

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПЕРЕГНОЯ

Г. А. РОНСАЛЬ, кандидат сельскохозяйственных наук,

В. А. ЖМИНЬКО

Исследованиями ряда ученых установлено, что в органических удобрениях содержатся вещества, которые могут принимать участие в физиолого-биохимических процессах растений. К этой группе веществ П. А. Власюк (1962) относит витамины, ауксины, антибиотики, различного рода активаторы роста и т. д. Работами отечественных и зарубежных исследователей (А. А. Прозоровская, 1936; М. М. Кононова и Н. А. Панкова, 1950; Е. С. Кудрина, 1951; В. А. Бибер и Н. С. Боголюбова, 1952; Фляйг, 1958 и др.) установлено благоприятное влияние гуминовых кислот, входящих в состав почвы, сланцев и торфа, на жизнедеятельность растений и микроорганизмов. Наиболее полно вопрос об участии гуминовых кислот в питании растений разработан Л. А. Христовой (1955, 1962). Перегноя тоже содержит в своем составе гуминовые кислоты. В связи с этим было сделано предположение, что растворимые гуминовые вещества перегноя играют какую-то роль в природе действия этого вида удобрения. Опыты в водных и песчаных культурах, результаты которых опубликованы ранее (Г. А. Ронсаль, 1957, 1962), показали, что гуматы из торфа и перегноя по степени биологической активности примерно равны.

Для изучения влияния гуминовых веществ перегноя на жизнедеятельность растений при естественных условиях произрастания был проведен ряд опытов в почвенных культурах и в полевых условиях. Полевые опыты проводили в учхозе «Приозерное» Херсонского сельскохозяйственного института. Почва опытного участка каштановая. Повторность опытов четырех-, шестикратная, при размере учетных делянок 10—100 м². Вегетационные опыты закладывали в сосудах емкостью 6—12 кг каштановой почвы, в шестикратной повторности. Кроме этого, закладывали почвенные компосты, а также был проведен ряд исследований с радиоактивным изотопом фосфора и с использованием метода вакуум-инфильтрации.

В программу физиолого-биохимических исследований включили определения содержания общего и белкового азота (по Кьельдалю), общего и белкового фосфора (весовым методом Лоренца и колориметрически по Малюгину и Хреновой), калия (по Тананаеву), сахаров (по Хагедорн — Иенсену), аскорбиновой кислоты (по Мурри), хлорофилла (по Гетри), активности каталазы и пероксидазы (по Починку), интенсивности дыхания (по Иванову и Варбургу) и фотосинтеза (по поглощению СО₂), интенсивности и продуктивности транспирации.

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИМЫХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПЕРЕГНОЯ НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

В таблице 1 приведены результаты опытов в почвенных культурах, в которые вносили гуминовые вещества (гумат натрия), поливая 0,001-процентным раствором из расчета 250—300 мл на сосуд один раз

в неделю. Сосуды контрольного варианта одновременно поливали таким же количеством воды.

Точность опыта: с пшеницей — 2%; с кукурузой — 1,1—3,2%; с овсом — 2,6%; с сахарной свеклой — 1,8%; с помидорами — 4,4—4,6%.

Из данных этой таблицы видно, что поливы гуматом натрия из перегноя обуславливают усиление роста растений и повышение их продуктивности.

Такое положительное влияние могло быть вызвано как непосредственным воздействием гумата на жизнедеятельность растений, так и влиянием его на почвенную микрофлору. Последнее предположение тем более вероятно, что анализы почвы из сосудов, а также специальными лабораторными экспериментами было установлено стимулирующее влияние растворимых гуминовых веществ перегноя на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и на содержание в почве усвояемых форм азота и фосфора (Г. А. Ронсаль, 1957).

Поэтому для выяснения вопроса о непосредственном воздействии растворимых гуминовых веществ перегноя на рост и продуктивность растений в 1959—1964 гг. были проведены дополнительные исследования.

