

# ВЗАИМООТНОШЕНИЯ АЗОТОБАКТЕРА С МИКРОБАМИ-АНТАГОНИСТАМИ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В СВЯЗИ С ПРОДУЦИРОВАНИЕМ ИМ ГЕТЕРОАУКСИНА

Р. А. Долгова

Микробиологические процессы, происходящие в почве, имеют большое значение для создания ее эффективного плодородия. Этот полезный эффект усиливается благодаря продуцированию микроорганизмами биотических веществ, которые могут в некоторой степени определять распространение и накопление отдельных видов почвенных микроорганизмов. При этом между микроорганизмами складываются разнообразные взаимоотношения. Взаимоотношения микроорганизмов в почве, особенно антагонистические, являются одной из малоизученных, но наиболее актуальных проблем почвенной микробиологии. Особое значение этот вопрос приобретает для теории и практики использования микроорганизмов в сельском хозяйстве, в частности при инокуляции.

Взаимоотношения микроорганизмов изучали на примере азотобактера, являющегося типичным представителем агрономически полезной микрофлоры. Проблема взаимоотношений азотобактера с почвенной микрофлорой давно привлекала к себе внимание исследователей.

До сих пор остаются еще недостаточно выясненными причины нестабильного действия азотобактера на растения.

Имеются мнения, что эффективность азотобактера помимо почвенно-климатических, метеорологических, агрохимических условий зависит от микробиологического режима почвы. При наличии большого количества антагонистов в почве снимается положительное действие азотобактера на растения даже при поливе и при условии сохранения его (Мишустина Е. Н., Петрова А. П., 1958; Веденяпина Н. С., 1968).

Азотобактер принадлежит к микроорганизмам, образующим значительные количества физиологически активных веществ из группы витаминов и ауксинов.

Активизирующие вещества нередко обладают явно выраженным антимикробными свойствами (Красильников Н. А., 1958).

Мы предположили, что одним из многих факторов экологической обстановки, влияющих на взаимоотношения азотобактера с почвенной микрофлорой, являются микробные метаболиты, в том числе гетероауксии.

Полевые исследования проводились с кукурузой сорта ВИР-156 на полях совхоза «Волго-Дон» Калачевского района Волгоградской области, вегетационные и лабораторные при Волгоградском сельскохозяйственном институте.

Почва опытных участков светло-каштановая, содержит около 2% гумуса, бедна фосфатами и хорошо обеспечена калием. Карбонаты залегают на глубине 50–56 см.

Климат района резко континентальный, остро засушливый. Погодные условия в годы проведения опытов складывались различно. В целом 1967–1969 гг. можно характеризовать как неблагоприятные. 1968–1969 гг. были особенно жесткими по погодным условиям; зима беснежная, с очень низкими температурами и сухая весна (в апреле выпало в 3 раза меньше осадков по сравнению с среднемноголетними). Естественно, такие погодные условия отразились на урожае всех сельскохозяйственных культур данного вегетационного года.

В лабораторных и вегетационных условиях для инокуляции семян кукурузы ВИР-156 использовали 5 штаммов азотобактера: стандартный штамм 53, стандартный штамм, воспитанный совместно с грибом *Pen. urticae Bain* и местные штаммы: 90, выделенный из ризосферы дуба и 81, 350, выделенные из ризосферы томатов (Веденяпина Н. С., 1968). Контролем в опыте служили семена кукурузы, замоченные в воде и растворах, содержащих 30, 45 мкг гетероауксина. Повторность опытов 3-4-кратная.

В полевых опытах семена кукурузы инокулировались двумя штаммами азотобактера: стандартным штаммом 53 (1967–1969) и штаммом 90 (1969). Агротехника возделывания кукурузы была общепринятой и на всех полях одинаковой. Все опыты проводились в условиях орошения при поливе по бороздам с поливной нормой 3700 м<sup>3</sup>/га в 1967–1968 гг. и 2200 м<sup>3</sup>/га в 1969 г. Кукурузу высевали по различным предшествующим культурам: в 1967-м — по подсолнечнику, в 1968-м — по кукурузе, в 1969-м — по капусте. Повторность опытов 3-кратная. Убирали кукурузу в фазе молочно-восковой спелости на силос. В течение вегетационного периода в фазах 3–4, 5–6, 7–8, 9–10-го листа и молочно-восковой спелости отбирались растительный и почвенные образцы на анализ.

