

В. ТОХВЕР

О СТИМУЛЯЦИИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕКОТОРЫХ БАКТЕРИЙ ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ

К настоящему времени накопилось довольно много данных, свидетельствующих о том, что гуминовые кислоты представляют собой биологически активные вещества, способные оказывать значительное влияние на жизнедеятельность различных организмов. Работы Л. А. Христовой, например, показывают непосредственное стимулирующее влияние небольших доз гуминовых кислот на метаболизм высших растений (1957а, 1957б). Этот же автор установил, что гуминовые кислоты усиливают в растительном организме фенолазную окислительно-восстановительную систему и повышают энергетический потенциал организма, в результате чего повышается интенсивность дыхания, а также некоторых вторичных синтетических процессов. Чрезвычайно высокая биологическая активность гуминовых кислот отмечена и у высших организмов (Keel, 1960). Что касается вопроса о влиянии гуминовых кислот на жизнедеятельность микроорганизмов, то имеющиеся данные свидетельствуют не только о том, что известные специфические бактерии могут использовать эти вещества в качестве питательного субстрата (Iwanow, Smirnowa, 1927; Кудрина, 1951; Küster, 1952; Никитин, 1960 и др.), но и о том, что весьма небольшие дозы гуминовых кислот оказывают явно стимулирующее влияние на жизнедеятельность неспецифических по отношению к этим кислотам микроорганизмов (Вагъас, 1952; Глобин, Ронсаль, 1957; Ронсаль, Глобин, 1957; Тохвер, 1961).

Вместе с тем данных о характере стимулирующего воздействия гуминовых кислот на жизнедеятельность микроорганизмов, в частности бактерий, в настоящее время все же недостаточно. Особенный интерес представляет изучение влияния гуминовых кислот на отдельные физиологические процессы бактерий и на соотношение различных сторон их жизнедеятельности. Результаты опытов, проведенных нами по изучению указанных вопросов, излагаются в настоящей статье.

Методика

Объектами исследования служили культуры *Bacterium prodigiosum* Lehmann et Neumann 1896 (*Chromobacterium prodigiosum* (Ehrenberg) Topley et Wilson 1931), *Bacillus mesentericus* Trevisan 1886 и *Pseudomonas fluorescens* Migula 1895. Изучалось влияние небольших доз водорастворимых гуминовых кислот (в пределах тысячных и сотых долей процента) на процессы роста и размножения, на интенсивность дыхания и на аммонифицирующую активность указанных бактерий. Определялось также изменение окислительно-восстановительного уровня питательной среды за время инкубации культур.

Для выращивания культур применялась среда следующего состава: Витте-пептон — 0,5%, KH_2PO_4 и K_2HPO_4 — 0,1%, MgSO_4 — 0,05% и NaCl — следы (в водопроводной воде). Гуминовые кислоты прибавлялись к этой среде в различных количествах, в зависимости от плана эксперимента.

В опытах использовалась пептизированная в воде часть гуминовых кислот, извлеченных из низинного тростниково-осокового торфа (степень разложения 50%, рН 6,0—6,2) по указаниям, приведенным в монографии М. М. Кононовой (1951). Применялись следующие дозы: 0,0005, 0,001, 0,005, 0,01, 0,02 и 0,05%.

Контролем для отдельных опытов служили как варианты без прибавления гуминовых кислот (так наз. нуль-варианты), так и холостые опыты без заражения среды.

Все культуры инкубировались при 27,5°C в течение 42 часов, кроме культур для изучения дыхания бактерий, продолжительность инкубации которых составляла 24 часа.

Методика изучения процессов роста и размножения бактерий. Соответствующие опыты были поставлены в пятикратной повторности в 0,5-литровых колбах, содержащих по 250 мл питательной среды. Среда заражалась 0,1 мл 1:10 разведения 18-часовой маточной культуры. Культуры подвергались через 55-минутные интервалы 5-минутному встряхиванию с интенсивностью 100 шагов в минуту. Интенсивность роста бактерий измерялась нефелометрически по возрастанию мутности среды в 0, 12, 18, 24, 36 и 42-часовых культурах. По полученным данным вычислялось время удвоения мутности («генерационное время») культуры для соответствующего периода между двумя очередными измерениями. Вычисление проводилось по формуле, приведенной в учебнике Дж. Р. Портера (Porter, 1947).

