

УДК 633:631.417.2

ВЛИЯНИЕ ФУЛЬВОКИСЛОТ НА УРОЖАЙ НЕКОТОРЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

А. И. КАРПУХИН
(Кафедра почвоведения)

В составе гумуса обнаружены физиологически активные вещества, положительно влияющие на сельскохозяйственные растения. Наиболее изучено действие гуминовых кислот и гуминовых препаратов, которое выражается в усилении роста и развития растений [1, 2, 5—10, 12]. В гумусовых веществах имеются, например, биологические стимуляторы и соединения, обладающие витаминоподобной активностью, которые могут, в частности, стимулировать деление клеток [1, 10]. Отмечается физиологический эффект действия гумусовых кислот как катализаторов дыхания и веществ, активизирующих действие ферментов, например, при окислительном фосфорировании [1, 10].

Положительное влияние гумусовых веществ некоторые исследователи [1] связывают с регулированием поступления в растения азота, фосфора, железа, серы и других элементов. При этом гумусовые соединения могут быть прямыми источниками указанных элементов или выступать в роли регуляторов поступления элементов питания в растения.

В литературе имеются данные [1, 8, 11—13] о положительном влиянии на растительные организмы наиболее мобильной и агрессивной группы гумусовых веществ — фульвокислот; при этом внесение фульвокислот, как отмечают некоторые исследователи [1], более эффективно, чем гуминовых кислот.

Данных о степени влияния фульвокислот на рост и развитие сельскохозяйственных растений недостаточно; неясно их действие в течение вегетационного периода, поскольку большая часть исследований [5, 6] проведена с молодыми растениями, проростками [2] или тканями отдельных органов.

Цель настоящей работы — изучить влияние обеззоленных препаратов фульвокислот на рост и развитие некоторых сельскохозяйственных растений. Предстояло выбрать индикаторную культуру, исследовать действие различных концентраций фульвокислот, внесенных непосредственно в питательный раствор и при опрыскивании в различные фазы развития, определить влияние фульвокислот на вынос основных элементов питания (НРК) и попытаться установить механизм их действия.

Фульвокислоты являются сильными комплексообразователями, не уступающими таким общеизвестным хелатам, как лимонная и щавелевая кислоты, ЭДТА. В будущем эти гумусовые кислоты могут быть использованы для приготовления удобрений, обладающих ограниченной миграционной способностью и не вызывающих загрязнения окружающей среды. Они прочно связывают ионы металлов в почвенном растворе и могут участвовать в регулировании поступления химических элементов в растения.

Объекты и методы исследований

Препараты фульвокислот были выделены из образцов подзолистой почвы горизонта А₂А₁ стационара Белый Раст кафедры поч-

воведения, расположенного в Дмитровском районе Московской области. Гумусовые вещества извлекали 0,1 н. NaOH, гуминовые

кислоты осаждали H_2SO_4 при pH 1. Растворенные фульвокислоты осаждали на угольной колонке, приготовленной по методике Форсайта [4], и тщательно отмывали в течение 5—6 сут H_2SO_4 при pH 1 до отрицательной реакции на ионы металлов. Фульвокислоты с угля снимали аммиаком. Промывные воды, содержащие соли фульвокислот, пропускали через катионит КУ-2 в Н-форме. Зольность полученных препаратов не превышала 1%. Подробная характеристика фульвокислот приведена в предыдущих публикациях [4].

Опыты проводили в вегетационном домике кафедры агрономической и биологической химии и на кафедре прикладной атомной физики и радиохимии¹.

Семена подсолнечника, овса, фасоли и кукурузы предварительно проращивали в кюветах на чистом песке, покрытом фильтровальной бумагой при оптимальном увлажнении. Проростки высаживали в эксикаторы с водопроводной водой до появления двух настоящих листочков, а затем в стеклянные сосуды.

Для сравнительного изучения действия фульвокислот на урожай указанных культур использовали сосуды емкостью 3,0 л с питательной смесью Кнопа. Фульвокислоты в одних вариантах опыта вносили в питательный раствор из расчета 20; 50 и 100 мг на сосуд, в других через неделю после перевода растений на питательный раствор их опрыскивали фульвокислотами в концентрациях 0,015; 0,030 и 0,060%. Урожай снимали через 30 дней после перевода растений на питательный раствор.