Особое внимание было удалено изучению микробов-антагонистов азотобактера. Антагонистическая реакция к азотобактеру изучалась методом блоков. Расчет условий биологической токсичности микроорганизмов по отношению к *Az. chroococcum* проводили по формуле Н. С. Веденяпиной (1968):

$$T=m \cdot z,$$

где:  $m$  — количество антагонистов в 1 г почвы;  
 $z$  — средняя зона подавления в мм.

Токсичность нами выражалась в условных единицах (1 усл. ед. =  $1.10^3$ ).

За период исследований было выделено и испытано на антагонизм к азотобактеру 3712 штаммов грибов (представителей родов *Penicillium*, *Aspergillus*) и около 2427 штаммов актиномицетов.

### Определение гетероауксина в штаммах азотобактера

Действие азотобактера на растения многообразно. В зависимости от конкретных условий на первый план может выступать та или иная сторона его деятельности.

Мы предположили, что положительный эффект от азотобактера в этих почвенно-климатических условиях получают благодаря его способности продуцировать физиологически активные вещества.

Менее всего изучено действие азотобактера на растения как продуцента гетероауксина.

Изучалось продуцирование гетероауксина у 5 штаммов азотобактера: 53, 53Р, 90, 81 и 350. Установлено, что наибольшее количество гетероауксина выделялось в среду местным штаммом 90 азотобактера — 456 мкг на 100 мл среды, а также стандартным штаммом, воспитанным совместно с грибом *Pen. urticae Bain* (53Р) — 410 мкг, в то время как штамм 53 выделял только 312 мкг. Местные штаммы азотобактера 81 и 350 продуцировали 364 и 350 мкг гетероауксина (соответственно) на 100 мл среды.

### Влияние азотобактера на корневую систему растений и урожай

Сравнивался ростовой эффект штаммов азотобактера с действием раствора препарата гетероауксина на рост и развитие растений.

В лабораторных исследованиях установили статистически достоверное положительное влияние продуктов метаболизма штаммов азотобактера и растворов гетероауксина на ростовые процессы кукурузы. Суспензии азотобактера и изучаемые растворы гетероауксина оказали сходное действие на рост проростков кукурузы. Культуральные жидкости азотобактера и их центрифугаты обладали большим стимулирующим эффектом.

В вегетационных и полевых опытах семена кукурузы инокулировали только суспензиями азотобактера. В вегетационных условиях действие азотобактера и гетероауксина проявилось с первых дней развития кукурузы. Энергия прорастания семян инокулированной кукурузы была выше контрольной на 16—60%, а обработанной раствором гетероауксина на 19—52%.

Статистическая обработка данных по влиянию азотобактера на развитие корневой системы кукурузы показала достоверность полученных прибавок. Наибольшая разница в объеме корней в вариантах с азотобактером (60—120% от контроля) наблюдалась в фазу 3—4-го листа. В последующие фазы различия между инокулированными и неинокулированными растениями уменьшились, однако тенденция увеличения объема корней под действием азотобактера сохранилась во все годы исследований. Испытанный раствор препарата гетероауксина увеличивал объем корней на 42—90% по сравнению с контролем.

Для Волгоградской области с резко континентальным и сильно засушливым климатом более раннее развитие корневой системы с большей поглощающей поверхностью имеет первостепенное значение, так как позволяет растениям уйти от засухи и способствует более интенсивному поступлению питательных веществ из почвы. Активное использование питательных веществ почвы инокулированными растениями отразилось на величине надземной массы растений. Прибавки зеленой массы составили 20,0—45,0% в 1968 г. и 16,0—36,0% в 1969 г. По мере роста и развития кукурузы разница в нарастании зеленой массы в вариантах с азотобактером и контрольным уменьшилась: в 1969 г. в фазу 5—6-го листа она составляла 10,8—23,0%, а в фазу 7—8-го листа — 5,9—19,0%. Аналогичные результаты были получены в 1967, 1968 гг. Прибавка зеленой массы кукурузы от раствора препарата гетероауксина по сравнению с контролем в фазу 3—4-го листа в 1968 г. равнялась 34,0%, а в 1969 г. — 21,1%. В последующие фазы нарастание зеленой массы в этом варианте идет менее интенсивно, так же как в инокулированных вариантах.

