

ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ МАГНИЕМ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

О.М. Таврыкина, И.М. Богдевич, В.А. Довнар, Е.С. Третьяков
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время магний рассматривают как полифункциональный элемент питания: он выполняет структурообразующую роль, входя в состав органелл, клеток, мембран, клеточных стенок, и важную функциональную роль в составе большого числа ферментов (около 300). Связь этого элемента с деятельностью ферментов в значительной степени определяет его участие в обмене веществ в растениях и в биохимических процессах. Он входит в состав хлорофилла, фитина и ряда других важных соединений в растениях. Очень велика его роль в образовании и развитии генеративных органов [6, 7, 9, 13, 14, 18].

Дерново-подзолистые почвы Беларуси характеризовались крайне низким наличием магния в поглощающем комплексе. В 80-х годах прошлого столетия средневзвешенное содержание магния в пахотных почвах республики не превышало 56 мг Mg/kg почвы. Интенсивное известкование почв доломитовой мукой в течение 40 лет привело к повышению содержания в почве обменных форм магния более чем в 2 раза. Увеличение средневзвешенного содержания магния в пахотных почвах республики в последние годы несколько замедлилось и достигло уровня 147 мг Mg на кг почвы. Обеспеченность луговых почв магнием продолжает заметно повышаться, а средневзвешенное содержание Mg достигло величины 163 мг на кг почвы [1]. Однако содержание обменного магния по отдельным полям и участкам сильно различается – от 24 до 300 мг/kg почвы. На значительной части площади пахотных земель нарушено требуемое соотношение катионов $Ca^{2+}:Mg^{2+}$, а возделываемые культуры испытывают недостаток или избыток магния для формирования урожайности.

Повышение содержания магния в почве, как и других элементов питания, сопровождается увеличением урожайности сельскохозяйственных культур до определенных оптимальных параметров концентрации магния в почвенном растворе. О возможном негативном действии на развитие растений избытка или несбалансированного содержания магния в почве указывают многие исследователи [2, 4, 5, 7, 10, 13, 14, 19, 22].

В тоже время известно, что магний относится к группе металлов со слабыми фитотоксичными свойствами (наряду с Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Rb^+ , Sr^{2+} , Li^+), которые редко показывают отрицательный эффект даже при уровнях концентрации более 1800 мг/л. Принято считать, что избыточное количество магния способно накапливаться в растениях и оставаться там надолго без ущерба “здоровью клетки” [21, 23].

Многие исследователи процессы магниевой токсичности связывают с недостатком в почве таких катионов, как калия, кальция, аммония и марганца [14, 16, 17, 18, 24, 25,

27, 28]. К.П. Магницкий, W. Bergmann [6, 14] отмечают, что увеличение концентрации калия в питательном растворе уменьшает поступление магния в растение и наоборот. Подобные явления описаны и после внесения больших доз извести.

Таким образом, в научной литературе 60-80 гг. есть ряд ссылок на количественные параметры недостатка обменного магния в почве, вызывающего недобор урожайности ряда зерновых, технических и овощных культур. Отдельные количественные параметры оптимального содержания магния в почвах приводятся по некоторым культурам в источниках последних 20 лет. Однако эти параметры приводятся в крайне широком диапазоне концентраций и соотношения $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ [2, 3, 4, 5, 15, 17, 18]. Параметры избыточного содержания магния в почве не установлены, мнения различных авторов противоречивы. Это подтверждает необходимость установления количественных параметров магниевой диагностики в полевом эксперименте.

Цель исследований – установить параметры количественной зависимости урожайности зеленой массы кукурузы от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и удобрений.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в 2010-2011 годах в модельном стационарном полевом опыте, заложенном в двух полях в СПК «Щеmysлица» Минского района, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных суглинках.

