

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Я. М. ГЕЛЛЕРМАН

**ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
НА КОРНЕВОЕ ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ**

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

Органические вещества, будучи внесены в почву, могут оказать определенное влияние на растения только после переработки их почвенными микроорганизмами. В связи с этим представляет большой интерес изучение влияния промежуточных продуктов разложения органических веществ на корневое питание растений и урожай (⁵, ⁶). В наших опытах изучалось влияние отдельных низкомолекулярных промежуточных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов на корневое питание и урожай растений овса, выращиваемых на красно-земе.

Были испытаны уксусная и масляная кислоты, этиловый и бутиловый спирты. Эти вещества вносились в сосуды с поливной водой в течение всего вегетационного периода малыми количествами, не оказывающими непосредственно вредного действия на растения. Общее количество вносимых в сосуды за весь период опыта органических веществ (за исключением этилового спирта) не превышало количества органических корневых выделений, достигающих 10—15 и больше процентов от сухого веса растений (¹). Таким образом наши опыты приближались к естественным условиям взаимоотношений растений, микроорганизмов и почвы. В этих условиях все испытанные нами органические вещества понижали вес растений овса.

Дозы органических веществ для наших опытов были установлены в следующем эксперименте. Проростки овса высаживались в литровые сосуды на питательную смесь Кнопа. В начале наиболее интенсивного роста (выхода в трубку) в сосуды по вариантам вносились органические веществ в концентрациях от 1 до 20 мМ на литр. Через 15 дней проводился учет. Вредное влияние ясно сказалось на росте, окраске, тургоре, общем внешнем виде растений. Мы избрали для опытов предельные, еще безвредные для растений овса дозы органических веществ (см. табл. 1).

Методика. Растения овса (по 6 растений на сосуд) выращивались в литровых стеклянных сосудах, наполненных чаквинским красно-земом, тщательно очищенным от корешков и других органических остатков, в смеси с промытым и прокаленным песком (100 г краснозема на 1 кг песка). Добавление песка сделано для более четкого выявления действия вносимых в сосуды органических веществ. Во все сосуды вносилась полная питательная смесь Кнопа. Фосфор вносился в поглощенном красноземом состоянии, для чего краснозем предварительно насыщался водным раствором фосфора (KH_2PO_4). Внесение растворов органических веществ началось с момента появления всходов.

Соответствующая для каждого сосуда доза органического вещества вносилась не сразу, а делилась на 10 равных частей, вносившихся с

Таблица 1

Влияние органических веществ на вес растений овса, подвижность алюминия и железа и pH почвенного раствора

Схема опыта	Полные дозы орган. веществ, вносимых в сосуды за весь период вегетации		Колич. орган. веществ, вносимых в один прием в г	Вес наземной части растений на сосуд		рН водной вытяжки из почвы в сосудах			Количество подвижного Al и FeO в сосудах					
	мм	г		г	%	в начале опыта	в момент полива орган. веществ	в конце опыта	в момент полива полн. дозы орган. веществ в мг на 100 г почвы		Al ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	FeO
Без органического вещества .	0,0	0,0	0,0	100	4,8	4,8	4,9	следы	следы	нет	следы	нет		
Уксусная к-та	3,0	0,180	0,018	83	4,8	4,7	4,9	0,2	0,2	"	"	"		
Масляная "	2,0	0,176	0,017	70	4,8	4,7	4,9	0,2	0,2	"	"	"		
Этиловый спирт	20,0	0,922	0,092	83	4,8	4,8	5,0	следы	следы	"	"	"		
Бутиловый "	3,0	0,222	0,022	74	4,8	4,9	4,8	"	"	"	"	"		

поливной водой через каждые 4 дня. Всего полив растворами органических веществ длился 40 дней. На 45-й день с момента появления всходов надземные части растений были срезаны, высушены и взвешены. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Данные табл. 1 показывают, что использованные в нашем опыте органические вещества понижали вес растений. Так как красноземы богаты полуторными окислами и обладают кислой реакцией, мы исследовали влияние вносимых органических веществ на pH почвенного раствора и подвижность алюминия и железа.

