

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. М. МАШТАКОВ и С. М. ГОЛЬДИНА

МЕДЬ, МАРГАНЕЦ И ЖЕЛЕЗО В РАСТЕНИЯХ КОК-САГЫЗА

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 27 V 1950)

Медь, марганец и железо относятся к микроэлементам, которые в жизни растений играют существенную роль. Как известно ⁽¹⁾, при отсутствии микроэлементов или недостаточном наличии их в питательном растворе растения нормально развиваться не могут, так же как и в отсутствие макроэлементов.

На торфяных почвах, где кок-сагыз дает высокие урожаи, среди микроэлементов особенно большое значение имеет медь. Недостаток меди в почве приводит к задержке роста и снижению урожая растений ⁽²⁾. Внесением 6—8 кг меди на 1 га торфяной почвы (в виде пиритного огарка или сернокислой меди) обеспечивается нормальный урожай сельскохозяйственных растений в течение 4—5 лет. Указывается ⁽³⁾, что внесение меди на некоторых низинных торфяниках под кок-сагыз приводит к увеличению урожая корней на 16—20 центнеров с каждого гектара.

Однако, микроэлементы представляют интерес не только как фактор повышения урожая кок-сагыза. Являясь положительными катализаторами окисления углеводорода каучука (т. е. веществами, ускоряющими процессы самоокисления каучука), накапливаясь в том или ином количестве в растениях, микроэлементы могут оказать отрицательное действие на качество товарного каучука, добываемого из корней кок-сагыза. Медь, марганец и железо, содержащиеся в каучуке, могут ускорять процессы его окисления, осмоления и понижать стойкость к старению, но степень этих изменений будет зависеть от количества ионов этих веществ, содержащихся в каучуке. В связи с отрицательным действием микроэлементов на товарный каучук высказываются возражения против внесения медных удобрений под кок-сагыз на торфяных почвах. Поэтому при решении данного вопроса весьма важно знать количественное содержание микроэлементов не только в растениях кок-сагыза, но и в каучуке, выделенном из корней кок-сагыза.

Для выяснения затронутого вопроса мы проводили в 1949 г. опыты на торфяной почве Минской болотной опытной станции. На всей площади участка как фон были внесены удобрения в количестве (из расчета на гектар): P_2O_5 — 120 кг; K_2O — 90 кг и N — 30 кг. На этом фоне вносились медьсодержащие удобрения: медный купорос от 12,5 до 100 кг на га и пиритный огарок в количестве 500—1000 кг на га. Площадь делянок была 25 м² при 4-кратной повторности. Посев производился стратификационными семенами (сорт 485) гнездовым способом 22 IV 1949 г. Норма высева 3,0 кг сухих семян 100% хозяйственной годности на гектар. Растения для анализа выкапывались 19 X. Определение количественного содержания меди производилось колориметрическим родано-пиридиновым методом; марганец определялся колориметрическим персульфатным методом ⁽⁴⁾; железо — объемным иодометрическим методом ⁽⁵⁾.

Проведенный нами химический анализ торфяной почвы перед закладкой опытов показал следующее содержание микроэлементов (в процентах к абсолютно сухой почве): Си — 0,00076, Мп — 0,043, Fe — 1,8.

На опытных делянках в течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения и учитывалось накопление органического вещества корней и листьев кок-сагыза по пяти срокам. Результаты по всем вариантам опыта получились одинаковыми, что подтверждается также данными о конечном урожае корней и их каучуконосности (табл. 1).

Таблица 1

Урожай и каучуконосность кок-сагыза по разным дозам медных удобрений

Варианты опыта	Вес корней в кг с площади 100 м ²	В % к сух. веществу	
		каучук	смолы
1. Без внесения медных удобрений (контроль)	82,0	8,27	1,53
2. Медный купорос 12,5 кг/га	82,4	—	—
3. " " 25,0 "	82,0	8,00	1,55
4. " " 100,0 "	81,2	8,22	1,57
5. Пиритный огарок 500,0 кг/га	82,4	8,49	1,36
6. " " 1000,0 "	82,0	—	—