В опыте по исследованию действия фульвокислот на кукурузу в разные фазы раз-

вития использовали стеклянные сосуды объемом 6,5 л с питательной смесью, разработанной на кафедре агрономической и биологической химии [3]. В этом опыте в питательный раствор вносили фульвокислоты в концентрациях 10; 25; 50; 150 и 200 мг на сосуд, а в вариантах с опрыскиванием использовали растворы фульвокислот в концентрациях 0,006; 0,015; 0,030; 0,060; 0,090 и 0,120%. Опрыскивание проводили трижды: первое — сразу же после перевода растений на питательный раствор, второе — через две недели, третье — через 1,5 мес. Урожай учитывали тоже в три срока: I учет — через две недели после высадки растений на питательный раствор, для чего убирали по 7 растений с каждого сосуда (действие однократного опрыскивания); II — через 1,5 мес, убирали по 2 растения (действие 2-кратного опрыскивания); III — через 2,5 мес, убирали по 1 растению (действие 3-кратного опрыскивания). Повторность опыта 3-кратная.

Для выяснения механизма действия фульвокислот проводили исследования с применением гелевой хроматографии и радиоактивного изотопа ^{14}C . Радиоактивность раствора пасоки и растительного материала определяли при помощи счетчика Т-25-БФЛ и радиометра ПП8.

При исследовании влияния фульвокислот на регулирование поступления элементов питания в растение было проведено гелехроматографическое изучение раствора после выращивания кукурузы в контрольных вариантах и в сосудах с внесением фульвокислот. Для этой цели отбирали пробы питательной смеси, концентрировали ее в вакуумном испарителе и хроматографировали на колонке с гелем Молселект G-10.

Действие фульвокислот на урожай разных растений

Фульвокислоты в концентрациях 20, 50 и 100 мг на сосуд оказали положительное влияние на все испытываемые сельскохозяйственные культуры. При этом с увеличением концентрации фульвокислот в питательном растворе повышался урожай как надземной массы, так и особенно корней.

Однако исследуемые сельскохозяйственные растения неодинаково реагировали на внесение фульвокислот в питательный раствор. По урожаю их можно расположить в следующем возрастающем порядке: овес < фасоль < подсолнечник < кукуруза. Сильнее на внесение фульвокислот реагировала кукуруза. В указанных выше вариантах прибавка урожая доходила почти до 50%, особенно значительно повышался урожай надземной массы. Прибавка урожая остальных культур была достоверной только при внесении 50 и 100 мг фульвокислот на сосуд, в варианте с 20 мг фульвокислот она находилась в пределах ошибки опыта.

Опрыскивание растений растворами фульвокислот (табл. 1) оказывало влияние на все испытываемые культуры. При обработке 0,015%-ным раствором фульвокислот прибавка урожая была максимальной, более высокие концентрации (0,060%) вызывали угнетение растения. Кукуруза оказалась наиболее чувствительной к изменению концентрации фуль-

¹ Автор выражает благодарность руководству кафедр за предоставленную возможность проведения вегетационных опытов.

Влияние фульвокислот на урожайность сельскохозяйственных растений (г сухой массы)

Органы растений	Контроль	Внесение фульвокислот в раствор, мг на сосуд			Опрыскивание раствором фульвокислот, %		
		20	50	100	0,015	0,030	0,060
Подсолнечник							
Листья	0,923	0,978	0,983	0,994	0,967	0,913	0,845
Стебли	0,567	0,678	0,684	0,695	0,635	0,534	0,498
Корни	0,720	0,750	0,760	0,813	0,790	0,713	0,634
С у м м а	2,210	2,406	2,421	2,502	2,392	2,160	1,977
Кукуруза							
Надземная масса	5,514	6,600	7,859	8,188	6,278	4,151	3,608
Корни	2,837	3,675	4,985	6,187	2,935	2,728	2,175
С у м м а	8,351	10,275	12,843	14,375	9,213	6,879	5,784
Овес							
Надземная масса	0,374	0,369	0,394	0,398	0,387	0,371	0,351
Корни	0,157	0,105	0,169	0,172	0,168	0,153	0,149
С у м м а	0,531	0,534	0,563	0,576	0,555	0,524	0,500
Фасоль							
Листья	0,582	0,598	0,601	0,638	0,613	0,581	0,417
Стебли	0,296	0,301	0,309	0,407	0,321	0,307	0,258
Репродуктивные органы	0,031	0,032	0,038	0,050	0,028	0,027	0,016
Корни	0,275	0,281	0,294	0,301	0,298	0,267	0,261
С у м м а	1,184	1,212	1,242	1,396	1,260	1,182	0,952

вокислот. Достоверная прибавка урожая кукурузы получена во всех вариантах опыта. Урожайность остальных культур достоверно повышалась по сравнению с контролем в вариантах с 0,015- и 0,06%-ной концентрацией фульвокислот, в вариантах с 0,03%-ной концентрацией прибавка урожая была в пределах ошибки опыта.