В 2010 году на поле №1, в 2011 году на поле №2 было создано четыре уровня (блока) обеспеченности почвы Mg (1M KCl) – 71-84-181-243 и 76-146-181-235 мг/кг почвы соответственно. Различные уровни содержания обменного магния в почве уже были созданы в предыдущие годы различными дозами доломитовой муки и мела. В последние два года корректировались преимущественно третий и четвертый уровни для создания различий, отражающих агрохимическую пестроту в условиях производства. Для этого использовали сульфат магния $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Содержание обменного кальция выравнивали по каждой деланке путем внесения расчетных доз мела. В результате на поле №1 содержание обменного Ca было выровнено в пределах 908-1145 мг/кг почвы, а на поле №2 - 1002-1122 мг/кг почвы. Таким образом, были созданы контрастные эквивалентные уровни соотношений $Ca^{2+}:Mg^{2+}$: на первом поле – 9,8-7,2-3,0-2,3, на втором поле – 9,0-4,2-3,4-2,7 соответственно. Реакция почв, pH KCl, различалась на данных полях незначительно: в пределах 6,11-6,25 и 6,28-6,42 соответственно. Опытные деланки не имели существенных различий по содержанию подвижных фосфатов, содержание P_2O_5 (0,2 M HCl) на первом поле было в пределах 278-295 мг/кг почвы, а на втором поле – 211-229 мг/кг почвы. Содержание гумуса (по Тюрину) составило по опыту 1,72-2,02%. Различия в содержании подвижных форм калия (K_2O (0,2 M HCl) – 237-313 мг/кг почву) были определенным образом связаны с уровнями содержания конкурирующего катиона магния, о чем будет дополнительно сказано ниже.

Посев гибрида кукурузы Дельфин согласно севообороту на поле №1 был произведен в 2010 году, на поле №2 – в 2011 в оптимальные сроки.

На каждом блоке в обоих полях исследовано действие современного базового варианта системы удобрений и некорневых подкормок 4%-раствором сульфата магния по схеме опыта:

1. Контроль (без удобрений);

2. $N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон;

3. Фон+S₆₀;

4. Фон+S₆₀+Mg₁₀+Mg₁₀.

Минеральные удобрения в виде карбамида, калия хлористого, аммофоса, сульфата аммония внесены весной под предпосевную культивацию согласно схеме опыта. Источником серы в дозе 60 кг/га в варианте 3 был сульфат аммония.

Некорневые подкормки на кукурузе проводились дважды – в стадию раннего развития растений (6-8 листьев) до отбора растительных образцов и перед фазой начала выхода кукурузы в метелку. Агротехника возделывания кукурузы на опытных полях – общепринятая для данной зоны. Учет урожая зеленой массы и зерна кукурузы был проведен методом учетных площадок. Повторность опыта 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки – 12 м², учетная – 8 м².

В образцах растений определяли: сухое вещество – высушиванием в сушильном шкафу; общий азот, фосфор, калий, кальций, магний из одной навески после мокрого озоления – серной кислотой; азот – методом Къельдаля; фосфор – на фотоэлектроколориметре; калий – на пламенном фотометре; кальций и магний на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на компьютере.

Гидротермические условия вегетационных периодов в годы исследования оказались благоприятными для роста и развития кукурузы, что отразилось на показателях урожайности культуры. Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период 2010-2011 годов оказалась выше нормы на 3,5°С и 2,3°С соответственно, количество осадков в отдельные месяцы превышало многолетние показатели в 2 и более раза. Результаты расчета ГТК показали, что май и июнь 2010-2011 годов характеризовались как избыточно увлажненные месяцы (ГТК 1,9-2,6), а июль и август – как благоприятные, с хорошим увлажнением месяца (ГТК 1,3-1,5). ГТК за вегетационный период в 2011 году составил 2,0, в 2010 – 1,7.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Насыщение поглощающего комплекса почвы магнием. Для оценки устойчивости во времени созданных уровней содержания магния в почве образцы почвы были отобраны через 35 дней после внесения сульфата магния, в конце вегетационного периода и через год после внесения (рис. 1). Непосредственно после внесения весь магний перешел в обменное состояние, что подтверждает наличие тесной линейной зависимости повышения содержания обменного магния в почве относительно внесенных доз мелиоранта ($n = 20$, $R^2 = 0,92$, $p = 0,05$). Содержание обменного магния повысилось на 60-120 мг Mg на кг почвы в зависимости от исходного его содержания и количества внесенного сульфата магния. Однако в результате выщелачивания обильными осадками в конце вегетационного периода содержание магния заметно снизилось на обоих полях. Можно считать, что динамическое равновесие по содержанию обменного магния в почве установилось уже в конце периода вегетации, так как уровни содержания обменного магния, определенные через год после насыщения на поле №1, изменились незначительно (рис. 1).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Необходимо отметить, что на низких исходных уровнях содержания магния и при внесении меньших количеств сульфата магния переход оказывался более полным. При внесении 50-100 мг Mg/kg почвы он практически весь перешел в обменное состояние. При более высоких вносимых концентрациях, видимо, при достижении насыщения, часть магния вымывалась, и содержание его повышалось в меньшей степени. Зависимость содержания обменного магния в почве (x) от доз сульфата магния (y) после насыщения описывается полиномиальной кривой второго порядка ($n = 40$, $p = 0,05$) (рис. 2).