В таблице 2 приведены результаты опытов, в которых гумат натрия использовался для предпосевной обработки семян. Зерно пшеницы, кукурузы и гороха, а также семена сахарной свеклы за 2—3 суток до посева смачивали 0,1-процентным раствором гумата натрия из расчета 10 мл на 100 г посевного материала (посевной материал на контроле смачивали водой). Семена помидоров 2 суток замачивали (1 : 1) в 0,01-процентном растворе гумата натрия. И при таком способе использования гуминовые вещества перегноя оказали положительное влияние на продуктивность растений. Наблюдения за корнями показали, что поливы гуматом натрия и предпосевное замачивание семян в растворе гуминовых веществ перегноя обуславливают усиление роста и корневой системы молодых растений.

Точность опытов: с пшеницей — 2,9%; с кукурузой — 2,7—3,9; с сахарной свеклой — 2,8—2,5; с горохом — 4,2; с помидорами — 3,8—5,7%.

В 1963—1964 годах были проведены вегетационные опыты, в которых гуматом натрия опрыскивали растения раз в неделю из расчета 25 мл 0,01-процентного раствора на сосуд (контрольные сосуды одновременно опрыскивали водой).

Результатами этих опытов (табл. 3) подтверждается предположение о непосредственном воздействии рас-

Таблица 1. Влияние поливов гуматом натрия на продуктивность растений (по опытам в почвенных культурах 1954—1964 гг.)

Средний сбор с сосуда, г	Поливы	
	водой (контроль)	0,001-процентным гуматом натрия
Пшеница — зерно	5,21	6,01
Кукуруза — надземная масса (среднее из 4 опытов)	19,9	22,6
Овес — зерно	6,74	7,39
Сахарная свекла — корнеплоды	414	438
Помидоры — плоды	370	408
Помидоры — надземная масса (среднее из 2 опытов)	19,7	22,4

Таблица 2. Влияние предпосевного замачивания семян в растворе гумата натрия на рост и продуктивность растений (по данным опытов в почвенных культурах 1959—1964 гг.)

Средний сбор с сосуда, г	Замачивание	
	водой (контроль)	гуматом натрия
Пшеница — надземная масса	5,87	6,38
Кукуруза — надземная масса (среднее по трем опытам)	13,1	15,2
Горох — надземная масса	11,8	13,0
Сахарная свекла — корнеплоды (среднее по трем опытам)	252	272
Помидоры — плоды (среднее по двум опытам)	430	461

Таблица 3. Влияние опрыскивания растений гуматом натрия из перегноя на их рост и продуктивность (по опытам в почвенных культурах 1963—1964 гг.)

Средний сбор с сосуда, г	Опрыскивание	
	водой (конт-роль)	гуматом натрия
Кукуруза — надземная масса (среднее по двум опытам)	12,6	14,1
Помидоры — плоды	370	410

ведены полевые опыты. Полив гуматом производили перед поливом водой из расчета 20 л 0,01-процентного раствора на 10 м² 2—3 раза за вегетацию с интервалом в месяц. Перед посевом семена опрыскивали 0,2-процентным раствором гумата натрия из расчета 5 л на 100 кг посевного материала. Внекорневая подкормка посевов производилась раз в месяц из расчета 1 л 0,01-процентного раствора на 10 м² (3—4 раза на вегетацию). Результаты полевых опытов приведены в таблицах 4 и 5.

Данные этих таблиц полностью согла-

творимых гуминовых веществ перегноя на жизнедеятельность и в конечном итоге на продуктивность растений.

Точность опытов: с кукурузой — 3,7—4,4%, с помидорами — 4,5%.

С целью практической проверки заключения о положительном влиянии гуминовых веществ перегноя на жизнедеятельность и урожай сельскохозяйственных культур в 1962—1964 гг. были про-

Таблица 4. Эффективность подкормок растений раствором гумата натрия из перегноя (по полевым опытам 1963—1964 гг.)