Сопоставление данных по влиянию препарата гетероауксина и азотобактера на объем корней и нарастание зеленой массы растений показало, что стимулирующий эффект от гетероауксина был несколько ниже. Это и понятно, так как по имеющимся данным комплекс биологически активных веществ действует более эффективно, чем раздельное их использование (Клинцаре А. А., 1974).

Наряду с этим была установлена зависимость между количеством выделяемого гетероауксина штаммами азотобактера, объемом корней, нарастанием зеленой массы. Наибольший объем корней и наибольшее накопление зеленой массы нами отмечено в варианте с местным штаммом 90, продуцирующим наибольшее количество гетероауксина.

Таким образом, проведенные исследования дают основание считать, что одним из факторов

положительного действия различных штаммов азотобактера на растения является продуцируемый ими гетероауксин.

### Влияние азотобактера на содержание азота и свободных аминокислот в растениях

Предпосевная обработка семян азотобактером не только повышает урожай, но и улучшает его качество.

Выдерживание семян кукурузы в суспензиях азотобактера и растворе гетероауксина способствовало накоплению общего азота в растениях (табл. 1).

Максимальное количество азота содержалось в растениях, инокулированных азотобактером штамма 90. Аналогичные данные нами получены в лабораторных и полевых опытах с кукурузой.

Таблица 1  
Содержание общего азота в растениях кукурузы  
(среднее за 1967, 1969 гг.)

Вариант	Количество общего азота, мг/г сухого вещества		
	Лист	Стебель	Корень
Контроль (вода)	21,57	10,42	15,40
Контроль (гетероауксин 30 мкг)	24,56	11,45	17,28
Азотобактер шт. 53	23,36	11,00	17,54
Азотобактер шт. 90	26,43	14,90	16,16

Положительное влияние азотобактера как продуцента гетероауксина сказалось на содержании свободных аминокислот в вегетативных органах кукурузы.

По качественному составу аминокислот инокулированные растения не отличались от контрольных. В надземной массе и корнях тех и других растений были обнаружены одни и те же аминокислоты: цистеин, лизин, гистидин, аргинин, аспарагин, аспарагиновая кислота, серин, глутаминовая кислота, треонин, аланин, тирозин, метионин, триптофан, лейцин, валин.

Однако было выявлено количественное различие в содержании свободных аминокислот в растениях по всем вариантам опытов во все периоды вегетации. Наиболее интенсивное накопление аминокислот отмечено в варианте с азотобактером штамма 90.

Увеличение общего количества свободных аминокислот в растениях, инокулированных и обработанных раствором гетероауксина, происходило за счет аспарагина, аспарагиновой и глутаминовой кислот, аланина, тирозина. На долю этих соединений приходилось 60—70% от общего содержания аминокислот в растениях. В процессе роста и развития кукурузы количество аминокислот не осталось постоянным. Наиболее заметно изменилось содержание аспарагина, ас-

парагиновой, глутаминовой кислот. Примерно к концу вегетации их количество уменьшилось в 1,5—2 раза.

В полевом опыте получены аналогичные данные.

Определялось также содержание протеина в растениях. Результаты вегетационных и полевых опытов 1967, 1969 гг. показали, что инокулированные растения и обработанные раствором гетероауксина содержали протеина больше.

Таким образом, предпосевная обработка семян кукурузы штаммами азотобактера, производящими неодинаковое количество гетероауксина, значительно увеличила количественное содержание общего азота, протеина и свободных аминокислот. При этом наиболее эффективным оказался штамм 90, продуцирующий до 456 мкг гетероауксина.

