

СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА РОСТ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ И ПРИРОДА ЭТОГО ЯВЛЕНИЯ

Доктор сельскохозяйственных наук Л. А. Христева

На стимулирующее действие гуминовых кислот указывали многие ученые: Нефедов (1), Боттомли (2, 3, 4, 5, 6), А. В. Благовещенский (7) и А. А. Прозоровская (8), Н. А. Красильников (9), Лиске (10), Олсон (11), Никлевский и Войцеховский (12), Кути и Печник (13), позднее — М. М. Кононова и Н. А. Панкова (14), Бибер и Матазинер (15), Отто (16), Флайг (17), Гуминский, Гуминская (18) и другие, но условия, при которых проявляется это действие, и в чем физиологическая суть этого явления, изучены не были. До начала наших работ по этому вопросу высказывались такие точки зрения.

А. В. Благовещенский (7), отмечая сложность молекулы гуминовых кислот, пришел к выводу, что они никакого значения для непосредственного питания растений иметь не могут, и высказал предположение, что гуминовые кислоты имеют гормональные свойства.

На усиление действия P_2O_5 и K_2O под влиянием гуминовой кислоты указывала А. А. Прозоровская (8), которая провела ряд опытов в почвенных культурах. Она же на чешуйках лука изучала влияния гуминовой кислоты на экзоосмос сахаров. Результаты этого опыта показали, что экзоосмос сахаров под влиянием гуминовой кислоты увеличился до 160—180%. Кроме того, А. А. Прозоровская пришла к выводу, что в больших дозах гуминовые кислоты могут служить для растений источником железа, но в основном их положительное действие следует отнести за счет стимулирующего влияния на жизнедеятельность растительных организмов.

Положительное действие угольных препаратов Киссель [19] объяснял, с одной стороны, их воздействием на физико-химические свойства почвы, а с другой — стимулирующим действием на растительную клетку и, в первую очередь, на развитие хлоропластов.

Боттомли [2, 3, 4, 5, 6], работая с бактериоризованным торфом, компостами и вытяжками из перегноя, установил, что небольшие дозы вытяжек из торфа способствовали значительному увеличению образования сухой массы растений. Большинство опытов было проведено с ряской. Действующим началом в торфе, углях и других растительных остатках он считает особые органические вещества, называемые им «ауксимонами», действие которых Боттомли сравнивает с действием катализаторов.

Опыты Боттомли проверяли Кларк и Роллер [20], проводившие свои исследования с разными источниками минерального питания. Результаты, полученные ими, подтвердили опыты Боттомли и показали, что растения, в частности ряска, могут развиваться и без органических веществ, но в их присутствии развиваются лучше. В стерильных условиях действие этих вытяжек было более заметным.

Положительное действие перегнойных веществ почвы на рост высших растений Н. А. Красильников [9] объясняет воздействием на них продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. Изучая воздействие микроорганизмов (130 видов) на проростки пшеницы, Н. А. Красильников установил, что разные микроорганизмы по-разному действуют на рост проростков пшеницы. Одни из них являются ингибиторами роста, другие активаторами.

При изучении действия бактерий на рост изолированных корней пшеницы, гороха и кукурузы Н. А. Красильников и Н. Горкина [21] нашли, что решающее значение в развитии корней имеют продукты жизнедеятельности микробов (к ним следует отнести и гуминовую кислоту).

Этот вывод Н. А. Красильников подтверждает и в своих более поздних работах [22, 23, 24, 25]. Он отмечает, что антибиотики, которые вырабатываются в почве грибами и бактериями, также являются важным фактором в жизни высшего растения. Так, например, было установлено, что грамицидин С оказывает угнетающее влияние на развитие клевера, тогда как пенициллин и аспергеллин — положительное.

П. А. Власюк [26] отмечает, что под влиянием внесения бурого угля в количестве 20—30 кг/га улучшается развитие корневой системы и ассимилирующей поверхности, а также повышается накопление хлорофилла и сахаристости в растениях, активизируется окислительно-восстановительная ферментативная деятельность. Он объясняет это улучшением условий минерального питания, которые создаются благодаря сорбционной способности угля.

Лиске [10] пришел к выводу, что положительное действие бурого угля объясняется присутствием гуминовых кислот, которые повышают проницаемость растительной перепонки и тем самым усиливают поступление минеральных веществ в клетку корня.

Близка к этому представлению точка зрения Никлевского и Войцеховского [12], которые наблюдали усиленное развитие корней под влиянием гумусовых веществ, добытых из навоза и торфа. Они считают, что наблюдаемый ими эффект обуславливается повышением проницаемости клеток корней и лучшим использованием питательных веществ.

Кути и Печник [13] в Химическом институте Венгерской сельскохозяйственной академии повторили и расширили опыты Никлевского и Войцеховского. Они выясняли механизм стимулирующего действия гуминовых веществ, то есть влияет ли гуминовая кислота как гормон или же усиливает проницаемость клеточной оболочки.

Изучая действие золя гуминовой кислоты как на живом растении, так и путем наблюдения явлений диффузии и осмоса окрашенных растворов в желатине и в вырезанной сердцевине корня сахарной свеклы, они не пришли к определенным выводам, хотя больше склонялись к предположению о гормональном характере действия гуминовых кислот.

Наши работы в области изучения гуминовых удобрений начались в 1934 году. В разные годы нами ставились различные задачи, но основной целью было изучение влияния гуминовых кислот на процессы питания растений и разработка наиболее эффективных способов их использования в целях удобрения.

В течение всего периода исследований мы ставили самые разнообразные опыты как в почвенных, так и в песчаных и водных культурах, которые также показали, что гуминовым кислотам присуще стимулирующее влияние на высшие растения.

Это свойство гуминовых кислот проявляется различно в зависимости от целого ряда условий, как-то: свойства самих гуминовых кислот, биологических особенностей растений, внешней среды и т. д.

Так как эффективное применение гуминовых кислот в качестве удобрения невозможно без установления условий, при которых ее стимулирующее действие проявится наиболее полно, а также природы самого явления, мы провели ряд исследований в этом направлении, результаты которых и публикуются в настоящей статье.

В проведении некоторых экспериментов, о которых сообщается в этой статье, принимали участие Т. Т. Новак-Хлебников, П. А. Зуев, И. Спивак, Н. И. Гусак и З. Ф. Мануйлова, бывшие тогда студентами Херсонского сельскохозяйственного института.

Методика работы

Уже указывалось, что одна группа исследователей связывает положительное действие гуминовых кислот с влиянием их на проницаемость клеток корня и, как следствие этого, усилением питательных веществ, другая — с влиянием на физико-химические свойства почвы и условия прорастания корневой системы.