Влияние фульвокислот на рост и развитие кукурузы в разные фазы вегетации

Внесение фульвокислот в питательный раствор улучшало рост и развитие растений (рис. 1).

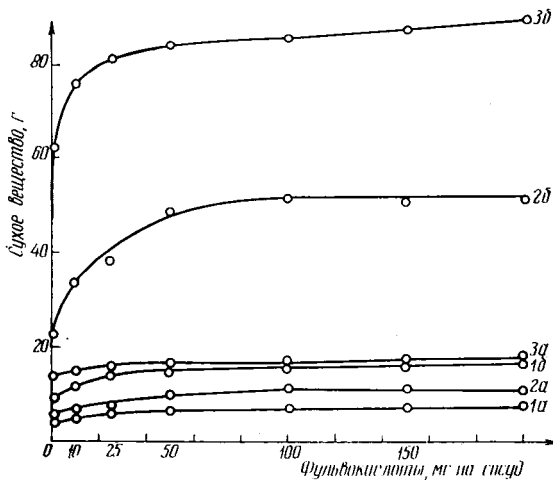
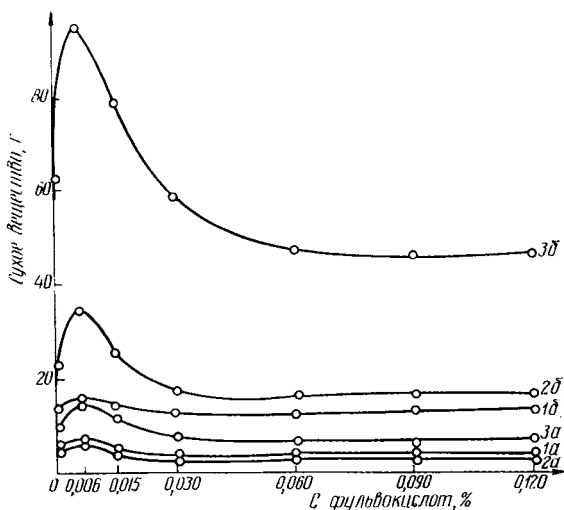


Рис. 1. Влияние внесения фульвокислот в питательный раствор на урожай кукурузы.

1, 2 и 3 — первый, второй и третий учеты; а — корни; б — надземная масса.

Рис. 2. Влияние опрыскивания фульвокислотами на урожай кукурузы.

Обозначения те же, что на рис. 1.



При I и II учетах получена прибавка урожая во всех вариантах опыта. Наблюдалось ее повышение с увеличением концентрации фульвокислот в питательном растворе до 100 мг на сосуд. При внесении 200 мг фульвокислот она была уже меньше, чем в предыдущем варианте. Урожай кукурузы повышался за счет увеличения массы и надземных органов, и корней. При I учете прибавка по сравнению с контролем была достоверной во всех вариантах, кроме варианта с 10 мг фульвокислот на сосуд ($НСР_{0,95}$ 0,5 г на сосуд); при II учете разница была высокодостоверной во всех вариантах ($НСР_{0,95}$ 2,0 г на сосуд).

При III учете еще более четко выявилась закономерность повышения урожая с увеличением концентрации фульвокислот в сосуде. Наибольшая его прибавка (15,5 г на сосуд) отмечена при внесении 200 мг фульвокислот ($НСР_{0,95}$ 5 г на сосуд). Урожай возрастал в большей степени за счет увеличения массы корней.

При опрыскивании растений растворами фульвокислот в возрастающих концентрациях урожай увеличивался только при самых низких концентрациях, а с увеличением последних наблюдалось угнетение роста растений (рис. 2).

Так, во все три срока учета наибольшая прибавка урожая получена при опрыскивании растений 0,060%-ным раствором фульвокислот. При II и III учетах урожай несколько увеличивался также при обработке кукурузы 0,015%-ным раствором фульвокислот. Дальнейшее повышение их концентрации вызывало снижение урожая в равной степени как за счет зеленой массы, так и корней. Урожай был наименьший при обработке растений 0,120%-ным раствором гумусовой кислоты. Во всех вариантах разница в урожае во II ($НСР_{0,95}$ 2 г) и III ($НСР_{0,95}$ 5 г на сосуд) учетах по сравнению с контролем была достоверной.