Культура	Урожай по вариантам, ц/га			
	поливы		опрыскивание	
	водой	гуматом натрия	водой	гуматом натрия
Кукуруза на силос	350	385	352	395
Картофель	167	188	×	×
Помидоры (среднее из двух опытов)	×	×	417	461
Салатный перец (среднее из двух опытов)	172	188	×	×

Примечание. × — не определяли.

Таблица 5. Эффективность предпосевной обработки семян раствором гумата натрия из перегноя (по полевым опытам 1963—1964 гг.)

Культура	Урожай по вариантам при намачивании семян, ц/га	
	водой	гуматом натрия
Озимая пшеница (среднее из двух опытов)	23,0	24,7
Кукуруза на зерно (среднее из двух опытов)	51,9	56,5
Сахарная свекла	305	325
Помидоры (среднее из трех опытов)	467	507

суются с рассмотренными выше результатами вегетационных опытов.

Таким образом, можно считать установленным, что растворимые гуминовые вещества перегноя, извлекаемые из субстрата щелочами, являются физиологически активными веществами. В малых дозах они оказывают непосредственное стимулирующее влияние на рост и продуктивность растений.

ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИМЫХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ПЕРЕГНОЯ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ

С целью изучения вопроса о природе физиологической активности растворимых гуминовых веществ перегноя проводили биохимические анализы растений из вегетационных опытов в почвенных культурах, а также специальные лабораторные исследования.

Анализы растений на содержание азота и зольных веществ, а также расчеты по выносу этих элементов растениями из почвы показали (табл. 6), что под влиянием растворимых гуминовых веществ перегной растения больше поглощают из почвы таких важных элементов минерального питания, как азот, фосфор и калий.

Таблица 6. Влияние гумата натрия из перегноя на поглощение растениями минеральных веществ из почвы

Культура	Варианты опытов	Усвоено из почвы на сосуд, мг			
		азота	зольных веществ		
			всего	фосфора	калия
Пшеница	Контроль	159	983	50	61
	Поливы гуматом натрия	174	1106	58	77
Подсолнечник	Контроль	83	578	17	51
	Замачивание семян в гумате натрия	107	650	22	64
Помидоры	Контроль	368	5040	112	292
	Опрыскивание растений гуматом натрия	414	5934	131	386

Под влиянием растворимых гуминовых веществ перегноя в листьях повышается содержание как общего, так и белкового азота (табл. 7). В то же время гумат натрия не оказал влияния на процесс использования поглощенного азота для синтеза белковых веществ. Отношение содержания белкового азота к общему в листьях контрольных и опытных растений примерно одинаковое.

В таблице 8 приведены данные, показывающие, что под влиянием растворимых гуминовых веществ перегноя повышается содержание в листьях не только общего фосфора, но и фосфора, входящего в состав белковых веществ. Причем листья опытных растений в большинстве случаев характеризуются более высоким отношением белкового фосфора к общему по сравнению с контрольными растениями. Это указывает на лучшее использование растениями поглощенного фосфора для синтеза нуклеопротеидов, повышенное содержание которых, как известно (В. А. Энгельгардт, 1945, и др.), имеет большое значение для всей жизнедеятельности растительных организмов.

Специальным опытом было установлено, что гуминовые вещества перегноя оказывают заметное стимулирующее влияние на рост растений при понижен-

Таблица 7. Влияние гумата натрия на содержание азота в листьях и на использование его для синтеза белковых веществ

Культура	Содержание в листьях, %				Отношение белкового азота к общему	
	общего азота		белкового азота			
	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия

В опытах с поливами

Пшеница . . .	2,39	2,65	1,89	2,08	0,79	0,79
Кукуруза . . .	2,80	2,77	2,25	2,29	0,80	0,83

В опытах с замачиванием семян

Пшеница . . .	2,31	2,49	2,02	2,22	0,88	0,89
Помидоры . . .	2,94	3,30	2,65	2,89	0,90	0,88