Как видно из табл. 1, смещение pH почвенного раствора в сосудах, в которые вносились органические вещества, по сравнению с контролем незначительно и, следовательно, не может служить причиной понижения веса растений.

Мы определили также влияние внесенных органических веществ в момент полива на содержание подвижного Al и FeO в почвенном растворе. Эти определения проводились следующим образом: 40-граммовые навески краснозема помещались в колбочки и заливались 100 мл раствора используемых в опыте органических веществ в количествах, соответствующих их полным дозам. Колбы встряхивались в течение часа и после отстаивания муты в прозрачной равновесной жидкости определялись подвижный Al и FeO. Определения подвижного Al и FeO проводились колориметрическим методом ^(2, 3) при узком отношении почвы к растворителю 1:2,5.

Данные табл. 1 показывают, что уксусная и масляная кислоты повышали содержание подвижного Al в почвенном растворе, FeO не был обнаружен. Это дало нам основание считать, что понижение веса растений в сосудах, поливавшихся уксусной и масляной кислотами, может явиться следствием вытеснения ими в раствор подвижного Al,

понижающего доступность фосфора и оказывающего непосредственное вредное действие на растения.

Мы определяли также количество подвижного Al и FeO непосредственно в сосудах в конце опыта (см. табл. 1). Оказалось, что в сосудах, поливавшихся растворами органических веществ, оно не превышало количества в контрольных сосудах. Это, очевидно, связано с тем, что за время опыта внесенные в сосуды органические вещества подвергались полному окислению. В результате была устранена причина, удерживающая подвижный Al в почвенном растворе.

Этиловый и бутиловый спирты не увеличивали количества подвижного Al в почвенном растворе, но тоже снижали вес растений (см. табл. 1). Мы предположили, что в процессе опыта спирты окисляются микроорганизмами почвы до органических кислот ⁽⁴⁾, появление которых, по описанной уже схеме, приводит к понижению веса растений. Для проверки этого предположения нами был поставлен следующий опыт: 40-граммовые навески краснозема помещались в колбы, в которые вносился раствор фосфора (KН₂РO₄) в количестве, соответствующем нашим вегетационным опытам; в другую часть навесок краснозема фосфор не вносился. Затем часть колб, содержащих краснозем, насыщенный фосфором, заливалась дистиллированной водой, другая часть колб заливалась раствором этилового спирта (тройная доза). Увеличенная доза спирта взята для более четкого выявления направления процесса. Во всех колбах краснозем был насыщен дистиллированной водой до 100% от полного насыщения.

После этого колбы закрывались ватными пробками и ставились в термостат с температурой 25°. После 7-дневного пребывания в термостате в колбы дополнительно было влито по 70 мл воды и они встряхивались в течение часа. После оседания мути в прозрачном равновесном растворе определялось количество подвижного Al и рН. Результаты опыта приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, компостирование краснозема с водой (контроль) не вызывало никаких изменений. В колбах, где краснозем компостировался с этиловым спиртом, произошли заметные изменения. В вариантах с красноземом без внесения фосфора рН понизился и появился подвижный Al. В вариантах с красноземом, предварительно насыщенным фосфором, содержание подвижного Al было не выше, чем в контроле, а рН стал даже выше, чем в контроле. Это дало нам основание считать, что этиловый (и аналогично бутиловый) спирт окислился почвенными микроорганизмами до органических кислот, которые по вышеописанной схеме привели к появлению подвижного Al, понизившего вес растений овса (см. табл. 1).