Влияние фульвокислот на вынос урожаем кукурузы основных питательных элементов

С повышением концентрации фульвокислот, вносимых в раствор, содержание азота, фосфора и калия в растениях возрастало (табл. 2).

По данным I учета, содержание калия достигало максимума при введении 200 мг фульвокислот на сосуд. Относительное содержание азота и фосфора при увеличении концентрации фульвокислот в растворе до 50 мг возрастало, затем снижалось.

Во II и III учетах в растениях накапливалось больше фосфора и калия, чем в первый срок учета. По данным III учета, наибольшее про-

Т а б л и ц а

Действие фульвокислот на содержание питательных элементов (%) в урожае кукуруз:

Элемент питания	Контроль	Внесение фульвокислот в раствор, мг на сосуд					Опрыскивание раствором фульвокислот, %				
		10	25	50	100	200	0,006	0,015	0,030	0,060	0,120
		Надземная масса									
I учет											
N	3,6	3,6	4,1	4,7	4,7	4,6	4,0	4,2	4,1	4,4	4,9
P	0,09	0,14	0,14	0,15	0,14	0,10	0,12	0,10	0,10	0,14	0,08
K	1,5	1,8	1,9	2,0	1,9	2,1	1,7	1,9	1,6	1,7	1,7
II учет											
N	2,5	3,2	3,5	3,5	3,5	3,4	3,5	3,6	3,4	3,6	3,5
P	0,14	0,23	0,24	0,26	0,25	0,28	0,19	0,21	0,21	0,18	0,18
K	2,3	2,7	3,2	3,4	3,7	3,6	3,0	3,3	3,2	3,2	3,2
III учет											
N	2,3	2,5	2,7	2,6	2,5	2,7	2,4	2,9	2,6	2,8	2,6
P	0,15	0,19	0,24	0,29	0,26	0,24	0,21	0,21	0,22	0,26	0,24
K	2,7	2,8	3,2	3,2	3,3	3,3	2,8	2,8	2,9	3,1	2,9
К о р н и											
I учет											
N	3,2	3,4	3,7	1,1	4,3	4,1	3,5	3,4	3,5	3,4	3,4
P	0,10	0,14	0,15	0,15	0,14	0,11	0,13	0,16	0,13	0,14	0,10
K	1,1	2,0	2,5	2,6	2,5	2,5	2,0	1,7	1,9	2,1	1,9
II учет											
N	3,72	3,85	3,63	3,70	4,00	3,98	3,9	3,8	3,8	3,9	3,8
P	0,13	0,17	0,22	0,26	0,25	0,25	0,23	0,25	0,26	0,26	0,20
K	1,4	2,7	3,1	3,1	3,2	3,3	2,9	3,4	3,8	3,3	3,5
III учет											
N	2,1	2,2	2,7	2,4	2,5	2,5	2,3	2,4	2,5	2,8	2,9
P	0,21	0,23	0,24	0,25	0,24	0,22	0,21	0,23	0,21	0,20	0,21
K	1,5	1,8	2,5	2,4	2,3	2,3	1,8	1,9	2,0	1,7	1,7

центное содержание азота как в надземной массе, так и в корнях обнаружено при внесении 25 мг фульвокислот на сосуд. Содержание фосфора достигало максимума в надземной массе и корнях в варианте с 50 мг фульвокислот. Наибольшее количество калия в надземной массе отмечено при внесении 100 мг фульвокислот на сосуд, а в корневой системе — при введении 25 мг фульвокислот.

При опрыскивании кукурузы растворами фульвокислот в I срок учета содержание азота возрастало по мере увеличения концентрации гумусовой кислоты (табл. 2). Содержание фосфора и калия при обработке 0,006- и 0,015%-ными растворами повышалось, при дальнейшем увеличении концентрации фульвокислот снижалось.

Во второй и третий сроки учета в зеленой массе и корнях содержание азота было меньше, а фосфора и калия больше, чем в I учет. Максимальное количество фосфора и калия обнаружено при концентрациях от 0,015 до 0,030%. В образцах растений III учета содержание азота в надземной массе и корнях с увеличением концентрации фульвокислот возрастало. Содержание фосфора и калия при обработке 0,006—0,030%-ными растворами по сравнению с контролем повышалось, а при обработке 0,060- и 0,120%-ными растворами — несколько снижалось.