Цифры табл. 1 показывают, что в условиях нашего опыта внесение в торфяную почву различных доз медных удобрений (в форме сернокислой меди и пиритного огарка) не отражается на урожае корней кок-сагыза. Большие дозы меди (до 100 кг медного купороса на гектар) не оказывали угнетающего действия на рост и развитие кок-сагыза, но и не увеличивали урожая корней. Очевидно, обнаруженная нами в контрольных вариантах медь в количестве 0,00076% вполне обеспечивала необходимую потребность растений в этом питательном элементе, а отсутствие угнетения растений можно объяснить огромной поглощательной способностью торфяных почв, нейтрализующей вредное действие больших доз медных удобрений. Учитывая, что некоторые торфяники (особенно пойменные) содержат медь в количестве больше, чем 0,00076% (в два и более раза), то для кок-сагыза внесение в почву медьсодержащих удобрений будет целесообразно далеко не во всех случаях. В связи с этим представляет интерес изучить влияние на урожай кок-сагыза еще более малых количеств меди и тем самым установить потребность растений в этом необходимом элементе минерального питания на торфяных почвах.

Для определения общего (валового) содержания изучаемых нами микроэлементов были произведены анализы корней и листьев кок-сагыза по трем вариантам опыта: вариант № 1 (контроль), вариант № 4 (100 кг медного купороса на гектар) и вариант № 6 (1000 кг пиритного огарка на га). Одновременно производилось определение количества воднорастворимых соединений меди, марганца и железа. Водные вытяжки получались путем настаивания в дистиллированной воде сухих мелкоизмельченных органов растений в течение 24 часов при комнатной температуре, при соотношении сухого вещества к воде 1 : 30. Результаты этих анализов сведены в табл. 2.

Данные табл. 2 показывают, что валовое содержание изучаемых микроэлементов как в корнях, так и в листьях различно. В корнях меньше всего обнаружено марганца (от $2,0 \cdot 10^{-4}$ до $5,4 \cdot 10^{-4}\%$), в листьях меди (от $11,0 \cdot 10^{-4}$ до $16,0 \cdot 10^{-4}\%$). Количество железа превышает содержание меди и марганца в несколько десятков раз. Так например, по

Таблица 2

Количественное содержание микроэлементов в растениях кок-сагыза

(в % к абс. сух. веществу)

Варианты опыта	Органы	Валовое содержание			Растворимых в воде		
		медь	марганец	железо	медь	марганец	железо
1. Контроль	Корни	0,00088	0,00020	0,0238	0,00087	0,00008	следы
	Листья	0,0011	0,0030	0,0630	0,0009	0,00065	"
2. Медный купорос 100 кг/га	Корни	0,0011	0,00048	0,0240	0,00096	0,00017	"
	Листья	0,0016	0,0033	0,0630	0,0022	0,00065	"
3. Пиритный огарок 1000 кг/га	Корни	0,00088	0,00054	0,0242	0,00077	0,00027	"
	Листья	0,0012	0,0041	0,0634	0,00085	0,0015	"

первому варианту опыта (контроль) количество железа превышало количество меди в корнях в 27 раз, а в листьях — в 57 раз. Внесение в почву меди в избыточных дозах очень мало отражается на поступлении меди в растения по медному купоросу и совсем не увеличивает поступления меди в растения кок-сагыза по пиритному огарку. Не наблюдается также увеличения поступления железа, содержание которого в растениях одинаково по всем вариантам опыта. Что касается марганца, то поступление его в растения, наоборот, увеличивается при внесении медных удобрений в почву в 2,5 и более раза.

Определение микроэлементов в водных экстрактах из высушенных органов растений показало, что большая часть медных соединений в растениях находится в воднорастворимой форме. Соединения марганца, обнаруживаемые в ощутимых количествах в водном растворе, находятся в растениях большей частью в нерастворимой форме. Наконец, соединения железа переходят в водный раствор в настолько ничтожных количествах, что они не поддаются учету.

Эти данные позволяют сделать заключение, что среди изучаемых микроэлементов железо в растениях кок-сагыза находится преимущественно в прочно связанном состоянии, в то время как медь находится в растениях большей частью в виде свободных ионов. Марганец в этом отношении занимает промежуточное положение.

В дальнейшем мы производили определения количественного содержания золы и микроэлементов в коагулированном млечном соке, в каучуке, осажденном уксусной кислотой из млечного сока, и в товарном каучуке, извлеченном из корней кок-сагыза в шаровой мельнице. Определения производились по двум вариантам опыта: № 1 (контроль) и № 4 (100 кг/га медного купороса). Результаты сведены в табл. 3.