Методика изучения процесса дыхания бактерий. Опыты по изучению дыхания проводились в четырехкратной повторности. 12-часовые маточные культуры (объем среды — 1,5 л) разделялись по 100 мл в 0,5-литровые колбы и вводили в опыт, включая колбы с культурами в специальную аппаратуру, описанную Х. Х. Уолкером (Walker, 1932). Выделенный бактериями CO_2 улавливался в этой аппаратуре 0,1н. баритовой водой. Остаток воздуха вытеснялся после инкубации из колб насыщенным раствором NaCl , приготовленным в CO_2 -свободной воде, и пропускаться через колонны (склянки Дрекслея) с баритовой водой. Связанный последней CO_2 определяли титрованием 0,05н. HCl в присутствии метилового оранжевой. По разнице израсходованной соляной кислоты в опыте и в холостом варианте вычисляли валовое количество выделенного в процессе дыхания CO_2 .

За время инкубации через 4-часовые интервалы определяли число живых клеток в культуре (высевы на агаровые пластинки в чашках Петри). По этим данным устанавливали графически динамику численности бактерий для соответствующей культуры. Полученные данные служили материалом для вычисления средней интенсивности дыхания бактерий. Последняя выражалась как количество CO_2 , выделенное единицей численности бактерий (10^6 клеток) за единицу времени (1 час). Математическая сторона таких вычислений следующая:

Если обозначить валовое количество выделенного CO_2 через G_{CO_2} и количество CO_2 , выделенное за единицу времени 10^6 клетками через a , то

$$\Delta G_{\text{CO}_2} = n(t)a \Delta t,$$

где n — число бактерий в единице измерения (10^6 клеток) и t — учитываемый интервал времени.

Из приведенного уравнения получим

$$\frac{dG_{\text{CO}_2}}{dt} = n(t)a,$$

откуда

$$G_{\text{CO}_2} = \int_0^{24 \text{ ч}} n(t)adt.$$

Из этого следует, что

$$a = \frac{G_{\text{CO}_2}}{24\tau} \cdot \int_0^{\tau} n(t) dt$$

что и учитывалось при вычислениях. Следовательно, все дело в выборе подходящей единицы времени. Если последней является 1 час, то практически можно провести вычисления по формуле

$$a = \frac{G_{\text{CO}_2}}{n_{t_{0,1}} + n_{t_{1,2}} + \dots + n_{t_{23,24}}}$$

причем $n_{t_{0,1}}$, $n_{t_{1,2}}$ и т. д. можно установить по графику, составленному по экспериментальным данным, как указано выше.

Методика изучения аммонифицирующей активности, pH и Eh. Соответствующие опыты проводились в пятикратной повторности в 0,25-литровых колбах, содержащих по 100 мл питательной среды с 80,0 мг органического пептонного азота. Встряхивание культур, полученных заражением 0,1 мл 1:10 разведения маточной культуры, проводилось так же, как описано в предыдущем разделе.

После инкубации определялось содержание аммиачного азота в культуре (фотоэлектроколориметрически в центрифугате среды при помощи реактива Несслера). Ни в одном случае не было найдено аммиачного азота в незараженных холостых вариантах.

Показатели pH и Eh определялись до и после инкубации электронно-ламповым потенциометром при помощи пары электродов, состоящей из каломельного и стеклянного полуэлементов.

Обработка экспериментальных данных. При обработке экспериментальных данных вычисляли погрешность арифметических средних и устанавливали уровень значимости последних по t -тесту при двухсторонней оценке. Так же оценивались найденные разницы между отдельными вариантами опытов. Динамические данные сравнивались между собой при помощи χ^2 -теста при уровне значимости 95%. Корреляция между ростом культур, накоплением аммиачного азота и изменениями pH и Eh оценивалась по таблице, приведенной в пособии Н. Т. Дж. Бейли (Bailey, 1959) для оценки достоверности коэффициентов корреляции.

Результаты опытов

Данные табл. 1 и 2 показывают, что небольшие дозы гуминовых кислот весьма значительно стимулируют рост подопытных бактериальных культур. Для 42-часовых культур максимальный эффект стимуляции получался от применения гуминовых кислот в дозах 0,001—0,005%. Под влиянием таких доз заметно сокращается генерационное время бактерий, т. е. ускоряется темп размножения клеток. В то же время повышается жизнеспособность культур, о чем можно судить по более продолжительной логарифмической фазе роста.