Для того, чтоб изолировать действие гуминовых кислот от этих факторов и избежать реакций взаимодействия их с солями почвы или питательных смесей, мы поставили ряд опытов на дистиллированной воде с проростками в возрасте до трех недель, когда растение еще может развиваться за счет питательных веществ эндосперма. Именно в это время наиболее четко проявляются биологические особенности отдельных видов растений, и они чрезвычайно сильно реагируют на внешние условия.

Семена для этих опытов проращивались в течение 5—7 дней в водопроводной воде на сетке, после чего высаживались в поллитровые банки с дистиллированной водой, куда была внесена гуминовая кислота. О действии гуминовых кислот судили по изменению длины корней, которые измерялись каждый в отдельности. Из всех измерений выводилась среднеарифметическая длина корня и квадратическое отклонение от средней. Повторность опытов четырехкратная.

Источником гуминовых кислот в наших опытах служили: торф, выветрившийся каменный уголь и сопровождающие его углистые сланцы, так называемая «сажа», темнокаштановая почва из учхоза Херсонского сельскохозяйственного института.

Извлечение гуминовых кислот производилось 2%-ным раствором КОН или NaOH по методике, разработанной научно-исследовательским институтом удобрений и инсектофунгицидов для извлечения гуминовой кислоты торфа. Этот раствор гумата натрия или калия отдиализовали до нейтральной реакции промывных вод по индикатору фенол-рот, после чего переносили в мерную колбу, доводили дистиллированной водой до черты и в нем устанавливали титр по углероду (метод Кубель-Тимана).

Чтобы получить гуматы двух и трехвалентных металлов, поступали следующим образом: брали определенный объем гумата калия, к нему добавляли в избытке раствор хлористой соли соответствующего металла и оставляли на сутки. Полученный осадок гумата многовалентных металлов собирали на фильтре, промывали водой до исчезновения пробы на хлор и вносили под растение.

УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ СТИМУЛИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Первой задачей нашей работы было выявление оптимальных, с точки зрения стимулирующего действия, доз гуминовой кислоты. Опыты проводились с гуматом калия, полученным из описанной выше «сажи» с двумя культурами: яровой пшеницы Лютеценс-62 и машем *Phaseolus aureus*.

Целью первого опыта было выявлением действия разных концентраций гуминовых кислот в начале прорастания семян. Для этой цели была применена методика Благовещенского А. В. и Кологривой А. А. [27].

Опыт был заложен 5 марта 1948 г. в 2-х сериях. В фарфоровые чашки положили по 20 зерен маша и прибавили по 2 мл гумата калия соответствующей концентрации. В первой серии чашки были закрыты стеклом, и таким образом в них в течение всего опыта поддерживалась постоянная концентрация раствора. Во второй серии чашки оставались на открытом воздухе, растворы медленно испарялись, и проростки подвергались действию все возрастающих концентраций. Эта серия была включена потому, что на юге, при прорастании в естественных условиях, растения испытывают воздействие все увеличивающихся концентраций почвенного раствора вследствие быстрого иссушения верхних горизонтов почвы.

Измерение корешков маша производилось на 4-й день опыта (табл. № 1).

Таблица 1

Увеличение длины корешков под влиянием различных концентраций гумата калия
(Опыт 1948 г.)

Схема опыта	Средняя длина корня			
	при постоянной концентрации		при постепенном подсыхании	
	мм	%	мм	%
Дистиллированная вода	8,7±0,68	100	8,8±0,3	100
Гумат калия 0,00002%	11,3±0,87	129	12,5±0,5	142
Гумат калия 0,0002%	11,0±0,68	126	11,6±0,4	131
Гумат калия 0,002%	13,6±0,60	156	10,7±0,6	122
Гумат калия 0,02%	13,3±0,85	152	нет данных	—
Гумат калия 0,2%	8,3±0,30	95	5,5±0,4	63

Из этих данных следует, что гуминовая кислота стимулирует рост проростков маша в концентрации до сотых долей процента. В больших концентрациях она токсична.

Важно отметить, что при подсыхании гуминовая кислота частично коагулирует и только при самой высокой концентрации остается в состоянии золя. Таким образом, токсичность больших ее доз находится в связи с ее физико-химическим состоянием, а процесс перехода из золя в гель нужно рассматривать, как механизм саморегулирования концентрации. Наличие у гуминовых кислот свойств саморегулирования концентраций создает особые преимущества для применения их в районах с недостаточно влажным климатом. Токсичность гуминовых и ульминовых кислот по отношению к микроорганизмам и связь этого явления с их физико-химическим состоянием были впервые открыты акад. Вильямсом [28].

Опыт с яровой пшеницей преследовал цель выяснить влияние разных концентраций гуминовой кислоты на рост корней в более позднюю фазу развития растений, а также значение физико-химического состояния кислоты. Чтобы свести к минимуму действие дополнительных факторов, для коагуляции гуминовой кислоты, была взята водопроводная вода. Опыт был заложен в двух вариантах: на дистиллированной и водопроводной воде.

8 марта 1948 г. семена были положены на сетку, 16 пересажены в банки, 19 были сделаны первые промеры корней, 23 — вторые. Результаты сведены в табл. 2.

Таблица 2
Влияние различных концентраций гумата калия на рост корней яровой пшеницы (по опыту 1948 г.)

Схема опыта	Длина корня первого порядка				Длина стебля	
	1-е измерение		2-е измерение		мм	%
	мм	%	мм	%		
На дистиллированной воде						
Вода	63±5	100	65±2,2	100	92	100
Гумат калия 0,00006% . .	62±3,2	98	56±1,5	86	112	122
Гумат калия 0,0006% . .	83±7,9	131	111±7,5	171	125	136
Гумат калия 0,006% . . .	80±7,5	127	109±7,5	168	135	147
Гумат калия 0,06% . . .	57±5,5	90	79±7,0	121	127	138
На водопроводной воде						
Вода	95±5	100	144± 8	100	Разницы в росте стебля не было	
Гумат калия 0,00006% . .	90±4,5	95	158±10	110		
Гумат калия 0,0006% . .	99±4,8	104	144±11	100		
Гумат калия 0,006% . . .	101±4,8	106	143±12	100		
Гумат калия 0,06%	122±7,5	128	нет данных			

Данные этого опыта показывают, что максимальный эффект от золя гуминовой кислоты наблюдался в пределах тысячных и десятитысячных долей процента. Увеличение концентрации золя выше тысячных долей процента снижает ее действие.

Когда же гуминовая кислота вносится в виде геля, картина меняется. Эффект от гуминовой кислоты наблюдается только в том случае, когда доза геля увеличивается. Это положение находит свое объяснение в свойствах гуминовой кислоты, которая относится к чрезвычайно гидрофильным коллоидам и при малых концентрациях электролитов легко пептизируется водой. Положительный эффект больших доз геля нужно объяснить тем, что часть его переходит обратно в раствор.

Опыт, проведенный с твердой пшеницей Палестинкой 9, дал совершенно аналогичные результаты.