Вынос основных питательных элементов урожаем кукурузы (мг на одно растение)

Элемент питания	Контроль	Внесение фульвокислот в раствор, мг на сосуд					Опрыскивание раствором фульвокислот, %				
		10	25	50	100	200	0,006	0,015	0,030	0,060	0,120
Надземная масса											
I учет											
N	42,3	44,3	51,1	58,5	60,0	64,2	52,8	54,0	46,4	47,8	50,4
P	1,11	1,7	1,8	1,9	1,8	1,2	1,5	1,3	1,1	1,2	0,8
K	18,2	21,0	24,4	24,5	23,5	30,3	25,8	27,0	15,1	15,5	14,8
II учет											
N	227,5	442,5	545,2	685,8	725,0	680,1	475,0	370,0	237,5	222,5	199,0
P	12,5	32,0	37,5	52,5	51,0	57,3	25,5	21,5	26,7	10,8	10,1
K	213,5	380,8	500,0	685,0	745,2	720,1	415,0	340,0	215,0	205,0	186,0
III учет											
N	1230,0	1420,0	1950,0	1620,0	1720,0	2060,0	1950,0	1890,0	1320,0	1120,0	1000,0
P	80,0	130,0	170,0	200,0	190,0	180,0	166,0	140,0	109,0	104,0	94,0
K	1470,0	1850,0	2150,3	2150,0	2450,0	2440,0	2280,0	1830,0	1490,0	1240,0	1100,0
К о р н и											
I учет											
N	25,0	28,5	34,4	41,4	41,5	37,1	25,2	25,4	19,2	18,0	17,5
P	0,72	1,2	1,3	1,5	1,3	1,3	1,1	1,1	0,74	0,77	0,55
K	7,75	17,1	24,2	25,7	24,2	29,8	14,8	11,8	11,1	11,7	10,5
II учет											
N	82,0	119,5	134,0	176,0	212,0	194,5	110,0	80,0	71,5	66,0	56,0
P	2,85	5,3	8,2	12,3	13,5	12,3	6,5	5,3	4,8	3,8	2,9
K	62,0	170,0	228,0	299,0	340,0	326,0	82,5	71,5	70,0	55,5	56,0
III учет											
N	190,0	250,0	342,0	323,0	340,0	478,0	339,0	280,0	173,0	161,0	166,0
P	19,1	26,0	33,0	32,0	33,0	35,0	30,6	26,7	14,5	11,4	12,0
K	135,7	203,0	288,0	324,0	379,0	406,0	264,0	215,0	135,0	97,0	100,0

Общий вынос основных элементов питания рассчитан на основе данных о содержании азота, фосфора и калия в сухой массе, а также данных об общем урожае в вариантах опыта (табл. 3).

Вынос питательных элементов увеличивался с повышением концентрации фульвокислот, вносимых в питательный раствор. По данным I и II учетов, в процессе вегетации общий вынос основных элементов питания возрастал. При внесении в раствор 200 мг фульвокислот этот показатель был несколько ниже, чем при внесении в сосуд 100 мг фульвокислот. Очевидно, максимальные концентрации не оказывают возрастающего стимулирующего действия на молодые растения. По данным III учета, максимум питательных элементов, вносимых как надземной массой, так и корнями, наблюдался в варианте с 200 мг фульвокислот на сосуд.

При опрыскивании растений 0,006%-ным раствором фульвокислот вынос питательных элементов увеличивался, в дальнейшем при последовательном возрастании концентрации до 0,120% он уменьшался.

По данным I и II учетов, в процессе вегетации возрастает общий вынос питательных элементов как зеленой массой, так и корнями. Вынос

фосфора и калия при опрыскивании растений 0,006%-ным раствором фульвокислот в 1,5—2 раза выше, чем в варианте с обработкой 0,120%-ным их раствором. К III учету обнаружена наибольшая разница между этими вариантами в выносе питательных элементов на одно растение.

Вынос основных элементов питания по сравнению с контролем возрастал с уменьшением концентрации фульвокислот (0,015; 0,006%) и снижался с ее увеличением (0,060; 0,120%).

Изучение механизма действия фульвокислот на рост и развитие сельскохозяйственных растений

Для выяснения механизма действия фульвокислот на растения изучалась возможность поступления меченных радиоактивным изотопом ^{14}C фульвокислот в растения и исследовалось их влияние на связывание элементов питания и регулирование их поглощения культурными растениями.