Результаты описанного опыта приводят нас к заключению, что в кислой, богатой полуторными окислами почве, в обычных условиях влажности и аэрации почвы, возможно появление органических кислот как промежуточных продуктов разложения органических веществ. Эти кислоты, вытесняя подвижный Al в почвенный раствор, являются косвенно-биологическим фактором понижения доступности растениям

Таблица 2
Влияние компостирования краснозема с этиловым спиртом на подвижность Al и рН

Схема опыта	рН равновесного раствора в конце опыта	Количество Al_2O_3 в мг на 100 г почвы
	краснозем	
Краснозем + вода (контроль):		
без внесения фосфора	5,5	следы
с фосфором	5,5	"
Краснозем + этиловый спирт (3 дозы):		
без внесения фосфора	5,35	0,1
с фосфором	5,7	следы

фосфора. Ввиду теоретического и практического интереса, которое представляет описанное явление, мы попытались вычленить явление косвенно-биологического связывания фосфора от биологического связывания его в почве. Это было сделано при помощи следующего опыта. 4-граммовые навески краснозема помещались в колбы и компостировались с глюкозой. При этом почва насыщалась дистиллированной водой до полной влагоемкости. Колбы закрывались ватными пробками и ставились в термостат с температурой 25°. По прошествии 17 дней почва в колбах оказалась значительно подсохшей. В связи с этим в колбы было дополнительно влито по 100 мл дистиллированной воды и они были оставлены в термостате еще на сутки. Затем из всех колб

Таблица 3

Влияние продуктов компостирования глюкозы с красноземом на динамику фосфора в водном растворе

Схема опыта	рН компоста в конце опыта	Количество FeO и Al_2O_3 в равновесной жидкости в мг на 100 г краснозема		Количество P_2O_5 в мг/л	
		Al_2O_3	FeO	в водном растворе KH_2PO_4	в водном растворе + равновесная компостная жидкость
Краснозем + вода (контроль)	5,2	следы	нет	0,72	0,70
Краснозем + 0,1 г глюкозы	5,1	0,2	0,3	0,72	0,62
Краснозем + 1,0 г глюкозы	4,5	0,5	0,7	0,72	0,33

было взято пипеткой по 50 мл равновесной, свободной от мути жидкости, которая вливалась в другие колбы, содержащие по 50 мл водного раствора фосфора (KH_2PO_4) известной одинаковой концентрации. Несколько минут колбы встряхивались и оставлялись на один час в покое, после чего содержимое колб фильтровалось и в фильтрате определялось содержание фосфора колориметрическим методом Дениже в модификации

Малюгина и Хреновой. Результаты опыта приведены в табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, увеличение количества глюкозы, компостированной с красноземом в аэробно-анаэробных условиях, ведет к понижению рН и увеличению в почвенном растворе количества подвижного Al и FeO. Этот обогащенный полуторными окислами раствор, будучи прилит в колбы с раствором известной концентрации фосфора, понижал его содержание в растворе соответственно увеличению количества полуторных окислов в равновесном почвенном растворе.

Этот опыт был проведен в условиях, исключающих биологическое связывание фосфора. Он четко показал, что косвенно-биологическое связывание фосфора является следствием возможного появления и временного накопления в кислой, богатой полуторными окислами почве органических кислот как продуктов распада глюкозы, которые приводят к появлению подвижных форм Al и FeO, понижающих доступность фосфора растениям, и к другим вредным для растений явлениям.

В заключение выражаю благодарность проф. М. В. Федорову за консультацию.

Московская сельскохозяйственная академия
им. К. А. Тимирязева

Поступило
27 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. В. Федоров, Микробиология, 13, в. 5, 199 (1944). ² А. Г. Дояренко, Бюлл. Ин-та зернового хоз. юго-востока, № 1, 15 (1945). ³ Е. В. Кулаков, Диссертация, Московская с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева, 1948. ⁴ М. В. Федоров, Микробиология, 18, в. 4, 303 (1949). ⁵ И. С. Кауричев, Диссертация, Московская с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева, 1947. ⁶ Я. М. Геллерман, Докл. ТСХА, в. 4, 118 (1946).