Известно, что гуминовая кислота с одновалентными металлами дает растворимые соли, образующие высокодисперсные истинные растворы, а с двух и трехвалентными металлами — нерастворимые, выпадающие в осадок.

Для того, чтобы еще более четко установить значение растворимости гуминовой кислоты, с 1 по 15 апреля 1948 г. был проведен еще один опыт с яровой пшеницей Палестинкой 9.

В качестве источника гуминовой кислоты вносились гуматы калия, натрия, аммония, кальция и железа в концентрации 0,0006% (табл. 3).

Таблица 3

Влияние различных солей гуминовой кислоты на рост корней яровой пшеницы
(По опыту 1948 г.)

Схема опыта	Число корней на растение		Длина корня		Длина стебля	
	1-го порядка	2-го порядка	мм	%	мм	%
Дистиллированная вода	3	1	35±7	100	96	100
Гумат калия	3	15	84±17	240	146	152
Гумат натрия	4	20	134±27	382	140	146
Гумат аммония	4	20	139±24	397	142	148
Гумат железа	3	1	58±9	166	132	137
Гумат кальция	3	2	65±8	186	138	144

Эти данные показывают, что лучше всего действуют гуматы натрия и аммония, а затем калия. Гуматы кальция и железа дают очень небольшой эффект. Таким образом, те гуматы, которые дают высокодисперсные и истинные растворы, оказывают наиболее сильное стимулирующее действие.

Для того, чтобы установить, как реагируют различные сельскохозяйственные культуры на стимулирующее влияние гуминовой кислоты, в июне 1948 г. был проведен опыт с проростками разных растений. Методика опыта та же, что и предыдущих. В качестве источника гуминовой кислоты взяли смесь выветрившегося каменного угля и углистого сланца. Отдигализованный гумат натрия испытывался в концентрации 0,0005%. Результаты опыта с зерновыми приведены в табл. 4.

Из приведенных данных можно сделать вывод, что гуминовая кислота оказала положительное влияние на все испытанные культуры, но отдельные виды и даже сорта реагировали не с одинаковой активностью. Кроме того, влияние гуминовой кислоты на развитие корней и стеблей было неодинаково; более заметно оно сказалось на развитии корней. Усиление роста стеблей под влиянием гуминовых кислот наблюдалось только у более отзывчивых культур.

Наибольшее влияние на рост корней первого порядка и образование корней второго порядка оказала гуминовая кислота при опытах с озимой пшеницей. Под влиянием кислоты общая протяженность корневой системы у озимой пшеницы Ворошиловской увеличилась примерно в 15 раз, у Украинки — в 23 раза.

На второе место по реакции на гуминовые кислоты можно поставить ячмень ОД-9, у которого общая протяженность корневой системы возросла в 11 раз. Интересно отметить, что второй сорт ячменя — Паллидум-32 на гуминовые кислоты почти совсем не реагировал.

Влияние исследуемых кислот на развитие корней у яровых пшениц наблюдалось у всех сортов. Из мягких пшениц особенно реагировала Лютеценс 62, а из твердых Палестинка 9. Слабее всех Малянопус 1387.

Из других зерновых культур хорошо реагировали на гуминовую кислоту овес-Лоховский, просо Харьковское 2 и рис Кендзо.

Таблица 4
 Влияние гумата натрия на образование корней у зерновых культур
 (По опыту 1948 г.)

Культура и сорт	Схема опыта	Корни первого порядка		Корни второго порядка		Длина стебля в мм
		длина в мм	в % к контролю	число корней	длина в мм	
Яровая пшеница						
Тетчер	Вода	92 ± 12	100	9	1	21,0
	Гумат натрия . . .	226 ± 33	245	49	30—40	190
Лютеценс 62	Вода	68 ± 11	100	1	1	139
	Гумат натрия . . .	200 ± 23	294	58	30—40	192
Мелянопус 1387	Вода	152 ± 18	100	7	1	210
	Гумат натрия . . .	240 ± 21	158	63	21—31	210
Ферогицеум	Вода	120 ± 20	100	14	1	250
	Гумат натрия . . .	280 ± 41	229	90	3—5	230
Палестинка 9	Вода	75 ± 10	100	нет	нет	240
	Гумат натрия . . .	300 ± 38	400	58	1—3	270
Озимая пшеница						
Ворошиловская	Вода	61 ± 8	100	нет	—	151
	Гумат натрия . . .	325 ± 48	533	60	10—60	209
Украинка	Вода	75 ± 11	100	1	1	201
	Гумат натрия . . .	378 ± 46	504	105	10—10 ⁰	232
Ячмень						
Паллидум 32	Вода	200 ± 28	100	22	1	230
	Гумат натрия . . .	272 ± 31	136	73	10—30	195
Одесский 9 (ОД-9)	Вода	64 ± 7	100	1	1	152
	Гумат натрия . . .	232 ± 31	362	153	1—4	175
Овес						
Лоховский	Вода	52 ± 9	100	нет	—	174
	Гумат натрия . . .	240 ± 27	462	45	10—30	165
Хасан	Вода	91 ± 11	100	12	10—50	190
	Гумат натрия . . .	241 ± 30	265	32	10—50	200
Кукуруза						
Гибрид Браунконди × мезозота	Вода	68 ± 8	100	112	1—10	290
	Гумат натрия . . .	263 ± 31	382	460	2—30	265
Просо						
Харьковское 2	Вода	50 ± 5	100	5	1	50
	Гумат натрия . . .	170 ± 13	340	94	5—10	60
Рис						
Кендзо	Вода	88 ± 6	100	85	1—2	82
	Гумат натрия . . .	247 ± 18	280	280	1—2	145
№ 87	Вода	90 ± 7	100	—	—	140
	Гумат натрия . . .	152 ± 12	173	—	—	171

Влияние этих кислот на рост бобовых иллюстрируется табл. 5.

Таблица 5
Влияние гумата натрия на образование корней у бобовых культур
(По опыту 1948 г.)

Наименование культур	Схема опыта	Корни первого порядка		Корни второго порядка		Длина стебля в мм
		длина в мм	в % к контролю	число	длина в мм	
Коровий горох	Вода	255 ± 7	100	52	5—8	110
	Гумат натрия	290 ± 8	118	59	8—10	114
Маш	Вода	170 ± 10	100	55	5—50	175
	Гумат натрия	257 ± 21	151	53	5—100	175
Фасоль тепари	Вода	175 ± 17	100	46	10—120	265
	Гумат натрия	221 ± 22	126	89	10—170	270
Люцерна	Вода	60 ± 8	100	7	1—2	—
	Гумат натрия	128 ± 15	201	10	1—3	—
Арахис скороспелка	Вода	120 ± 8	100	42	5—20	—
	Гумат натрия	160 ± 11	133	56	5—50	—

Из таблицы видно, что бобовые реагируют на гуминовые кислоты значительно слабее зерновых. На первое место по реакции на гуминовые кислоты здесь нужно поставить люцерну и маш.