Таблица 4

Поступление углерода фульвокислот в фасоль

Органы растений	Сухая масса, мг	Навеска для радиометрического измерения, мг	Скорость счета, имп/100 с	Поглощено с фульвокислотами, мкг
Листья	757,4	100,0	1 270	1,25
Стебли	391,6	100,0	750	0,77
Репродуктивные	46,1	46,1	1 580	1,63
Корни	324,0	100,0	10 991	11,35

Установлено, что углерод этой гумусовой кислоты из питательного раствора поступает в фасоль (табл. 4).

В течение вегетационного периода углерод фульвокислот обнаружен в корнях, стеблях, листьях и репродуктивных органах. При этом удель-

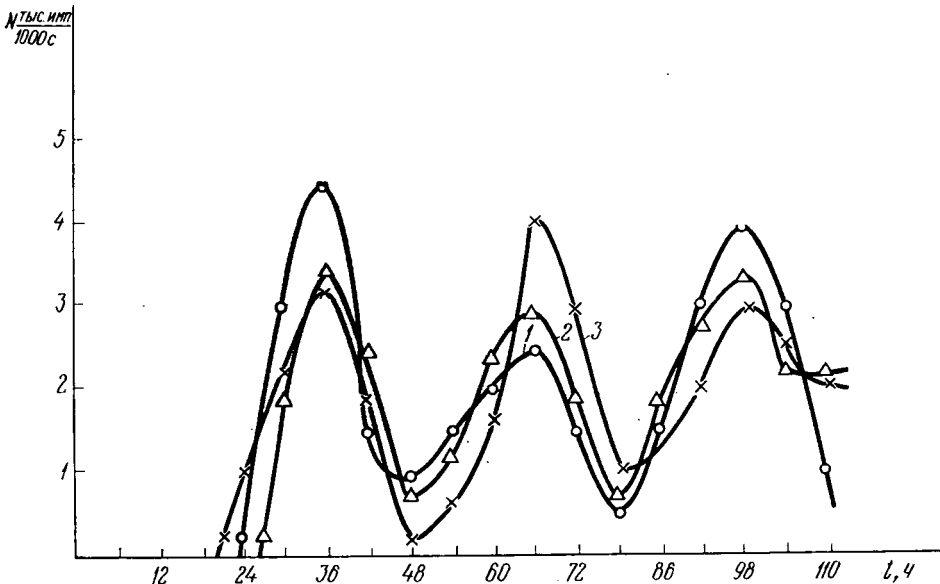


Рис. 3. Поступление углерода фульвокислот в подсолнечник при изучении методом пасоки.

1, 2, 3 — отдельные растения.

ная активность репродуктивных органов и листьев была выше, чем стеблей. Это позволяет предположить не пассивное, а направленно активное поглощение углерода фульвокислот фасолью.

Подсолнечник также может поглощать углерод фульвокислот. С помощью метода пасоки удалось обнаружить поступление фульвокислот приблизительно через сутки после перевода растений на питательный раствор, содержащий тотально меченные изотопом ^{14}C фульвокислоты (рис. 3). При этом происходит циклическое изменение интенсивности поглощения углерода из питательной смеси.

Образцы пасоки, отбираемые для радиометрических измерений, имеют светло-желтый оттенок, характерный для раствора фульвокислот. Этот оттенок особенно заметен при подсушивании фильтровальных кружков, которые применяются для определения скорости счета пасоки. Визуальные определения позволяют предположить возможность поступления не только углерода, но и самих фульвокислот в культурные растения.