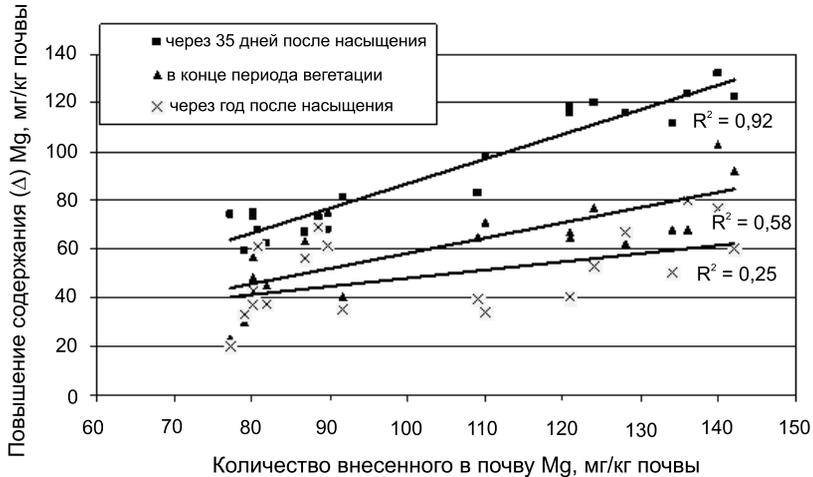


Рис. 1. Динамика повышения содержания обменного магния в почве поля №1 после внесения сульфата магния ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)

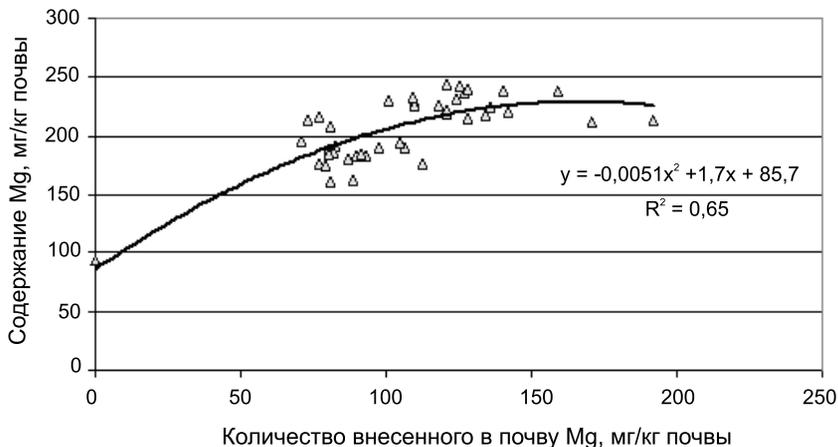


Рис.2. Содержание обменного магния в почве после насыщения участков сульфатом магния

Расход сульфата магния для повышения содержания обменного магния на 1 мг/кг почвы увеличивается по мере насыщения поглощающего комплекса магни-

ем. В нашем эксперименте для этого требовалось 4,0 кг Mg на гектар в диапазоне содержания 90-130 мг Mg на кг почвы, до 7,0 кг Mg/га при содержании Mg в почве 131-180 мг/кг.

Известна активная конкуренция ионов калия и магния при адсорбции поглощающим комплексом почвы [6, 14]. В нашем эксперименте установлена количественная зависимость уменьшения содержания подвижных форм калия при повышении насыщенности почвы обменным магнием (рис. 3).