В табл. 6 представлены результаты опыта с масличными культурами.

Таблица 6
Влияние гумата натрия на образование корней у масличных культур
(По опыту 1948 г.)

Наименование культуры	Схема опыта	Корни первого порядка		Корни второго порядка		Длина стебля в мм
		длина в мм	в % к контролю	число	длина в мм	
Подсолнечник Ждановский 8281	Вода	144 ± 15	100	75	10—50	80
	Гумат натрия	125 ± 14	90	76	10—50	110
Подсолнечник 1813	Вода	235 ± 18	100	48	10—20	140
	Гумат натрия	215 ± 19	92	45	10—30	135
Подсолнечник силосный „Гигант“	Вода	182 ± 15	100	81	10—20	105
	Гумат натрия	172 ± 16	95	98	10—20	101
Клещевина	Вода	61 ± 8	100	57	5—20	136
	Гумат натрия	63 ± 7	100	83	5—20	161
Кунжут	Вода	20 ± 0,8	100	3	1—2	25
	Гумат натрия	30 ± 1,1	150	7	1—2	35
Лен-124	Вода	196 ± 31	100	17	1—5	112
	Гумат натрия	187 ± 28	95	11	1—5	40
Хлопчатник 1306	Вода	120 ± 13	100	46	10—20	80
	Гумат натрия	165 ± 18	137	35	10—20	80
Хлопчатник 611	Вода	115 ± 11	100	11	10—20	75
	Гумат натрия	195 ± 21	170	20	10—20	80
Хлопчатник ОД-1	Вода	120 ± 14	100	14	10—20	75
	Гумат натрия	150 ± 17	128	47	10—20	78
Сафлор	Вода	125 ± 14	100	17	10—10	40
	Гумат натрия	145 ± 16	115	23	10—20	40

Из этой таблицы можно сделать вывод, что гуминовая кислота не оказала влияния на корнеобразование почти у всех масличных, за исключением только хлопчатника 611, ОД-1 и кунжута.

Сопоставив все эти данные, можно сделать вывод, что гуминовая кислота, внесенная в виде гумата натрия в концентрации 0,0005%, оказывает сильное влияние на жизнедеятельность злаков, менее бобовых и почти совсем не оказывает на большинство масличных. Все эти группы сельскохозяйственных культур различаются прежде всего по характеру запасных питательных веществ. У зерновых основным их видом является крахмал, у бобовых — белки, у масличных — жиры. Очевидно, причину различного отношения этих сельскохозяйственных культур к гуминовой кислоте в начале развития растений нужно искать в разном характере превращения органических веществ.

Для того, чтобы проверить это положение, в опыт были дополнительно включены помидоры, столовая и сахарная свекла и кок-сагыз.

Результаты опыта приведены в табл. 7.

Таблица 7
Влияние гумата натрия на образование корней у различных культур
(По опыту 1948 г.)

Наименование культур	Схема опыта	Корни первого порядка		Число корней второго порядка
		в мм	в % к контролю	
Помидоры	Вода	10,0	100	0
	Гумат натрия . .	22,7	227	24
Свекла столовая	Вода	8,0	100	7
	Гумат натрия . .	20,0	250	50
Свекла сахарная	Вода	10,0	100	3
	Гумат натрия . .	23,7	237	58
Кок-сагыз	Вода	5,0	100	14
	Гумат натрия . .	9,0	180	45

Полученные данные показывают, что все эти культуры, у которых основным запасным питательным веществом являются углеводы, положительно реагируют на гуминовую кислоту. Так как кок-сагыз в начальном периоде развивается очень медленно, опыт с ним был предложен до 45 дней. При этом оказалось, что контрольные растения почти совсем погибли, растения же, бывшие предметом опыта, чувствовали себя прекрасно, корни и розетка развивались дальше, и к моменту окончания опыта розетка состояла из 10 листьев, а у контрольных из 4.

Опытные данные позволяют разбить все сельскохозяйственные растения по реакции на гуминовые кислоты на четыре группы:

1. Группа очень сильно реагирующих растений: помидоры, картофель, сахарная и столовая свекла.

2. Группа хорошо реагирующих растений: озимые и яровые пшеницы, за исключением сорта Мелянопус 1387, ячмень, за исключением сорта Паллидум 32, овес, просо, кукуруза, рис, кок-сагыз, житняк, люцерна.

3. Группа слабо реагирующих: маш, горох, фасоль, коровий горох, чечевица, арахис, кунжут, хлопчатник ОД-1.

4. Группа почти не реагирующих растений: подсолнечник, клецвина, хлопчатник (большинство сортов), кенаф, тыква голосемянная.

Из литературы известно, что целый ряд веществ способствует укоренению черенков. Для того, чтобы проверить, будет ли гуминовая кислота оказывать влияние на образование корней у черенков, 24/III—48 г. в теплице Херсонского Сельхозинститута (солнечный нагрев) был заложен опыт по следующей методике: черенки растений выдерживались в гумате

натрия при концентрации 0,0006% в течение 24 часов [контроли выдерживались в водопроводной воде] и высаживались в ящики с песком как без минеральных удобрений, так и в песок, удобренный фосфатом калия и азотно-кислым аммонием из расчета 0,1 г азота фосфора и калия на один килограмм песка.

16/IV был сделан первый просмотр растений и при этом обнаружено следующее: черенки седума начали укореняться во всех вариантах опыта и разницы в состоянии корней не было. На черенках лакфиоли, хризантемы и плюща в вариантах, обработанных гуминовой кислотой, было замечено калусообразование. В период этого опыта стояла очень холодная погода, и ростовые процессы в растениях были очень замедлены. Поэтому, когда стало теплее, мы полили гуминовой кислотой все те варианты опыта, в которых были высажены черенки, обработанные гуминовой кислотой. Контрольные одновременно полили водой. 7/V опыт был закончен. Полученные результаты его сведены в табл. 8.

Таблица 8

Влияние гуминовой кислоты на укоренение черенков в %
от общего числа черенков
(По опыту 1948 г.)

Название растений	Без минерального удобрения		С минеральным удобрением	
	контрольные растения	растения, обработанные гуминовой кислотой	контрольные растения	растения, обработанные гуминовой кислотой
Санталина	100	100	100	100
Самшит	нет	нет	нет	нет
Плющ	100	100*	100	100*
Бирючина	20	85	20	67
Роза	нет	нет	нет	нет
Ива вавилонская	начало	67*	нет	нет
Эвонимус	начало	начало	нет	нет
Лакфиоль	нет	70*	нет	нет
Хризантема желтая	100	100*	100	100*
Эхеверия	100	100*	100	100*
Гвоздика	нет	30	нет	начало
Седум	100	100	100	100

Эти данные показывают, что лучший рост корней под влиянием гуминовой кислоты было у бирючины, ивы вавилонской, лакфиоли, хризантемы, эхеверии. Минеральные удобрения на укоренение черенков положительного влияния не оказали.

