж.М. Такер. 1968. Натриевая опасность поливных вод под влиянием фракции выщелачивания и осадков или раствора карбоната кальция. Soil Sci. 106:29-34.
- Бремнер Дж.М. и К.С. Мулвейн. 1982. Общий азот, стр. 595-624. в книге А.Л. Пейдж и соавт. (ред.) Методы анализа почвы, Часть 2. Химические и микробиологические свойства (2-е изд.) Журнал «Soil Science Society of America», Мэдисон, Висконсин, США.
- Каммарано П., Фелсани А., М.Джентиле, К. Гуалерзи, К. Ромео и Г. Вулф. 1972. Образование активного гибрида 80-S частиц из субъединиц проростков гороха и рибосом печени млекопитающих. Biochim. Biophys. Acta 281:625-642.
- Йенсен Х.Е. и К.Л. Бобкок. 1973. Катионообменное равновесие на суглинистой почве Yolo. Hilgardia 41:475-487.

- Ли С.Ч., С.Х. Ли, Х.Ч. Шин, Х.Ч.Чо, Б.Ч. Ким и Ч.П. Чон. 2003. Сравнение эффектов сульфата магния и гидроксида катионов. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 36:105-112.
- Лонгнекер Д. и Ф.Г. Меркел. 1952. Влияние введения известковых соединений на развитие корневой системы и характеристики почвы. *Soil Sci.* 73:71-74.
- Маршнер Х. 1986. Минеральные питательные вещества для высших растений. Academic Press. Лондон, Великобритания.
- МакСвейн Б.Д., Х.Й. Цудзимото и Д.И. Арнон. 1982. Влияние ионов магния и хлора на индуцированное светом перемещение электронов в мембранных фрагментах сине-зеленой водоросли. *Biochim. Biophys. Acta* 423:313-322.
- Нельсон Д.В. и Л.Е. Соммерс. (1982). Общий углерод, органический углерод и органическое вещество, стр. 539-579. в книге А.Л. Пейдж и соавт. (ред.) Методы анализа почвы. Часть 2. Химические и микробиологические свойства (2-е изд.) Журнал «Soil Science Society of America», Мэдисон, Висконсин, США.
- Олсен С.Р. и Л.Е. Соммерс. 1982. Фосфор, стр. 403- 430. в книге А.Л. Пейдж и соавт. магния на рН почвы, ЕС и распределение взаимозаменяемых
- (ред.) Методы анализа почвы, Часть 2. Химические и микробиологические свойства (2-е изд.) Журнал «Soil Science Society of America», Мэдисон, Висконсин, США. Пратт П.Ф. и Ф.Л. Бейр. 1969. Натриевая опасность бикарбонатной поливной воды. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33:880-883.
- Томас Г.В. 1982. Взаимозаменяемые катионы, стр. 73-126. в книге А.Л. Пейдж и соавт. (ред.) Методы анализа почвы, Часть 2. Химические и микробиологические свойства (2-е изд.) Журнал «Soil Science Society of America», Мэдисон, Висконсин, США. Тисдейл С.Л., В.Л. Нельсон и Дж.Д. Битон. 1985. Плодородие почвы и удобрения. Macmillan Publishing Co.. Нью Йорк, США.
- Ван Лиероп В. 1990. рН почвы и определение необходимости внесения известковых соединений, стр. 73-126. В книге Р.Л. Вестерман и соавт. (ред.) Проверка почвы и анализ растений. Журнал «Soil Science Society of America», Мэдисон, Висконсин, США.



## 배추에 대한 황산고토와 수산화고토의 비효 비교

이상조 · 이승호 · 신현진 · 조현종<sup>1</sup> · 김복진 · 정종배<sup>1</sup>

영남대학교 생물자원학부, <sup>1</sup>대구대학교 생명환경학부

최근 고토비료로 등록된 수산화고토는 황산고토와 비교할 때 용해도가 매우 낮으며 토양반응에 미치는 영향 측면에서도 다른 특성을 가지고 있다. 본 연구에서는 이들 두 가지 고토비료를 표준시비량인 300 kg MgO ha<sup>-1</sup> 수준으로 처리한 경산통 토양에서 배추 재배하여 그 비효를 비교하였다. 수산화고토는 배추의 엽수와 생체중을 증가시키는 효과를 보였으나, 생육 전반에 미치는 효과에 있어서는 황산고토와 비교할 때 통계적으로 유의성 있는 차이를 보이지는 않았다 ( $p \leq 0.05$ ). 배추의 마그네슘 함량은 생육초기에는 황산고토 처리구에서 높았으나 수확기에 조사된 결과에서는 수산화고토 처리구에서 높았으며, Ca, P, 및 K 함량은 황산고토에 비하여 수산화고토 처리구에서 높았다. 그러나 비중간의 이들 양분 흡수의 차이는 통계적으로 유의하지 못하였다. 황산고토를 처리한 토양의 pH는 대조구에 비하여 낮아졌으나, 수산화고토 처리구에서는 pH가 높아졌고 유효인산 함량 또한 증가하였다. 침출성 Ca 함량은 수산화고토 처리구에 비하여 황산고토 처리구에서 낮게 나타났다. 토양반응과 양분의 유효도에 미치는 영향의 차이는 비중간의 화학적 특성 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서 동일한 수준으로 사용할 때, 수산화고토와 황산고토의 작물에 대한 비효는 대등한 것으로 결론지을 수 있으며, 산성토양이나 용탈이 쉽게 일어날 수 있는 사질 토양에서는 산성비료이며 수용성인 황산고토보다 수산화고토의 사용이 유리할 것으로 판단된다.

---