Это проявилось и на контрольных вариантах, и на вариантах с внесением калийных удобрений. По данным 80 сопряженных учетов зависимость описывается

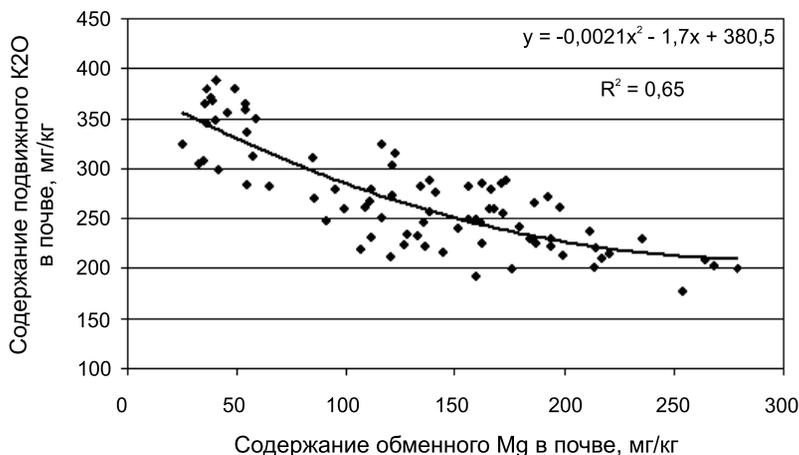


Рис. 3. Корреляционная зависимость между содержанием обменного магния и подвижных форм калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

уравнением $y = 0,021 \cdot x^2 - 1,7 \cdot x + 380,5$, где y – содержание подвижных форм калия, K_2O мг/кг почвы, а x – содержание обменного Mg, мг/кг почвы ($R^2 = 0,65$, $p = 0,05$). По результатам нашего эксперимента по мере повышения содержания магния в почве наблюдалось постепенное снижение содержания калия. Видимо, высокие концентрации Mg^{2+} способствовали вытеснению катионов K^+ из поглощающего комплекса почвы, которые затем вымывались из почвы. Следует отметить, что в условиях легкосуглинистой почвы, богатой калием, даже на самом высоком уровне обеспеченности обменным магнием содержание подвижных форм калия было выше уровня 200 мг K_2O на кг почвы. Однако, на бедных калием почвах высокие концентрации обменного магния могут существенно препятствовать поглощению растениями калия. Подобный антагонизм, существующий между Mg^{2+} и K^+ , был описан в работах авторов Ruan et al и Venkatesan [24, 26].

Урожайность зеленой массы кукурузы. Учет урожайности проведен в фазу молочно-восковой спелости (табл. 1). Урожайность зеленой массы кукурузы на контрольных вариантах повышалась по мере увеличения содержания обменного магния в почве вплоть до уровня 235-243 мг Mg на кг почвы. Прибавка урожайности за счет повышения обеспеченности почвы магнием в среднем за два года составила 112 ц зеленой массы с гектара. Эффективность фонового удобрения $N_{110+30} P_{60} K_{120}$ была наибольшей. Урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за два года повышалась до третьего уровня содержания обменного Mg на 9-20%

2. Плодородие почв и применение удобрений

(181 мг Mg на кг почвы), снижаясь на 5-8% (36-61 ц/га) при повышении уровня обменного магния на 62 мг/кг почвы.

Прибавка урожайности от фонового внесения удобрения $N_{110+30}P_{60}K_{120}$ оказалась наибольшей (108 ц/га) на третьем уровне содержания обменного Mg – 181 мг/ на кг почвы. На четвертом уровне обеспеченности почвы обменным магнием прибавка урожайности от минеральных удобрений снизилась до 59 ц/га. Внесение серы 60 кг/га в составе сульфата аммония было также эффективным на первых трех уровнях содержания обменного магния, обеспечивая небольшие прибавки урожайности зеленой массы – 21-22 ц/га.

Таблица 1

Урожайность зеленой массы кукурузы на разных уровнях обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием

Вариант	Урожайность, ц/га			Прибавка зеленой массы, ц/га от		
	2010 г.	2011 г.	Ø	Mg в почве	N, P, K, (S) удобрений	Mg подкормки
Mg 71, 76 мг/кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 9,8-9,0						
Контроль (без удобрений)	585	578	582	–	–	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	653	669	661	–	79	–
Фон + S ₆₀	673	691	682	–	100	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	706	758	732	–	150	50
Mg 84, 146 мг /кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 7,2-4,2						
Контроль (без удобрений)	676	620	648	66	-	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	712	740	726	65	78	–
Фон + S ₆₀	727	767	747	65	99	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	764	817	791	59	143	27
Mg 181 мг /кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 3,0-3,4						
Контроль (без удобрений)	709	652	681	99	-	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	816	762	789	128	108	–
Фон + S ₆₀	845	776	811	129	130	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	806	812	809	77	128	-2
Mg 243, 235 мг/кг почвы; Ca²⁺:Mg²⁺ = 2,3-2,7						
Контроль (без удобрений)	718	670	694	112	-	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	758	748	753	92	59	–
Фон + S ₆₀	763	737	750	68	56	–
Фон + S ₆₀ + Mg ₁₀₊₁₀	721	726	724	-8	30	-26
НСР ₀₅ варианты уровни				34,2 38,3	19,7 22,8	19,3 21,8