Одновременно с этим опытом черенки седума и помидоров сорта «Чудо рынка» были посажены в банки с дистиллированной водой по схеме: а) без гуминовой кислоты и б) с гуматом калия в концентрации 0,0006%. На 15 день опыта, то есть 16/IV 1948 г., на корнях седума как в гуминовой кислоте, так и в дистиллированной воде появились корни. На помидорах корни появились только там, где была внесена гуминовая кислота.

Затем было замечено, что корни в гуминовой кислоте растут гораздо лучше: их больше, они длиннее и покрываются корнями второго порядка. 10/V опыт был прекращен.

* Корни развиты лучше контрольных.

Результаты приведены в табл. 9.

Таблица 9

Влияние гуминовой кислоты на укоренение черенков седума и помидоров
(По опыту 1948 г.)

Схема опыта	П о м и д о р ы			С е д у м		
	число кор- ней перво- го порядка	средняя длина кор- ня в мм	число кор- ней второго порядка	число кор- ней перво- го порядка	средняя длина кор- ня в мм	число кор- ней второ- го порядка
Дистиллированная вода	2	20	нет	16	5	нет
Гумат натрия	10	70	35	14	80	покрыты сплошь

Из приведенных данных видно, что гуминовая кислота в водной культуре оказала исключительное влияние на развитие корней у черенков помидор и седума. Интересно сопоставить влияние гуминовой кислоты на черенкование седума в песке, где он и так хорошо укореняется, и в дистиллированной воде, где он находился в условиях, не соответствующих его физиологическим требованиям.

Оказывается, что действие гуминовой кислоты на укоренение этой культуры было более резким именно тогда, когда растение было поставлено в необычные для себя условия.

Природа стимулирующего влияния гуминовой кислоты

Из литературы известно, что относительно природы эффективности гуминовых удобрений есть две принципиальные точки зрения. Одни исследователи считают, что гуминовые кислоты улучшают физико-химические свойства почвы и, таким образом, создают более благоприятные условия для роста и развития растений, а другие предполагают непосредственное воздействие кислоты на растительный организм.

В наших опытах, по изучению влияния гуминовых кислот на растения, исследуемые кислоты вносились в очень малых количествах и давали положительный эффект в водных культурах, где исключается влияние на физико-химические свойства среды. Следовательно, причину эффективности гуминовых кислот нужно искать в непосредственном воздействии на растительный организм. Представление о природе этого явления можно свести в основном к двум точкам зрения.

Одна группа исследователей считает, что гуминовая кислота как высокодисперсный золь, соприкасаясь с клетками корня, оказывает влияние на их физико-химическое состояние, увеличивает проницаемость протоплазм и таким образом способствует поступлению питательных веществ в растение. По мнению другой группы авторов, положительное действие кислот на растение обуславливается содержащимися в них фитогормонами. Общепринятым является мнение о том, что гуминовая кислота не поступает в растение и участия в процессе питания не принимает.

Рассмотрим результаты наших исследований под углом зрения этих положений.

Если бы гуминовые кислоты вносились нами в присутствии минеральных веществ, то полученные результаты легче всего было бы объяснить тем, что кислоты, соприкасаясь с клетками корня, оказали влияние на их проницаемость в чисто физико-химическом смысле, тем самым усилили

поступление питательных минеральных веществ в растение, что в свою очередь, сказалось на процессах синтеза и привело к повышению урожая.

Но как объяснить резкое увеличение длины корня первого порядка, образование корней второго порядка, усиление роста листьев у ряда культур под влиянием гуминовых кислот, когда они вносятся прямо в дистиллированную воду? Здесь не могло быть влияния на поступление питательных веществ извне ни за счет повышения проницаемости, ни за счет увеличения растворимости солей питательного раствора в результате реакции взаимодействия с гуминовыми кислотами, так как этих солей вообще не было в среде корневого питания. Не могло происходить и простой перекачки питательных веществ в корни из других органов, так как в этих опытах ясно видно увеличение размеров стеблей. Следовательно, нужно сделать вывод, что гуминовые кислоты самостоятельно оказывают влияние на весь организм растения. Представление о том, что эффект от гуминовых кислот обуславливается только внешним воздействием их на клетки корня и повышением их проницаемости в чисто физико-химическом отношении, неправильно.

Согласно второй точки зрения, воздействие гуминовых веществ на растение обуславливается присутствием в них фитогормонов.

Для того, чтобы выяснить, обуславливается ли наблюдаемый эффект собственно гуминовыми кислотами или присутствием фитогормонов в вытяжках, которые могут извлекаться из каустобиолитов вместе с гуминовой кислотой, был поставлен специальный опыт.

Взяли образцы углистого сланца с различной глубины, полагая, что на большой глубине гуминовых кислот в них не содержится, в поверхностных же слоях (до 3,5 м) кислоты уже образуются вследствие окисления гуминов и гумитов. Из всех этих разновидностей сланцев были сделаны вытяжки водой, спиртом и 2%-ной NaOH. Водная и спиртовая приготовлены на холоде путем экстракции образцов соответствующим растворителем в соотношении 1:10 в течение 10 дней, а щелочная — при подогревании в течение 30 минут. Последняя вытяжка была отфильтрована до нейтральной реакции промывных вод по индикатору фенолрот. Спиртовая вытяжка была разбавлена водой, после чего спирт был отогнан, и все вытяжки были доведены до одного и того же объема, затем в равных количествах вносились в дистиллированную воду под растение.

Опыт был заложен с яровой пшеницей Лютесценс 62. Растения посажены в банки 22 июня 1948 г., промеры сделаны 28 июня.

Результаты опыта приведены в табл. 10.

Из таблицы видно, что все вытяжки из углистого сланца, не содержащие гуминовых кислот, стимулирующего эффекта не оказали, а содержащие усилили рост корней. Следовательно, наблюдаемый эффект от воздействия этих вытяжек нужно объяснить присутствием в них растворимых кислот, а не присутствием в их составе фитогормонов. Это положение совершенно бесспорно для щелочной вытяжки из торфа и углистых сланцев, содержащих гуминовые кислоты, что же касается спиртовых, в которых растворяются и фитогормоны, то могут возникнуть такие предположения: фитогормоны флоры карбона в процессе гумификации и углефикации не разлагались до конечных продуктов разложения, а претерпевали изменения, аналогичные тем, которые привели к преобразованию флоры карбона в ископаемый уголь.