В опытах с опрыскиванием растений

Кукуруза . . .	2,80	2,94	2,25	2,41	0,80	0,82
Помидоры . . .	2,94	3,50	2,65	2,95	0,90	0,84

Таблица 8. Влияние гумата натрия на содержание фосфора в листьях (по опытам в почвенных культурах)

Культура	Содержание в листьях, %				Отношение белкового фосфора к общему	
	общего фосфора		белкового фосфора			
	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия
<i>В опытах с поливами</i>						
Пшеница . . .	0,49	0,62	0,11	0,20	0,23	0,32
Кукуруза . . .	0,34	0,41	0,22	0,29	0,65	0,71
<i>В опытах с замачиванием семян</i>						
Пшеница . . .	0,80	0,79	0,40	0,44	0,50	0,56
Сахарная свекла	0,36	0,56	0,24	0,40	0,67	0,71
<i>В опытах с опрыскиванием растений</i>						
Кукуруза . . .	0,34	0,36	0,22	0,23	0,65	0,64
Помидоры . . .	0,59	0,63	0,40	0,43	0,67	0,68

может быть вызвано как повышением проницаемости протоплазмы (А. А. Прозоровская, 1936), так и активизацией ритма биохимических процессов, особенно окислительно-восстановительных. Последнее положение наиболее полно отражено в работах Л. А. Христовой.

Проведенные нами исследования также свидетельствуют о том, что под влиянием растворимых гуминовых веществ перегноя в растениях активизируются окислительно-восстановительные процессы. Так, анализами листьев растений из описанных выше опытов установлено, что гуминовые вещества перегноя повышают активность пероксидазы и каталазы (табл. 9).

Специальными экспериментами в водных культурах выявлено, что растворимые гуминовые вещества перегноя повышают интенсивность дыхания в клетках листьев и корней растений (табл. 10), в связи с чем растения могут больше усвоить минеральных веществ из почвы.

Но вполне возможна и антитеза: усиленное поглощение фосфора, являющегося активным агентом окислительно-восстановительных процессов в растениях, обуславливает повышение интенсивности их. Эти явления очень тесно связаны между собой и могут являться следствием влияния одного на другое. Для детализации этого вопроса были проведены специальные исследования при помощи метода вакуум-инфильтрации.

В одном из опытов половинки листьев кукурузы инфильтрировали 0,001-процентным раствором гумата натрия (контрольные — водой). Затем в них определяли интенсивность дыхания. В другом опыте проростки кукурузы инфильтрировали гуматом натрия (контрольные — водой) и затем высаживали на питательную смесь Кнопа, содержащую

ных дозах фосфора в среде корневого питания; в случае же снижения уровня азотного питания такого влияния не наблюдалось. Тем самым намечается аналогия между действием малых доз растворимых гуминовых веществ перегноя и общепризнанных стимуляторов роста, которые в опытах М. М. Мазаевой (1951) улучшали использование фосфора растениями.

Влияние гуминовых кислот на усвоение элементов минерального питания растениями

Таблица 9. Влияние гумата натрия на активность пероксидазы (в мг Со) и каталазы (в мл 0,01н. Na₂S₂O₃) в листьях растений

Культура	Активность пероксидазы		Активность каталазы	
	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия
<i>В опытах с поливами</i>				
Пшеница . . .	4,00	5,30	21,6	23,0
Кукуруза . . .	2,25	2,69	39,0	49,0
<i>В опытах с замачиванием семян</i>				
Пшеница . . .	2,40	2,35	8,0	14,0
Помидоры . . .	3,90	4,10	5,4	7,2
<i>В опытах с опрыскиванием растений</i>				
Кукуруза . . .	3,90	4,00	13,0	13,0
Помидоры . . .	1,60	1,80	23,0	27,0

меченый фосфор. Через трое суток определяли содержание его в растениях (табл. 11).