При дозах около 0,01% гуминовые кислоты уже вызывают заметное удлинение начальной стационарной фазы и лаг-фазы роста изученных культур. Особенно четко это видно у *Bac. mesentericus*. Следует, однако, отметить, что и при таких дозах гуминовых кислот темп размножения бактерий оказывается в течение последующей логарифмической фазы выше чем в нуль-варианте. К концу 42-часового периода инкубации

это приводит к более высоким титрам клеток бактерий в присутствии указанных доз гуминовых кислот.

Еще более высокие дозы гуминовых кислот (0,05%) уже вызывают

Таблица 1

Влияние гуминовых кислот на рост бактерий
(Средняя погрешность определения 1,5%)

Вид бактерий	Концентрация гуминовой кислоты, %	Мутность культур (в 1/10-з см) при возрасте, ч					χ^2 -тест*
		12	18	24	36	42	
<i>Bacterium prodigiosum</i>	0	18,2	46,0	69,5	86,8	90,7	—
	0,0005	18,3	48,9	73,4	98,5	104,5	50
	0,001	18,7	62,4	97,8	127,4	136,6	99,9
	0,005	6,9	24,4	44,1	107,7	120,4	99,9
	0,01	6,0	15,2	27,3	67,9	95,3	99,9
	0,05	1,6	3,7	10,0	41,7	60,1	99,9
<i>Bacillus mesentericus</i>	0	8,5	28,0	48,3	64,7	—	—
	0,0005	11,6	36,3	61,1	84,9	99	99
	0,001	8,5	35,8	66,0	94,1	99,9	99,9
	0,005	4,7	12,5	34,9	68,4	99	99
	0,01	2,1	6,1	15,1	38,0	99,9	99,9
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0	4,2	19,1	40,0	64,5	71,0	—
	0,0005	6,0	27,9	57,8	97,3	107,1	99,9
	0,001	6,1	28,6	60,8	106,0	117,0	99,9
	0,005	4,8	22,0	48,3	85,2	97,6	99,9
	0,01	3,4	13,3	30,1	67,1	80,0	99,9
	0,05	2,7	5,6	15,8	48,4	60,3	99,9

* Указан уровень значимости разницы динамик роста в опыте и в нуль-варианте, %.

Таблица 2

Влияние гуминовых кислот на размножение бактерий
(Средняя погрешность определения 3%)

Вид бактерий	Концентрация гуминовой кислоты, %	Среднее «генерационное время» для периода инкубации, ч				
		0—12	12—18	18—24	24—36	36—42
<i>Bacterium prodigiosum</i>	0	1,61	4,51	10,2	37,4	108
	0,0005	1,61	4,27	10,4	28,4	72,7
	0,001	1,60	3,47	9,27	32,0	63,7
	0,005	1,98	3,30	7,11	9,38	37,7
	0,01	2,05	4,49	7,12	9,20	12,4
	0,05	3,02	5,02	4,24	5,86	11,4
<i>Bacillus mesentericus</i>	0	1,88	3,53	7,71	28,7	—
	0,0005	1,76	3,67	8,03	25,6	—
	0,001	1,88	2,93	7,01	23,5	—
	0,005	2,17	4,32	4,09	12,4	—
	0,01	2,74	4,02	4,62	9,11	—
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0	2,24	2,77	5,59	17,5	45,3
	0,0005	2,05	2,72	5,76	15,7	44,1
	0,001	2,04	2,70	5,58	15,1	42,4
	0,005	2,17	2,74	5,37	14,7	31,4
	0,01	2,38	3,08	5,12	10,5	24,4
	0,05	2,54	5,88	4,02	7,49	19,2

Таблица 3

Влияние гуминовых кислот на дыхание бактерий

задержку роста культур за весь 42-часовой период инкубации. При повышенных дозах гуминовых кислот наблюдается, прежде всего, значительное удлинение начальных фаз роста культур, а также торможение деления клеток в ходе логарифмической фазы. При этом различная чувствительность разных видов бактерий к воздействию гуминовых кислот проявляется особенно явно именно при повышенных дозах этих биологически активных веществ.

Под влиянием небольших доз гуминовых кислот наблюдалась также значительная интенсификация дыхания подопытных бактерий. Из табл. 3 видно, что оптимальные для интенсификации дыхания концентрации гуминовых кислот лежат в пределах 0,005—0,01%, т. е. выше доз, оптимальных для стимуляции размножения бактерий. Интересно отметить, что даже 0,05%-ная концентрация гуминовых кислот, явно задерживающая размножение изученных бактерий, статистически достоверно интенсифицирует дыхание бактериальных клеток и ведет к повышению продукции CO₂.