В наших исследованиях наибольшая урожайность кукурузы была получена на удобренных вариантах при эквивалентном соотношении Ca²⁺:Mg²⁺ в почве 3,0-4,2. Расширение этого соотношения до уровня 9,0-9,8 или снижение до уровня 2,3-2,7

сопровождалось недобором урожайности зеленой массы. Вопрос об определении оптимального соотношения между кальцием и магнием для различных культур и для разных почв остается еще открытым. Имеющиеся в научной литературе сведения противоречивы, так как получены в различных, чаще несравнимых условиях. Сложилось мнение, что избыток магния в почве не оказывает отрицательного влияния на урожайность большинства сельскохозяйственных культур до тех пор, пока обменного кальция в почве существенно больше, чем магния. По мнению С.А. Барбера [2], избыток магния не проявляется на снижении урожайности сельскохозяйственных культур пока соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ существенно больше единицы, а оптимальное соотношение находится в пределах 2-7. Однако его значение может изменяться в силу того, что почвы различаются по относительной силе связывания этих элементов на катионообменных частицах.

И.А. Кожуро с соавторами [5] отмечали, что недостаток магния наблюдался при соотношении $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ более 6,1. Jokinen R. [17] считает, что оптимальное соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ для плодородных почв Финляндии равно 6. В исследованиях McLean et al [21] при отборе сопряженных образцов почвы и растений на разных почвах было выявлено, что как высокие, так и низкие урожаи кукурузы встречаются при весьма широком соотношении $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ в почве 5,0-16,1. В публикациях [15-16] подчеркивается, что соотношение $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ в почве может быть значимым для влияния на урожайность культур только в сочетании с конкретной концентрацией в почве обоих катионов.

Некорневые подкормки растворами сульфата магния в наших опытах подтвердили недостаток магния для растений на первых двух уровнях. Прибавки урожайности от некорневых подкормок были значительными по двум годам исследований только при низком и среднем содержании обменного Mg в диапазоне 76-146 мг/кг почвы. На повышенном и высоком уровнях обеспеченности почвы обменным магнием некорневые подкормки были неэффективными или сопровождались снижением урожайности зеленой массы кукурузы.

Наряду с определением обменных форм магния в почве, необходимых для определения обеспеченности растений этим элементом, большое значение имеет и растительная диагностика недостатка или избытка магния. В нашем опыте был произведен отбор растений кукурузы на стадии развития 6-8 листа для определения в них элементов минерального питания.

Содержание магния в листьях кукурузы в удобренном базовом варианте повышалось в годы исследований в 1,6-1,8 раза по мере повышения содержания обменного магния в почве с 71-76 до 235-243 мг/кг почвы (рис. 4А).

Известно, что Mg^{2+} является одним из основных катионов, а его доступность напрямую зависит от катионообменной емкости почвы и влияния конкурирующих катионов Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} . В то же время, повышение концентрации магния в питательной среде снижает поступление конкурирующих катионов в растение, в первую очередь – калия и кальция [14, 19].

В нашем эксперименте повышение концентрации обменного магния в почве сопровождалось снижением содержания калия и кальция в листьях кукурузы (рис. 4Б). При повышении содержания обменного Mg с 71-76 до 235-243 мг на кг почвы содержания K и Ca в листьях снижалось: с 5,01 до 4,52% и с 0,42 до 0,30% сухого вещества соответственно. Приведенные данные говорят об имеющейся перспективе разработки растительной диагностики магниевых питания растений кукурузы.