Эти преобразования характеризуются, как известно, полимеризацией молекул, дегидратированием и обуглероживанием. Такое преобразование фитогормонов, если оно имело место, должно было привести, с одной стороны, к потере гормонального действия, а с другой — к своего рода

Таблица 10
Влияние различных вытяжек из углистых сланцев, содержащих гуминовые кислоты, на образование корней у яровой пшеницы Лютеценс 62
(По опыту 1948 г.)

Схема опыта	Углистый сланец, не содержащий гуминовых кислот			Углистый сланец, содержащий гуминовые кислоты			Т о р ф		
	длина корня первого ряда	число корней второго ряда	длина стебля в мм	длина корня первого ряда	число корней второго ряда	длина стебля в мм	длина корня первого ряда	число корней второго ряда	длина стебля в мм
Контроль дистиллированная вода	84±6	2	190	84±6	2	190	84±6	2	190
Водная вытяжка	62±4	нет	191	105±9	нет	205	80±7	нет	181
Спиртовая вытяжка	82±6	"	189	131±11	4	190	155±12	4	240
Щелочная вытяжка	86±7	"	184	246±18	86	220	275±14	116	220

консервации их в какой-то малодетальной форме. По мере обратного метаморфоза, когда идут процессы гидратирования, диспергирования и окисления, эти «консервированные» малодетальные фитогормоны могли регенерироваться и переходить в деятельное состояние.

В качестве возражения против этого может быть указано следующее:

1) установленная Ф. Кеглем [29] быстрая потеря активности ауксинов при хранении, особенно ауксина В, которая наступает при хранении в темноте и даже под вакуумом через несколько месяцев;

2) более низкая точка плавления фостовых веществ (ауксин А—196°, ауксин В—183°, гетероауксин — 164—165°), чем температура метаморфоза (по Эрдману, 300°) угля;

3) чувствительность фитогормонов к щелочам.

Гуминовую кислоту для наших опытов, кроме указанных выше методов, мы получали [30] и путем сплавления углистых сланцев со смесью КОН + КNO₃, при температуре 300°. Опыт показал, что, независимо от способа получения, все отдиализованные гуматы оказывали стимулирующее действие на рост корневой системы.

Фитогормоны, а тем более витамины, представляют собой вещества очень лабильные, часто ненасыщенные, и совершенно невероятно, чтобы они могли сохранить свои физиологически активные свойства после такой обработки.

Сопоставляя данные, характеризующие химические свойства фитогормонов, витаминов и тому подобных веществ со свойствами гуминовых кислот и с результатами опыта, в котором под растение вносились вытяжки из углистых сланцев, содержавших и не содержавших гуминовые кислоты, можно прийти к окончательному выводу, что эффект непосредственного воздействия растворимых гуминовых кислот обуславливается не присутствием в них фитогормонов, а принадлежит самой гуминовой кислоте.

Но как же объяснить это воздействие гуминовых кислот на жизнедеятельность растений?

Мы отвергли мнение о том, что влияние гуминовых кислот сводится к чисто внешнему воздействию их на физико-химические свойства протоплазмы клеток корня и повышению проницаемости. На основании специального опыта, описанного выше, мы отвергли также мнение о том, что действие гуминовых кислот обуславливается присутствием в них фитогормонов. Глубокое воздействие истинных растворов гуминовых кислот на жизнедеятельность организма можно объяснить довольно просто, если допустить, что исследуемая кислота, находясь в состоянии истинного раствора, поступает в растение и включается в общий обмен веществ. Возражением против этого предположения является общепринятая точка зрения о том, что гуминовая кислота, обладая очень промоздкой молекулой, не может поступать в растение.

Рассмотрим это возражение в свете новейших данных о строении молекулы гуминовых кислот. Еще в 1938 г. Седлецкий [31] писал, что гуминовые кислоты, представляя собой полимерные соединения, построены по типу цепочки, которая может обрываться в разных местах и при различных условиях давать продукты разного молекулярного веса. С. С. Драгунов [32] рассматривает гуминовые вещества, как гетерополиконденсаты различного молекулярного веса, вследствие чего, по его мнению, они могут быть разделены по растворимости на несколько фракций. В соответствии с этим, он рассматривает фульвокислоты, как водные растворы гуминовых кислот. Таким образом, исследования последних лет показывают, что гуминовые кислоты представляют собой сложные соединения, которые могут расщепляться на более простые. Возникает вопрос, можно ли на современном этапе развития науки о питании растений предположить, что эти продукты расщепления молекулы гуминовой кислоты поступают в растение в качестве питательных веществ?

Обратимся к имеющимся данным. Еще в 1911—1913 гг. в своих классических исследованиях в стерильных условиях И. С. Шулов [33] показал, что аминокислоты усваиваются высшими растениями. Сейчас эта мысль находит свое полное подтверждение в опытах Г. М. Шавловского [34], который применил метод питания метатионом и лизатом микробных клеток, содержащих радиоактивный изотоп серы, и обнаружил его в растении.

Для того, чтобы доказать поступление в растение продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, член-корреспондент АН СССР Н. А. Красильников [24] применил антибиотики, а затем индекировал их в растении.

Е. Н. Козлова [35] указывает на проникновение органических инсектоцидов в ткани растений.

Мысль о поступлении органических веществ в растение находит подтверждение также в работах К. И. Семигрея [36], Я. М. Гелермана [37] и Н. Г. Холодного [38]. Последним поднят вопрос об использовании высшими растениями летучих органических соединений почвы.

А. П. Щербаков [39], анализируя образование октябрьского прироста у древесных, приходит к выводу, что он образуется главным образом не за счет перекачки продуктов ассимиляции из хвои, а за счет непосредственного усвоения продуктов распада органического вещества почвы по типу изолированного питания корней.

Здесь нужно напомнить, что использование органических веществ изолированными корнями не вызывает сейчас ни у кого сомнения. Следовательно, ферментативный аппарат клеток корня приспособлен к использованию органических веществ независимо от того, поступают ли они из листа или из внешней среды. С биохимической точки зрения нет глубокого различия между аутоτροφным и гетеротрофным типом питания.

Вообще работы последнего времени очень сильно поколебали старые представления о путях использования углерода высшими растениями.

Для примера сошлемся на работу группы сотрудников во главе с членом-корреспондентом АН СССР А. Л. Курсановым [40], в которой при помощи радиоактивного углерода доказано поступление углекислоты через корни и ее темневая фиксация.

В последнее время академик Т. Д. Лысенко [41] выдвинул идею, что главным видом пищи для высших растений являются продукты жизнедеятельности микрофлоры почвы.

Все это заставляет считать правдоподобным возможность поступления гуминовой кислоты в растение.

Для того чтобы доказать этот факт, нужно какой-либо специфической реакцией установить ее присутствие в клеточном соке. К сожалению, автору настоящей работы такая реакция неизвестна, и поэтому для доказательства поступления гуминовой кислоты пришлось идти косвенным агробиологическим путем.