Судя по накоплению аммиачного азота, происходящего в среде за счет освобождения пептонного органического азота, оптимальные концентрации гуминовых кислот для интенсификации процессов аммонификации выше не только по сравнению с процессами размножения бактерий, но и по сравнению с процессами дыхания. Оптимальными для стимуляции аммонификации можно считать, по нашим данным, дозы гуминовых кислот в пределах 0,01—0,02% (табл. 4).

Что касается изменений pH среды за время инкубации культур, то

Вид бактерий	Концентрация гуминовой кислоты, ‰	Выделилось CO ₂ за 24 часа, мг	Интенсивность дыхания бактерий (выделение CO ₂ в 10—6 мг на 10 ⁶ клеток за 1 час)
<i>Bacterium prodigiosum</i>	0	24,1±0,7	114±4
	0,001	40,6±1,2	153±6
	0,005	37,3±0,8	166±6
	0,01	27,0±1,6	160±6
	0,05	17,1±0,6	132±5
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0	16,3±0,7	102±4
	0,001	33,6±1,0	149±5
	0,005	27,6±2,0	156±8
	0,01	22,3±1,3	144±5
	0,05	13,9±1,4	132±6

Таблица 4

Влияние гуминовых кислот на аммонифицирующую активность бактерий

Вид бактерий	Концентрация гуминовой кислоты, ‰	Количество N-NH ₃ в объеме культуры после инкубации, мг	Аммонифицировано от исходного количества пептонного азота, ‰
<i>Bacterium prodigiosum</i>	0	16,9±0,4	21,1
	0,001	21,4±0,5	26,8
	0,005	23,2±0,2	28,9
	0,01	24,5±0,3	30,6
	0,02	23,8±0,3	29,8
	0,05	20,8±0,3	26,0
<i>Bacillus mesentericus</i>	0	10,4±0,2	12,9
	0,001	12,0±0,3	15,0
	0,005	13,3±0,3	16,4
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0	19,4±0,4	24,3
	0,001	30,1±0,4	37,6
	0,005	33,5±0,5	41,9
	0,01	36,2±0,3	45,3
	0,02	37,8±0,3	47,4
	0,05	31,6±0,4	39,5

Таблица 5

Влияние гуминовых кислот на изменение рН и Eh среды за время инкубации культуры

Вид бактерий	Концентрация гуминовой кислоты, %	рН			Eh, мв		
		незараженной среды	культуры после инкубации	разница	незараженной среды	культуры после инкубации	разница
<i>Bacterium prodigiosum</i>	0	6,70	8,10	+1,40	283	177	-109
	0,001	6,63	8,30	+1,67	288	146	-142
	0,005	6,60	8,47	+1,87	293	136	-157
	0,01	6,44	8,46	+2,02	300	178	-122
	0,02	6,36	8,26	+1,90	308	192	-116
	0,05	6,20	7,74	+1,54	321	211	-110
<i>Bacillus mesentericus</i>	0	6,71	7,56	+0,85	287	185	-102
	0,001	6,61	7,72	+1,11	288	157	-131
	0,005	6,58	8,01	+1,43	292	150	-142
	0,01	6,42	8,09	+1,67	298	192	-106
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0	6,70	8,19	+1,49	288	180	-108
	0,001	6,60	8,51	+1,91	289	151	-138
	0,005	6,58	8,67	+2,09	293	142	-151
	0,01	6,44	8,66	+2,22	299	183	-116
	0,02	6,30	8,65	+2,35	309	208	-101
	0,05	6,18	8,18	+2,00	318	221	-97

во всех проведенных опытах отмечено повышение значений этого показателя (табл. 5), причем повышение рН соответствует интенсивности накопления аммиака. Коэффициент корреляции +0,92 между указанными процессами отвечает при 16 учтенных случаях уровню значимости 99,9%, что хорошо согласуется с данными литературы (Kogaczewski, 1951; Работнова, 1957).

По данным И. Л. Работновой (1957), в период активного размножения аэробных микроорганизмов Eh среды закономерно снижается. По нашим наблюдениям, при этом существует прямая статистически достоверная корреляция между активностью размножения бактерий и интенсивностью снижения Eh среды. Найденный коэффициент корреляции +0,88 отвечает уровню значимости 99,9%.