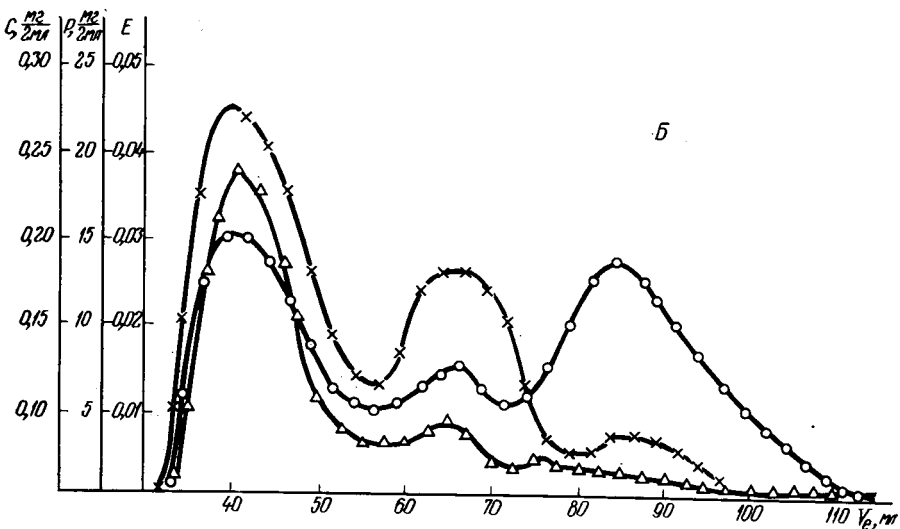
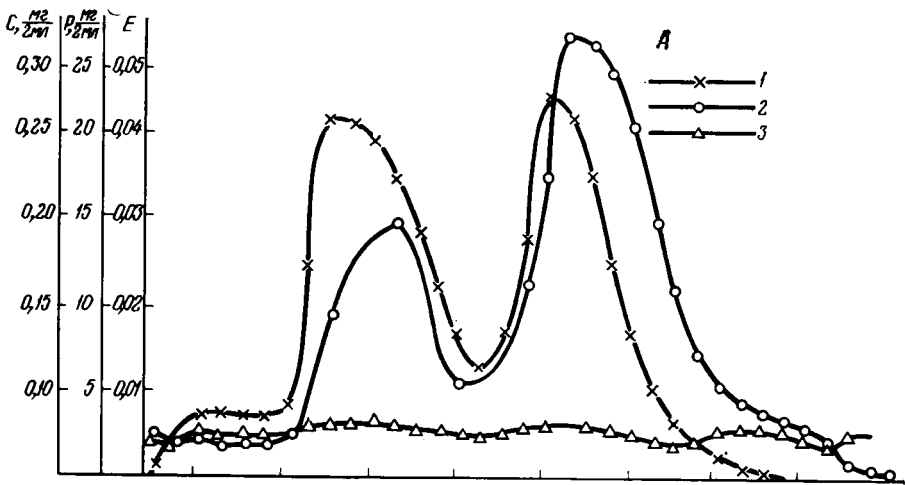


Рис. 4. Гелевая хроматография образцов питательного раствора.

А — контрольные сосуды; Б — внесение 200 мг фульвокислот на сосуд; 1 — содержание углерода; 2 — плотный остаток; 3 — коэффициент оптической плотности.

Инфракрасные спектры пасоки, полученной при переводе растений на питательный раствор в опытах без радиоактивной метки, показали наличие полос поглощения, характерных для функциональных групп фульвокислот.

Таким образом, фульвокислоты могут служить прямым источником физиологически активных веществ и элементов питания (С, N, H) для растений.

Фульвокислоты активно влияли на молекулярно-массовое распределение химических элементов в исследуемом растворе питательной смеси (рис. 4). При гелевой хроматографии образцов раствора контрольных вариантов большая часть минеральных элементов и углерода обнаружена в низкомолекулярной фракции с эффективной молекулярной массой (ММ 320) и только 30% плотного остатка приходилось на высокомолекулярную фракцию. При фракционировании на геле образцов питательного раствора в вариантах с внесением фульвокислот наблюдалась обратная картина. Большая часть (80%) минеральных элементов и углерода выходила из колонки со свободным объемом, то есть эффективная молекулярная масса этой фракции превышала 700. При этом высокомолекулярная фракция окрашена в желтоватый цвет. Инфракрасные спектры образцов фракции, молекулярная масса которых более 700, содержали набор полос поглощения, характерных для функциональных групп органо-минеральных соединений фульвокислот.

Применение гелевой хроматографии позволило установить сложный молекулярно-массовый состав питательной смеси. Фульвокислоты активно взаимодействуют с химическими элементами питательной смеси, вызывают изменение их молекулярно-массового распределения и участвуют в регулировании поступления элементов питания в сельскохозяйственные растения.

Таким образом, фульвокислоты влияют на рост и развитие культурных растений, на их продуктивность, при этом возрастает вынос азота, фосфора и калия. Действие фульвокислот заключается не только в физиологической активизации изучаемых растений, но и в снабжении последних химическими элементами, например углеродом и азотом.

Методы гелевой хроматографии позволили установить активное воздействие гумусовых кислот на ассоциацию и образование высокомолекулярных агрегатов в питательном растворе водных культур. При этом показано влияние фульвокислот на регулирование поглощения растениями органических и минеральных компонентов питательной смеси.