Из приведенных данных видно, что гумат активизировал дыхание растительных тканей независимо от поглощения фосфора. Поэтому можно признать, что растворимые гуминовые вещества перегноя оказывают непосредственное влияние на ритм окислительно-восстановительных процес-

Таблица 10. Влияние гумата натрия из перегноя, добавленного в питательную смесь Кюпа, на интенсивность дыхания молодых растений (в опытах с кукурузой в водных культурах)

Показатели анализов	Варианты опытов	
	контроль	гумат натрия
Поглощено O ₂ за 1 мин. 1 г листьев, мм ³	47,4	52,5
Выделено мг CO ₂ за 1 час на 10 г надземной массы	35,5	37,2
корней	10,3	14,8

Таблица 11. Влияние растворимых гуминовых веществ перегноя на интенсивность дыхания и усвоение фосфора растениями

Показатели наблюдений	Инфильтрация	
	водой	гуматом натрия
<i>В опыте с половинками листьев</i>		
Поглощено O ₂ 1 г листьев за 10 мин., мм ³	181	239
<i>В опыте с меченым фосфором</i>		
Содержится P ³² в имп./мин. в пересчете на 100 мг сухого вещества:		
надземной массы	2575	2755
корней	8130	8410
Усвоено P ³² в имп./мин. в пересчете на растение	2787	3157

Листья растений из вариантов с использованием растворимых гуминовых веществ перегноя характеризуются также повышенным содержанием сахаров (табл. 13).

Этот факт, как и увеличение содержания дисахаридов, дает основание утверждать, что под влиянием гумата натрия усиливаются синтетические процессы в растениях.

С целью установления влияния гуминовых веществ перегноя на водообмен растений были проведены специальные вегетационные опыты с кукурузой и помидорами.

В одном из опытов изучалась зависимость влияния гумата на продуктивность растений от степени увлажненности почвы. Растения выращивали при влажности почвы 40—45, 60 и 75—80% от полной ее

содержания в растениях, в связи с чем они могут поглощать более интенсивно минеральные вещества. Последние, особенно фосфор, безусловно оказывают влияние на дальнейший ход биохимических процессов.

Результаты анализов листьев на содержание в них хлорофилла и аскорбиновой кислоты свидетельствуют о том, что гумат натрия обуславливает повышение содержания этих жизненно важных веществ в растениях (табл. 12).

Таблица 12. Влияние гумата натрия на содержание хлорофилла и аскорбиновой кислоты в листьях растений (по опытам в почвенных культурах)

Культура	Содержится в листьях			
	хлорофилла, мг на 1 кг		аскорбиновой кислоты, мг %	
	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия

В опытах с поливами

Пшеница	1518	1931	3,0	3,3
Кукуруза	1336	1932	3,4	5,1

В опытах с замачиванием семян

Пшеница	1328	1518	3,0	4,4
Помидоры	2179	2371	18,0	19,8

В опытах с опрыскиванием

Кукуруза	1336	1838	3,9	5,4
Помидоры	×	×	9,7	13,3

Примечание. × — не определяли.

Таблица 13. Влияние гумата натрия из перегноя на синтез сахаров в листьях растений (по опытам в почвенных культурах)

Культура	Содержится в листьях растений, %				Отношение содержания дисахаридов к моносахаридам по вариантам	
	дисахаридов		моносахаридов			
	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия	контроль	гумат натрия
<i>В опытах с поливами</i>						
Пшеница	1,44	2,28	1,29	1,20	1,12	1,90
Кукуруза	1,24	1,40	0,89	0,80	1,39	1,75
<i>В опытах с замачиванием семян</i>						
Пшеница	0,70	0,97	0,96	0,98	0,73	0,99
Помидоры	0,88	0,93	1,22	1,20	0,72	0,77
<i>В опытах с опрыскиванием растений</i>						
Кукуруза	1,30	1,35	1,43	1,53	0,91	0,89
Помидоры	0,47	0,56	0,68	0,66	0,69	0,85

влажностности. Одну часть сосудов поливали ежедневно по весу 0,001-процентным раствором гумата натрия, другую — водой.