Обсуждение результатов

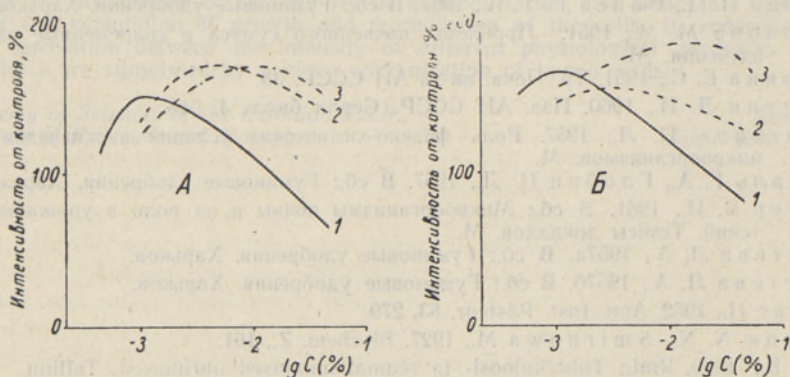
Следует отметить два обстоятельства, имеющих большое значение для оценки наших экспериментальных данных.

Во-первых, все попытки выращивать изученные виды бактерий на средах, содержащих в качестве источника углерода только гуминовые кислоты различной концентрации, оказались безуспешными. Это свидетельствует о том, что изученные виды бактерий неспособны к разложению гуминовых кислот и использованию этих соединений в качестве питательного вещества.

Во-вторых, количественные определения концентрации гуминовых кислот, проведенные фотоэлектроколориметрически до и после инкубации культур, не показали заметного изменения их содержания за время инкубации. Следовательно, за время инкубации не происходило разложения ядра внесенных гуминовых кислот.

Исходя из вышеуказанных фактов, можно сказать, что гуминовые кислоты, внесенные в среду в количествах в 100—1000 раз меньших, чем легко разлагаемый пептон, вряд ли могли оказать существенное влияние на рост подопытных бактерий в качестве питательного вещества. Кроме того, не следует забывать, что гуминовые кислоты разлагаются очень медленно даже специфическими бактериями, приспособленными к использованию этих веществ. Процессы разложения гуминовых кислот требуют нескольких недель для получения сколько-нибудь ощутимого результата даже в культурах специфических бактерий, а наши неспецифические культуры инкубировались всего за 24—42 часа.

Все это вместе взятое позволяет считать, что растворимые гуминовые кислоты являются биологически активными веществами, оказывающими, кроме «питательного» влияния, непосредственное стимулирующее воздействие на жизнедеятельность некоторых бактерий. Такое воздействие осуществляется уже в дозах, поглощение которых бактериями неуловимо обычными химическими методами. Возможно, что в наблюдаемом эффекте стимуляции существенную роль играет только некая более подвижная часть сложной молекулы гуминовой кислоты, причем поглощение этой части не затрагивает основного ядра гуминовой молекулы. Этот вопрос, очевидно, требует специального изучения.



Зависимость интенсивности физиологических процессов бактерий от концентрации (C , %) гуминовых кислот в среде. А — *Bact. prodigiosum*, Б — *Ps. fluorescens*; 1 — размножение, 2 — дыхание, 3 — аммонификация.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что не только различные виды бактерий, но и разные их физиологические процессы отличаются различной чувствительностью к воздействию гуминовых кислот. Это хорошо видно на рисунке. Из сказанного следует, что при «общей» стимуляции жизнедеятельности бактерий гуминовыми кислотами интенсификация различных физиологических процессов в действительности происходит с различной силой. Чем чувствительнее данный процесс к воздействию биологически активного вещества, тем ниже лежит его оптимальная для стимуляции данного процесса концентрация.

Выводы

1. Наличие в питательной среде растворимых гуминовых кислот в концентрациях, выражаемых сотыми и тысячными долями процента, значительно стимулирует процессы роста, размножения, дыхания и

аммонификации у культур *Bacterium prodigiosum*, *Bacillus mesentericus* и *Pseudomonas fluorescens*.

2. Различные виды аммонификаторов реагируют на стимулирующее воздействие небольших доз гуминовых кислот с различной чувствительностью.

3. Оптимальные концентрации гуминовых кислот для стимуляции отдельных физиологических процессов бактерий статистически достоверно различаются. Наиболее четко реагируют на воздействие гуминовых кислот процессы, приводящие к размножению клеток бактерий. Оптимальные концентрации для интенсификации процессов дыхания и аммонификации лежат значительно выше, чем для интенсификации процессов роста.