### Влияние азотобактера на микрофлору почвы

Внесение азотобактера в почву в ряде случаев повышает общее количество микроорганизмов, увеличивает численность их физиологических групп и усиливает их биохимическую активность.

Для более глубокого изучения микрофлоры следует давать ее видовую характеристику. Видовая характеристика микрофлоры дана нами двум группам микроорганизмов: актиномицетам и аэробным целлюлозоразрушающим бактериям.

Актиномицеты являются наиболее типичными почвенными обитателями и обильно представлены в светло-каштановых почвах Волгоградской области. Для определения видового состава актиномицетов было выделено около 100 штаммов с каждого варианта в течение вегетации. В инокулированном варианте на одинаковое количество выделенных штаммов было определено 28 видов из 13 серий, а в контроле — 21 вид из 10 серий.

В результате проведенных анализов почвы контрольного и инокулированного вариантов были выделены следующие серии актиномицетов: *Yriseus*, *Lavendulae-Roseus*, *Nelvolus*, *Aureus*, *Violaceus*, *Fuscus*, *Chromagenes*, *Nigrescens*, *Albus*, *Coeruleescens*.

Представители актиномицетов серии *Chrysomallus*, *Fradiae*, *Ruber* в контроле не обнаружены. В инокулированном варианте из серии *Yriseus* были определены следующие виды: *Act. rochei*, *Act. acrimyces*; из серии *Violaceus* — *Act. Litmocidini*, а в контроле они не выделены.

Увеличение числа видов актиномицетов под действием азотобактера указывает на то, что азотобактер может служить активатором микробиологической деятельности почвы и повышать степень ее оккультуренности.

При учете целлюлозоразлагающих микроорганизмов на среде Гетчинсона в инокулирован-

ном и неинокулированном вариантах, как правило, наблюдалось различие в их видовом составе. В каждую фазу развития растений в неинокулированном варианте идентифицировалось от 2—4 видов микроорганизмов из выделенных штаммов, в инокулированном варианте от 4—6. Всего за весь год вегетации в 1967—1969 гг. на контроле было выявлено 6 видов целлюлозоразлагающих бактерий, а в инокулированном варианте — 9 видов.

Не наблюдалось большого разнообразия видов в инокулированном варианте по сравнению с контрольным в течение вегетации 1968 г. Однако преобладающими оказались виды наиболее активных групп целлюлозоразлагающих микроорганизмов.

Например, палевых миссобактерий типа *Sporoscytophaga* в инокулированном варианте было больше на 33%, чем в контрольном. Процентное содержание зеленых миссобактерий *Cellfalcicula* было в этом варианте также выше.

Наибольшее различие в видовом разнообразии миссобактерий наблюдалось в первые фазы развития растений, то есть в период наибольшего проявления активности азотобактера, что также подтверждается данными Ю. М. Возняковской (1969), Н. С. Веденяпиной (1968).

Таким образом, азотобактер оказывает положительное влияние на разнообразие видов актиномицетов и способствует увеличению количества форм микроорганизмов, разрушающих целлюлозу, что может положительно влиять на микробиологическую активность почвы и урожай.

### Влияние азотобактера на образование свободных аминокислот почвы

Свободные аминокислоты играют большую роль в формировании плодородия почвы, являясь при этом дополнительным источником корневого питания растений. По количеству свободных аминокислот, накопленных на полотне в почве, судят о ее суммарной биологической активности.

В табл. 2 представлены средние данные по содержанию аминокислот в 1 г льняной ткани. Данные за 1967, 1969 гг. показали положительное влияние инокуляции семян кукурузы штаммами азотобактера на биологическую активность почвы. Прибавка аминокислот в инокулированном варианте штаммом 53 в 1967 г. составила 22,7% по отношению к контролю, в 1969 г. прибавки в этом варианте находились в пределах 18,3—55,4%.

При определении количественного и качественного состава свободных аминокислот, накопившихся на полотне, удалось обнаружить 12 аминокислот: цистеин, лизин, гистидин, аргинин, аспарагиновую, глутаминовую кислоты, серин,

тронин, аланин, триптофан, тирозин, валин. Следует отметить, что такие кислоты, как аланин, глутаминовая, аспарагиновая, а также лизин, гистидин, аргинин, являются доминирующими в данных почвах; другие аминокислоты находятся в небольших количествах, и на хроматограммах они представлены в виде следов.