Положительное воздействие гумата наиболее резко сказалось при отклонении влажности почвы от оптимальной (средний сбор с сосуда сухой надземной массы по сравнению с контролем увеличивался на 30% при влажности почвы 45%). Это дает основание предположить, что растворимые гуминовые вещества перегноя оказывают влияние и на такую важную физиологическую функцию растения, как водообмен.

Установлено также, что гумат натрия не оказывает заметного влияния на интенсивность транспирации и в то же время повышает ее продуктивность на 8—14%.

ВЫВОДЫ

1. Гуминовые вещества перегноя являются физиологически активными веществами. В малых дозах они оказывают стимулирующее влияние на рост надземной массы и корневой системы молодых растений.

2. Под влиянием гуминовых веществ перегноя в растениях активизируются важнейшие физиолого-биохимические процессы: поглощение минеральных веществ из почвы, использование растениями поглощенного фосфора для синтеза белковых веществ. Гуминовые вещества перегноя стимулируют деятельность ферментов, участвующих в окислительно-восстановительных процессах, процесс дыхания в растительных тканях, интенсивность синтетических процессов, вплоть до фотосинтеза, повышают продуктивность транспирации.

3. Стимулирующее действие малых доз гуминовых веществ перегноя наблюдается не только при добавлении их в среду корневого питания, но и при замачивании в них семян, опрыскивания листьев и введения их (вакуум-инфильтрацией) в ткани растений.

4. Результаты полевых опытов позволяют считать, что гуматы из перегноя могут применяться в качестве стимулятора роста растений для повышения их продуктивности на каштановых почвах южной степной зоны Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бибер В. А. и Боголюбова Н. С. Гуминовая кислота лиманной грязи и ее биологическая активность. Докл. АН СССР, т. 82, № 6, М., 1962.
 2. Власюк П. А. Значение органических веществ почвы и удобрений для питания растений. Сб. «Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения», ч. II. К., Госсельхозиздат, 1962.

3. Кононова М. М. и Панкова Н. А. Воздействие гумусовых веществ на рост и развитие растений. Докл. АН СССР, т. LXXIII, № 5. М., 1950.
4. Кудрина Е. С. Влияние гуминовой кислоты на некоторые группы почвенных микроорганизмов и ее значение для этих организмов как источника питательных веществ. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева, т. XXXVIII. М., 1951.
5. Мазаева М. М. Эффективность стимуляторов роста при разном уровне фосфатного питания растений. Докл. АН СССР, т. LXXX, № 5. М., 1951.
6. Прозоровская А. А. Влияние гуминовой кислоты и ее производных на поступление в растения азота, фосфора, калия и железа. Сб. работ НИУИФ, вып. 127. М., 1936.
7. Ронсаль Г. А. Физиологически активные формы гуминовых кислот перегной и эффективность органо-минеральных удобрений. Сб. «Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения», ч. I. Харьков, Изд. Харьковского ун-та, 1957.
8. Ронсаль Г. А. О возможности использования навоза-сыпца в качестве сырья для производства гуминовых удобрений. Сб. «Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения», ч. II. К., Госсельхозиздат, 1962.
9. Христева Л. А. Участие гуминовых кислот и других органических веществ в питании высших растений и агрономическое значение этого вида питания. Известия АН СССР, сб. № 4, 1955.
10. Христева Л. А. Еще о функции гуминовых кислот в обмене веществ у высших растений. Сб. «Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения», ч. II. К., Госсельхозиздат, 1962.
11. Энгельгардт В. А. Фосфорная кислота и функции клетки. Известия АН СССР, сб. № 2, 1945.
12. Flaig W. Verhandlungen der II und IV Kommission der Internationalen Boden — Kundlichen Gesellschaft. Bd. II, 1958.

*Херсонский сельскохозяйственный институт
им. А. Д. Цюрупы.*