4. В результате различной чувствительности разных физиологических процессов к воздействию гуминовых кислот, стимуляция жизнедеятельности бактерий этими веществами приводит к изменению нормального соотношения интенсивности отдельных физиологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

- Глобин П. Д., Ронсаль Г. А., 1957. В сб.: Гуминовые удобрения. Харьков.
 Кононова М. М., 1951. Проблемы почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М.
 Кудрина Е. С., 1951. Тр. Почв. ин-та АН СССР, 38.
 Никитин Д. И., 1960. Изв. АН СССР. Серия биол., 4, 618.
 Работнова И. Л., 1957. Роль физико-химических условий в жизнедеятельности микроорганизмов. М.
 Ронсаль Г. А., Глобин П. Д., 1957. В сб.: Гуминовые удобрения. Харьков.
 Тохвер В. И., 1961. В сб.: Микроорганизмы почвы и их роль в урожайности растений. Тезисы докладов. М.
 Христева Л. А., 1957а. В сб.: Гуминовые удобрения. Харьков.
 Христева Л. А., 1957б. В сб.: Гуминовые удобрения. Харьков.
 Varjae H., 1952. Ann. Inst. Pasteur, 83, 279.
 Iwanow N. N., Smirnowa M., 1927. Biochem. Z., 161.
 Keel E., 1960. Rmt.: Tuberkuloosi- ja reumatismialased uurimused. Tallinn.
 Koraczewski N., 1931. Arch. Mikrobiol., 2, 2.
 Küster E., 1952. Arch. Mikrobiol., 15, 1.
 Bailey N. T. J., 1959. Statistical Methods in Biology. London.
 Porter J. R., 1947. Bacterial Chemistry and Physiology. New York.
 Walker H. H., 1932. J. Bacteriol., 24, 3.

Институт экспериментальной биологии
 Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
 23/IV 1964

V. TOHVER

MÕNEDE BAKTERITE ELUTEGEVUSE STIMULEERIMISEST HUMIINHAPETE ABIL

Resümee

Väikestes kontsentratsioonides (mõni tuhandik kuni sajandik protsenti) söötmesse viidud lahustuvad humiinhapped stimuleerivad märgatavalt mõnede bakteriliikide (*Bact. prodigiosum*, *Bac. mesentericus*, *Ps. fluorescens*) kasvu, paljunemist, hingamist ja ammoonifitseerivat aktiivsust. Seejuures täheldatakse erinevusi mitte ainult eri bakteriliikide, vaid ka sama liigi eri füsioloogiliste protsesside tundlikkuses humiinhapete toimele. Kõige tundlikumad on protsessid, mis kutsuvad esile bakterirakkude paljunemise. Humiin-

hapete optimaalne kontsentratsioon bakterirakkude hingamise, veel enam aga ammonifitseeriva tegevuse stimuleerimiseks on seetõttu kõrgem kui kultuuride kasvu ja paljunemise stimuleerimiseks. Selle tagajärjel muutub bakterite elutegevuse stimuleerimisel humiinhapetega eri füsioloogiliste protsesside intensiivsuste normaalne suhe.

Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalbioloogia Instituut

Saabus toimetusse
23. IV 1964

V. TOHVER

THE STIMULATION OF BACTERIAL VITAL ACTIVITIES BY HUMIC ACIDS

Summary

Soluble humic acids, if added into nutritive media in weak concentrations (from thousandths to a hundredth of per cent), noticeably stimulate growth, reproduction, respiration and the activity of ammonification of the species under investigation (*Bact. prodigiosum*, *Bac. mesentericus*, *Ps. fluorescens*).

In the course of the experiments differences of sensibility to the influence of humic acids were observed not only among different bacterial species, but among different physiological activities of a given species as well. The processes leading to the reproduction of the bacterial cells were found to be the most sensitive. Thus the optimum concentration of humic acids for the stimulation of respiratory processes, and even more for the stimulation of the activity of ammonification, lies noticeably higher than that for the stimulation of growth and reproduction of the cells. In consequence, the normal correlation between the intensity of different physiological processes alters if the bacteria are stimulated by a given concentration of humic acids.

Academy of Sciences of the Estonian S.S.R.,
Institute of Experimental Biology

Received
April 23rd, 1964