В период с 20 апреля по 10 мая 1948 г. был заложен специальный опыт с яровой пшеницей Палестинкой 9, в основу которого были положены следующие рассуждения: если гуминовые кислоты представляют собой ряд полимерных соединений и отличаются степенью конденсации и величиной молекул, то и продукты их гидролиза будут неодинаково усваиваться растением, а следовательно степень стимулирующего действия у них будет разная. С этой точки зрения фульвокислоты должны усваиваться лучше и давать больший эффект, чем гиматомелановая кислота (терминология Свен Одена, 1922), а последняя лучше, чем гумат натрия. Наименьший эффект должна давать сухая гуминовая кислота. Для опыта гиматомелановая кислота была получена описанным выше способом из образца «сажи» шахты 18 Краснодонугля в Донбассе. Навеску гуминовых кислот в 1 г настаивали в течение 10 дней со 100 мл спирта на холоде. Затем, спиртовую вытяжку сливали, разводили водой и из нее отгоняли спирт. Когда спирт был полностью отогнан, раствор переносили в мерную колбу, доливали водой до метки, определяли титр по углероду. После этого раствор вносился в нужной концентрации.

Получить фульвокислоты из «сажи» нам не удалось, так как растворы после осаждения гуминовых кислот были бесцветны, следовательно, не содержали фульвокислот. Опыт был заложен 20 апреля 1948 г., растения пересажены в банки 27 апреля, первое измерение сделано 3 мая, второе — 10. Приводим результаты опыта в табл. 11.

Таблица 11

Влияние различных фракций гуминовых кислот на рост корней яровой пшеницы Палестинки 9 (По опыту 1948 г.)

Схема опыта	Первое измерение			Второе измерение		
	длина кор- ня перво- го порядка	число кор- ней второ- го порядка	длина стебля в мм	длина кор- ня первого порядка в мм	число кор- ней второ- го порядка	длина стебля в мм
Дистиллированная вода	61±9	2	134	116±12	20	230
Гиматомелановая кис- лота 0,0005%	119±26	36	172	354±57	120	270
Гумат натрия 0,005%	127±18	20	146	325±56	80	230
Гиматомелановая кис- лота 0,00005%	53±1	1	162	143±27	40	236
Гуминовая кислота (в порошке) 0,0005%	119±24	12	166	243±73	86	270

Из приведенных данных видно, что все фракции гуминовых кислот «сажи» обладают свойством воздействовать на растение. Влияние гиматомелановой кислоты на длину корней первого порядка было таким же, как и гумата натрия (разница лежит в пределах ошибки опыта), но на числе корней второго порядка оно было несомненно более активным.

Гуминовая кислота в порошке оказала более слабое действие, чем гумат натрия.

Результаты этого опыта подтверждают мысль о том, что эффект воздействия гуминовых кислот на растение обуславливается усвоением растением продуктов гидролиза гуминовых кислот.

Вторым опытом, подтверждающим поступление гуминовых кислот в растение, является опыт в изолированных культурах с яровой пшеницей Палестинской 9. Схема опыта: 1) внешний раствор — смесь Гельригеля, внутренний — дистиллированная вода; 2) внешний раствор — питательная смесь Гельригеля + гумат калия 0,0002%, внутренний — дистиллированная вода; 3) внешний раствор — смесь Гельригеля, внутренний — дистиллированная вода + гумат калия 0,0002%. Опыт был заложен в стаканах емкостью 200 мл в четырехкратной повторности. Семена на сетку положили 28 февраля 1948 г., а 5 марта произвели промеры и закончили опыт.

Результаты опыта приведены в табл. 12.

Таблица 12

Влияние гумата натрия на рост корней яровой пшеницы Палестинки 9 в изолированных культурах (по опыту 1948 г.)

№ варианта	С х е м а о п ы т а	Длина корня первого порядка в мм	Длина стебля в мм
1	Внешний раствор — смесь Гельригеля Внутренний раствор — дистиллированная вода	103+9 67+7	182+2
2	Внешний раствор — смесь Гельригеля + гумат калия 0,0002% Внутренний раствор — дистиллированная вода	101+8 87+7	192+2
3	Внешний раствор — смесь Гельригеля Внутренний раствор — дистиллированная вода + гумат калия 0,0002%	101+7 118+11	203+3

Из таблицы видно, что гуминовая кислота, внесенная во внешний или внутренний раствор, удлиняла корни в другом сосуде.

Результат этого опыта можно объяснить лишь тем, что гуминовая кислота поступила в растение и включилась в общий обмен веществ.

Поскольку устанавливается, что исследуемая кислота поступает в растение и включается в общий обмен веществ, то можно ожидать, что если мы возьмем несколько растений одного и того же вида и сорта и в некоторых из них искусственно изменим обмен веществ, а затем высадим их все в раствор, содержащий гуминовую кислоту, то получим разную для каждого растения реакцию.

Поскольку эффективность гуминовых кислот связана с обменом веществ, можно предположить, что при разных температурных условиях,

изменяющих превращение органических веществ в растении, влияние кислот на развитие корней будет разное.

Для проверки этого положения был произведен специальный опыт.

Опыт был заложен с проростками озимой пшеницы ОД-3 и ячменем ОД-9 в водных культурах по схеме: 1) вода, 2) вода + гумат натрия в концентрации 0,0003%. При этом одна серия опыта была поставлена при температуре 14—18°, а другая при температуре 8—12°.

Семена на сетку положили 15 февраля 1949 г., растения были пере-сажены в сосуды 25 февраля, измерения сделаны 25 марта. Результаты приведены в табл. 13.

Таблица 13

Эффективность гумата натрия в зависимости от температуры окружающей среды
(По опыту 1949 г.)

Наименование культуры	Схема опыта	14—18° С			8—12° С		
		длина кор- ня первого порядка в мм	число кор- ней второ- го порядка	длина стебля в мм	длина кор- ня первого порядка в мм	число кор- ней второ- го порядка в мм	длина стебля в мм
Озимая пше- ница ОД-3	Вода	36	нет	85	36	нет	75
	Гумат натрия	150	22 ¹⁾	200	124	119	95
Яровой ячмень ОД=9	Вода	56	нет	180	32	нет	100
	Гумат натрия	173	145	180	280	180	180

Из таблицы видно, что температура опыта очень сильно сказалась на эффективности гуминовых кислот, причем на озимой пшенице этот эффект был больше при более высоких температурах, а на ячмене — наоборот.

Все это заставляет прийти к выводу, что гуминовая кислота, будучи в ионодисперсном состоянии, усваивается растением и выполняет определенную физиологическую функцию.

ВЫВОДЫ

1. Истинные растворы гуминовых кислот оказывают непосредственное воздействие на высшие растения. В концентрациях тысячных и десятитысячных долей процента они стимулируют жизнедеятельность растительного организма, в концентрациях выше сотых — тормозят. При осаждении гуминовых кислот это их свойство инактивируется.