Данные табл. 3 показывают, что каучук, выделенный из млечного сока (латекса), практически микроэлементов не содержит. Совпадающие цифры по содержанию меди и железа в коагулированном млечном соке и в серуме латекса, а также полное отсутствие указанных элементов в каучуке, полученном из латекса, говорят о том, что микроэлементы в млечном соке локализируются не в каучуковых глобулах, а в дисперсионной среде латекса (серуме). Процентное содержание меди в млечном соке совпадает с процентным содержанием ее в корнях. Повидимому, большая часть соединений меди в растениях кок-сагыза содержится в млечном соке, чего нельзя сказать про соединения железа, процентное содержание которых в млечном соке почти в четыре раза меньше, чем в корнях. Несмотря на это, количественное содержание железа в латексе превышает содержание меди в 6—9 раз. Еще большая разница в количественном содержании меди и железа наблюдается в каучуке, полу-

Таблица 3

Валовое содержание золы и микроэлементов в растениях
кок-сагыза
(в % к абс. сух. веществу)

Объект исследования	Зола		Медь		Марганец		Железо	
	Контроль	Медный купорос (100 кг/га)	Контроль	Медный купорос (100 кг/га)	Контроль	Медный купорос (100 кг/га)	Контроль	Медный купорос (100 кг/га)
Листья	14,2	14,1	0,0011	0,0016	0,0030	0,0033	0,0630	0,0630
Корни	3,1	3,2	0,0008	0,0011	0,00020	0,00048	0,0238	0,0240
Млечный сок . . .	1,40	1,30	0,0007	0,0010	не опред. не опред.		0,0063	0,0063
Серум	1,05	0,96	0,0007	0,0010	" "	" "	0,0063	0,0063
Каучук из млечного сока . . .	0,35	0,34	0,0	0,0	" "	" "	следи	следи
Каучук, полученный из корней в шаровой мельнице	1,80	2,40	0,00018	0,00020	0,0012	0,0013	0,01	0,01

ченном из корней в шаровой мельнице. Цифры табл. 3 показывают, что процентное содержание железа в таком каучуке превышает содержание меди в 50 раз. Содержание марганца занимает промежуточное положение между медью и железом и выражается тысячными долями процента ($1,2 \cdot 10^{-4} \%$). Следовательно, получение каучука из корней кок-сагыза путем применения шаровых мельниц не обеспечивает удаления микроэлементов из товарного каучука. Наличие в каучуке меди, прежде всего, связано с недостаточно полным удалением из каучука растительных тканей. Наши специальные опыты по определению меди в каучуке показали, что чем лучше удалены растительные ткани из каучука, тем меньше он содержит меди. После тщательного и почти полного удаления растительных остатков из каучука, медные соединения в нем обнаружены не были.

Относительно малое содержание меди как в растениях кок-сагыза, так и в каучуке, добытом из них, дает основание предполагать, что едва ли медь непосредственно может оказать существенно отрицательное действие на качественные показатели каучука. Однако, присутствие в каучуке меди, а также и марганца, как известно, может усиливать каталитическую активность железа, содержание которого в каучуке обнаруживается в относительно больших количествах (0,01 %).

Очевидно, из числа содержащихся в каучуке положительных катализаторов его окисления наибольшее значение имеет железо. Поэтому вопрос о сохранении высоких качественных показателей каучука, полученного из корней кок-сагыза, непосредственно связывается с изучением способов удаления из каучука прежде всего железа, в связи с чем дальнейшие усилия исследователей должны быть направлены, главным образом, к устранению вредного действия именно этого элемента.

Институт мелиорации
водного и болотного хозяйства
Академии наук БССР

Поступило
27 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. А. Максимов, Краткий курс физиологии растений, 1948. ² М. М. Окунцов, Автореферат диссертации, Томск, 1949. ³ С. Г. Скоропанов, Б. Б. Бельский и С. М. Маштаков, Кок-сагыз, Изд. АН БССР, 1949. ⁴ А. К. Лаврухина, Об. Методы определения микроэлементов, под ред. А. П. Виноградова, Изд. АН СССР, 1950. ⁵ Н. Н. Иванов, Методы физиологии и биохимии растений, Сельхозгиз, 1946.