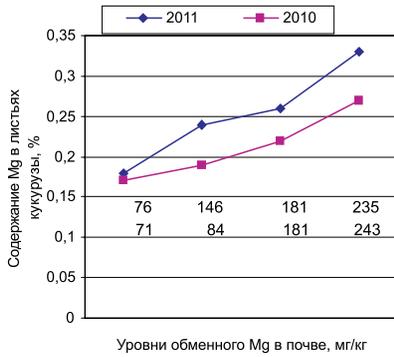


Рис. 4А. Содержание Mg в листьях кукурузы (стадия 6-8 листьев) при различной обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием (вариант $N_{140}P_{60}K_{120}S_{60}$)

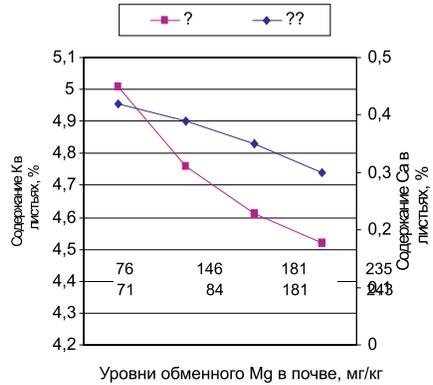


Рис. 4Б. Содержание K и Ca в листьях кукурузы (стадия 6-8 листьев) при различной обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием (вариант $N_{140}P_{60}K_{120}S_{60}$) (среднее за 2010-2011 гг.)

ВЫВОДЫ

1. Повышение содержания обменного магния в модельном опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в диапазоне 76-235 мг Mg на кг почвы за счет внесения сульфата магния сопровождалось снижением содержания подвижных форм калия с уровня 300-350 до 200-250 мг K_2O на кг почвы.

2. По данным двухлетнего опыта установлено повышение урожайности зеленой массы кукурузы на 11-19% за счет повышения содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в диапазоне 73-181 мг Mg^{2+} на кг почвы. Дальнейшее повышение содержания Mg^{2+} до уровня 235-243 мг/кг почвы приводило к снижению урожайности кукурузы на 5-9%.

3. Получены существенные прибавки урожайности зеленой массы кукурузы от некорневых подкормок раствором сульфата магния – 50-27 и от серосодержащего удобрения – 21 ц/га при низком и среднем содержании обменного магния в почве. При повышенном и высоком содержании обменного магния (181-235 мг Mg на кг почвы) применение некорневых магниевых подкормок кукурузы неэффективно.

4. Повышение содержания обменного магния в почве приводило к увеличению содержания его в листьях кукурузы в 1,6-1,8 раза на ранней стадии развития, в фазе 6-8 листьев. Установлено также снижение содержания конкурирующих катионов кальция и калия в растениях кукурузы по мере повышения содержания обменного магния в почве. Отмеченные закономерности говорят о перспективе разработки растительной диагностики магниевых питания кукурузы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск.: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.

2. Барбер, С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход / С.А. Барбер; под ред. Э.Е. Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
3. Глазкова, Л.Н. Магний в почвах Белорусского Полесья: автореф. дис.... канд. биол. наук: 06.01.03 / Л.Н. Глазкова; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М., 1981. – 22 с.
4. Детковская, Л.П. Потребление магния растениями и его баланс в пахотных почвах БССР / Л.П. Детковская, Н.Е. Мирейко. – Минск, 1977. – С. 149-151.
5. Содержание магния и оптимальные параметры плодородия почв / И.А. Кожуро [и др.]. – М.: Колос, 1984. – С. 162-172.
6. Магницкий, К.П. Магниевые удобрения / К.П. Магницкий. – М.: Колос, 1967. – 200 с.
7. Мазаева, М.М. О критическом содержании магния в почвах / М.М. Мазаева // Агрохимия. – 1967. – № 10. – С. 93-105.
8. Мелехов, В.В. Руководство по возделыванию кукурузы на зерно / В.В. Мелехов [и др.]. – Волгоград, 2003. – 123 с.
9. Прокошев, В.В. Магниевые удобрения в интенсивном земледелии. Обзорная информация / В.В. Прокошев [и др.] // ВНИИТЭИагропром, 1987. – 51 с.
10. Рекомендации по применению магниесодержащих удобрений в Московской области в условиях интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. – М., 1988. – 23 с.
11. Трещов, А.Г. Влияние магниевых удобрений на качество урожая сельскохозяйственных культур / А.Г. Трещов // Бюл. ВИУА им. Д.Н. Прянишникова; редкол.: В.Д. Панников [и др.]. – М., 1978. – № 39. – С. 76-78.
12. Шкляев, Н.И. Магний в жизни растений / Н.И. Шкляев. – М.: Наука, 1981. – 96 с.
13. Aikawa, J.K. The Role of Magnesium in Biological Processes / J.K. Aikawa, I.L. Springfield, C. Charles // Thomas Publisher, 1975. – P. 3-14.
14. Bergmann, W. Nutritional disorders of plants – development, visual and analytical diagnosis / W. Bergmann [et al.] // Stuttgart, New York. – 1992. – 234 p.
15. Brady, K.U. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils / K.U. Brady, A.R. Kruckeberg, H. Bradshaw // Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst., 2005. – P. 36: 243-266.
16. Calcium Magnesium Ratio [Electronic resource]. – Mode of access: <http://blog.calciumproducts.com/posts/calcium-magnesium-ratio.cfm>
17. Jokinen, R. The magnesium status of Finnish mineral soils and the requirement of the magnesium supply / R. Jokinen // Magnesium Bulletin. – 1981. – № 3. – P 1-5.
18. Kirkby, E.A. The role of magnesium in plant nutrition / E.A. Kirkby, K.Z. Mengal // Pflanzern, Bodenk. – 1976. – P. 209-222.
19. Loide, V. The content of available magnesium of Estonian soils, its ratio to potassium and calcium and effect on the field crops. Thesis for the degree of D. Agr.Sc / V. Loide // Tartu, 2002. – 118 p.
20. Marler, T.E. Solution pH influences on growth and mineral element concentrations of 'Waimanalo' papaya seedlings / T.E. Marler // J. Plant Nutr. – 1998. – P. 21:2601-2612.
21. McLean, E.O. Basic cation saturation rations as a basis for fertilizing and liming agronomic crops. II. Field studies / E.O. McLean [et al.]. – Agronomy Journal. – 1983. – P. 75: 635-639.