2. Различные сельскохозяйственные растения неодинаково реагируют на гуминовые кислоты: лучше всех — картофель, помидоры, сахарная свекла; хорошо — озимая пшеница, яровая пшеница, за исключением сорта Мелянопус 37, ячмень, за исключением сорта Паллидум 32, овес, просо, кукуруза, рис, кок-сагыз, житняк, люцерна; слабо — маш, горох, фасоль, коровий горох, чечевица, арахис, кунжут, хлопчатник ОД-1; почти совсем не реагируют подсолнечник, клещевина, хлопчатник (большинство сортов), кенаф, тыква голосемянная.

3. Воздействие гуминовых удобрений на жизнедеятельность высшего растения обуславливается не присутствием в них фитогормонов и т. п. веществ, а влиянием самой кислоты.

4. Гуминовая кислота, находящаяся в ионодисперсном состоянии, поступает в растение и включается в общий обмен веществ растительного организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нефедов. К вопросу о значении гуминово-минеральных соединений как питательной среды для растений. «Сельское хозяйство и лесоводство», № 1, 1897.
2. Боттомли. *Annals of Botany* 1914 a, v 28.
3. Боттомли. *Proceedings of the Royal Society of London. B.*, vol. 88, No 602, 1914 b.
4. Боттомли. *Proceedings of the Royal Society of London, Ser B* v 89, No 621, 1917.
5. Боттомли. *Proceedings of Royal Society, Ser B.* vol. 91, 1919.
6. Боттомли. *Annals of Botany* 1920, vol 34.
7. А. В. Благовещенский. Органоминеральные удобрения. Сборник НИУМФ, вып. 127, 1936.
8. А. А. Прозоровская. Влияние гуминовой кислоты и ее производных на поступление азота, фосфора, калия и железа в растение; Сборник НИУМФ, вып. 127, 1936.
9. Н. А. Красильников. О влиянии микроорганизмов на рост растений. «Микробиология», т. IX, вып. 4, 1940.
10. Лиске. (Liske R). *Zeitschr. f. Angewandte Chemie.* Bd. 45. 1932.
11. Олсон. *Compt. Rend. Lab. Carlsb* 18, I, 1930.
12. Никлевский и Войцеховский. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* H 5/6 Bd. 4 (49). 1937.
13. Кути и Печник. *Bodenkunde und Pflanzenernährung* Bd. 23 H1/2, 1941.
14. М. М. Кононова и Н. А. Панкова. Воздействие гумусовых веществ на рост и развитие растений. Доклады АН СССР, т. XXIII, № 5, 1950.
15. В. А. Бибер и К. М. Магазинер. О влиянии гуминовых и фульвовых кислот на дыхание изолированных растительных тканей. Доклады АН СССР, Новая серия, XXVI, № 4, 1951.
16. Г. Отто. *Zeitschrift f. Pflanzenernährung, Düngung und Bödenkunde* B. 56(101) H 1—3, 1952.
17. В. Флайт. Соотношение между дегидразным действием веществ, являющихся моделью исходного строения гуминовых кислот и ростом растений. Цитировано по реферативному журналу, серия биологическая № 14, § 34758.
18. Гуминский, Гуминская (Guminski S, Guminska Z) *Acta. Soc. bot. Polon.* 22, № 1, 1953, 45—63.
19. Киссель (Kissel) *Brennstoff chemie* 11, 12, 1930, 12, 1932.
20. Кларк и Роллер (Clark, Roller). «Stimulation of lemma major by organic matter under sterile and non-sterile conditions» *Soil Science.* 1931, vol, 31.
21. Красильников Н. А. и Горкина Н. Влияние бактерий на рост изолированных корней, «Микробиология», т. VIII, вып. 8, 1939.
22. Красильников Н. А. Антибиотические свойства микроорганизмов. «Журнал общей биологии», т. VIII, 1947.
23. Красильников Н. А. Микроорганизмы почвы и урожайность растений. «Агробиология», № 2, 1949.
24. Красильников Н. А. Усвоение корнями растений продуктов жизнедеятельности микробов. Доклады АН СССР, Новая серия, 1951.
25. Красильников Н. А. Микроорганизмы и плодородие почвы в свете учения В. Р. Вильямса. «Агробиология», № 6, 1952.
26. Власюк П. А. Использование бурых углей для улучшения условий питания растения. «Агробиология», № 5, 1949.
27. Благовещенский А. В. и Кологривова А. Ю. О стимуляции роста корней некоторыми органическими кислотами. Доклады АН СССР, т. XLVIII, № 6, 1945.
28. Вильямс В. Р. «Почвоведение» ОГИЗ, 1947.
29. Кегль Ф. «Исследования над растительными ростовыми веществами». «Успехи химии», т. 5, вып. 6, 1936.
30. Христева Л. А. Получение регенерированных гуминовых кислот из углестого сланца и их свойства. Ж. «Прикладная химия» № 10—11, 1938.
31. Седлецкий. Макромолекулы гуминовых кислот. «Природа», № 5, 1938.
32. Драгунов С. С., Желеховцева Н. Н. и Стрелкова Е. И. Сравнительное исследование почвенных и торфяных гуминовых кислот, «Почвоведение», № 7, 1948.

33. Шулов И. С. Исследования в области физиологии питания высших растений. М., 1913.
34. Шавловский Г. М. Участие микроорганизмов ризосферы в снабжении растений органическими соединениями серы. Доклады АН СССР, т. ХС, I, № 5, 1953.
35. Козлова Е. Н. О проникновении органических инсектоцидов в ткани растений. Доклады ВАСХНИЛ, вып. 3, 1950.
36. Семигрей К. И. О влиянии продуктов разложения корней растений травяного польного севооборота на рост и развитие хлопчатника. Доклады АН СССР, Новая серия, т. XXVIII, № 4—5, 1951.
37. Гелерман Я. М. Влияние продуктов разложения органических веществ на корневое питание растений. Доклады АН СССР, Новая серия, т. XXIII № 3, 1950.
38. Холодный Н. Г. Воздушное питание корней. Доклады АН СССР; Новая серия, т. XXVI, № 1, 1951.
39. Щербakov А. П. Об особенностях осеннего прироста у сеянцев древесных и кустарниковых пород. Доклады АН СССР, Новая серия, т. ХС, № 5, 1953.
40. Курсанов А. Л., Крюкова Н. Н. и Пушкарева М. И. Темневая фиксация и освобождение углекислоты, поступающей в растение через корни. Доклады АН СССР, Новая серия, т. XXXVIII, № 5, 1953.
41. Лысенко Т. Д. Почвенное питание растений и удобрение полей. «Агробиология», № 1, 1955.
42. Sven Oden. Die Huminsäuren, Drasden, 1922.

*Херсонский сельскохозяйственный институт,
кафедра агрохимии и физиологии растений.*