Выводы

1. При опрыскивании растений (подсолнечник, овес, фасоль и кукуруза) раствором фульвокислот и их внесении в питательный раствор установлено, что наиболее активно на эту гумусовую кислоту реагирует кукуруза, поэтому она может быть использована в качестве индикаторного растения в вегетационных и полевых опытах.

2. Положительное действие на кукурузу фульвокислот, внесенных в питательную смесь, возрастало по мере увеличения их концентрации от 10 мг до 200 мг на сосуд. Наибольшая прибавка урожая получена в начальные фазы цветения при внесении 100 мг, а в более поздние фазы развития — при внесении 200 мг фульвокислот на сосуд.

3. В вариантах с опрыскиванием кукурузы возрастающими концентрациями фульвокислот (от 0,006 до 0,120%) урожай несколько увеличивался лишь при самых низких концентрациях; при всех последующих рост растений угнетался.

4. Применение радиоактивного изотопа ^{14}C позволило установить поступление углерода фульвокислот в фасоль и подсолнечник. Методом инфракрасной спектроскопии экспериментально подтверждена возмож-

ность поступления молекул фульвокислот или их фрагментов в растения.

5. С помощью метода гелевой хроматографии обнаружен сложный молекулярно-массовый состав питательного раствора в водных культурах. Фульвокислоты активно влияют на ассоциацию и образование высокомолекулярных агрегатов в питательной смеси.

6. При использовании метода меченых атомов, ИК-спектроскопии и гелевой хроматографии установлено, что фульвокислоты могут служить прямым источником химических элементов, например углерода и азота, для сельскохозяйственных растений, а также активно воздействовать на поступление в культурные растения минеральных элементов и органических соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова И. В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов. В сб.: Органическое вещество целинных и освоенных почв. М., «Наука», 1972, с. 30—69. — 2. Гуминьский С. Современные точки зрения на механизм физиологических эффектов, вызываемых в растительных организмах гумусовыми соединениями. «Почвоведение», 1968, № 9, с. 62—69. — 3. Жуков Ю. П., Карпухина Н. С. Содержание атразина в проростках кукурузы и гороха при разных условиях питания. «Докл. ТСХА», 1974, вып. 198, с. 77—80. — 4. Карпунин А. И. Исследование взаимодействия фульвокислот с ионами железа методом радиоактивных индикаторов. Автореф. канд. дис. М., 1970. — 5. Климова А. А., Комиссаров И. Д. Влияние гумусовых препаратов на ростовые процессы растений. В сб.: Гумусовые препараты. Тюмень, 1971, т. XIV, с. 189—200. — 6. Корюшкина С. Р. Природа и свойства фульвокислот основных типов почв. Автореф. канд. дис. Ленинград — Пушкино, 1976. — 7. — Кононова М. М., Дья-

конова К. В. Органические вещества почвы и вопросы питания растений. «Почвоведение», 1960, № 3, с. 1—11. — 8. Кононова М. М., Панкова Н. А. Воздействие гумусовых веществ на рост и развитие растений. «Докл. АН СССР», 1950, т. 73, № 5, с. 1069—1071. — 9. Христева Л. А. Участие гуминовых кислот и других органических веществ в питании высших растений и агрономическое значение этого вида питания. «Изв. АН СССР», 1955, № 4, с. 53—83. — 10. Христева Л. А. Действие физиологически активных гумусовых кислот на растения при неблагоприятных внешних условиях. В сб.: Гуминовые препараты, т. IV. Днепропетровск, 1973, с. 5—23. — 11. Führ F., Saurber D. Isotopes in plant nutrition and physiology. Vienna, Internat. Atom. Energy Agency, 1967, p. 23—28. — 12. Prat S., Pospisil F. "Biol. Plantarum" (Praha), 1959, 1 (1), p. 71—75. — 13. Sloky Z. Simpos. "Humus et Planta", Praha, 1967, p. 137—142.

Статья поступила 4 сентября 1978 г.

SUMMARY

The effect of fulvic acids on the yield of corn, beans and sunflower was studied in the greenhouse trial. The most active response to the application of fulvic acids was that of corn. At the early stages of plant development the highest increase was obtained when 100 mg of fulvic acids per vessel were supplied, and at the late stages — 200 mg per vessel. When sprayed with fulvic acids, corn plants were first stimulated, but then sharply suppressed. The highest increase in yield was obtained under treatment with 0.006% solution of fulvic acids. By means of tracer technique (^{14}C) and gel chromatography the availability of fulvic acids for farm plants nutrition and the active influence of this humic acid on the entering of mineral elements and organic compounds into plants have been established.