22. Munson, R. Rd. Interaction of potassium and other ions / R. Rd. Munson [et al.] // Madison, Wisconsin USA. – 1968. – P. 321-353.
23. Rehm, G. Magnesium for crop production in Minnesota / G. Rehm, C. Rosen, M. Schmitt // University of Minnesota, 2002. – 3 p.
24. Ruan, J.Y. Effect of potassium, magnesium and sulphur applied in different forms of fertilisers on free amino acid content in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.) / J.Y. Ruan [et al.] / J. Sci. Food Agric., 1998. – 76. – P. 389-396.
25. Simson, CR. Effect of varying Ca:Mg ratios on yield and composition of corn (zea mays) and alfalfa (medicago sativa) / CR. Simson, R. Corey, M. Sumner // Commun. in soil science and plant analysis, 1979. - № 10 (1&2). – P. 153-162.
26. Venkatesan, S. Characterisation of magnesium toxicity, its influence on amino acid synthesis pathway and biochemical parameters of tea / S.Venkatesan, S. Jayaganesh / Research Journal of Phytochemistry, 4, 2010. – p. 67-77.
27. Walworth, J.L. A re-examination of optimum foliar magnesium levels in corn / J.L. Walworth, S. Ceccotti // Commun. Soil Sci. Plant Anal. – 1990. – 21(13-16). – P. 1457-1473.
28. Welte, E. Potassium-magnesium antagonism in soils and crops / E. Welte, W. Werner // J. Sci. Food Agric. – 1963. – P. 186-187.

THE YIELD OF CORN GREEN MASS IN RELATION TO LEVELS OF EXCHANGEABLE MAGNESIUM IN THE PODZOLUVISOL LOAM SOIL AND FERTILIZERS

O.M. Tavrykina, I.M. Bogdevich, V.A. Dovnar, E.S. Tret'yakov

Summary

The two years studies of green mass corn yield responses in model field experiment with four different levels of exchangeable magnesium content in soil has been presented. It was found the positive yield response on 11-19% in the limits of Mg content 73-181 mg kg⁻¹ of soil. Further increase of Mg content in soil up to 235-243 mg kg⁻¹ was excessive, it followed by reduction of green mass yield on 5-9%. Significant yield response to foliar spray of Mg fertilizer was noted only on low and medium content of exchangeable Mg in soil.

Поступила 10 апреля 2012 г.

УДК 633.854.54:[631.82+661.162.6]

АГРОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА ЛЬНЕ МАСЛИЧНОМ

Ю.С. Корнейкова, А.А. Ходянков

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Лен масличный является одной из перспективных сельскохозяйственных культур комплексного использования. Возделывается в основном для получения