Таблица 2  
Количество свободных аминокислот аланина (мкг)  
на 1 г ткани

Год	Месяц	Варианты		Прибавка от контроля, %
		Контроль	Азотобактер шт. 53	
1967	Август	548,6	673,2	22,7
1968	Июль	235,3	171,2	-27,3
	Август	157,2	156,6	-0,4
1969	Июль	113,1	134,5	18,3
	Август	192,0	298,5	55,4

Однако в 1968 г. в инокулированном варианте из-за нарушения поливного режима в производственных условиях увеличения аминокислот в почве не наблюдалось. Отсутствие достаточно го количества влаги в почве вызвало накопление в ней грибов-антагонистов (в контроле в 1 г почвы грибов-антагонистов содержалось 18,6 тыс., в инокулированном варианте — 26,8 тыс., табл. 9) и повышение биологической токсичности почвы, которая отрицательно влияла на синтез аминокислот в почве.

Таким образом, инокуляция семян азотобактером в благоприятных условиях приводит к увеличению количественного содержания аминокислот в почве. В 1968 г. такие условия не были созданы, что отрицательно сказалось на биологической активности почвы. Увеличение содержания аминокислот происходило за счет главных аминокислот: аспарагиновой, глутаминовой кислот, аланина, то есть тех аминокислот, которые используются растениями для синтеза других аминокислот.

### Зависимость токсичности почвы от влажности и растительного покрова

Проблема токсичности почвы давно обращала на себя внимание исследователей. Природа этого явления объясняется не только физико-химическими свойствами почвы, но и биологическими факторами. Многие виды актиномицетов, бактерий и грибов способны вырабатывать токсины в почве. В условиях засушливого климата изучение токсичности почвы и ее устранения приобретает особое значение, так как грибы и актиномицеты доминируют в этой почве.

Биологическая токсичность почвы, выражаемая нами через условные единицы, зависит от влажности почвы и растительного покрова (Веденяпина Н. С., Мамина Г. А., Долгова Р. А., 1971).

Весной, когда в почве имеется запас влаги, условная биологическая токсичность небольшая или равна нулю (рис. 1). С понижением влажности и перед поливом биологическая токсичность почвы достигла своего максимума. Сильная засуха 1969 г. привела к тому, что условная биологическая токсичность почвы в начальные фазы развития растений повысилась до 107 и более единиц.

Трехлетние наблюдения показали, что между влажностью почвы и ее биологической токсичностью существует обратная зависимость. Особенно наглядно это проявляется при запаздывании со сроками полива. Снижение влажности в этот период приводит к увеличению количества токсичных микроорганизмов и повышению антагонистической реакции, вызываемой ими. Эта закономерность наблюдалась по всем вариантам. В инокулированных вариантах антагонистический эффект был несколько выше, так как в неблагоприятных условиях возникает «вынужденный антагонизм», который можно снять своевременным поливом. Проведенные поливы значительно снижали антагонистическую реакцию грибов (рис. 1).

В опытах была установлена зависимость биологической токсичности от растительного покрова предшествующей культуры. Капуста как предшественник (опыт 1969 г.) показала себя наихудшим образом, так как грибы-антагонисты активно развивались и повышали токсичность почвы. В среднем в контроле она составила 18,8 усл. ед., в инокулированном варианте штамма 53—45,2 усл. ед., штамма 90—49,7 усл. ед. (табл. 9).

### Вегетационные опыты

Взаимоотношения почвенной микрофлоры сложны и разнообразны. Эффективность применения азотобактера в большей мере обусловлена этими взаимоотношениями. В связи с использованием азотобактера в растениеводстве вопрос взаимоотношения его с микрофлорой почвы представляет особый интерес.

Изучение антагонистических свойств к азотобактеру у грибов и актиномицетов, выделенных из светло-каштановых почв, проводили в вегетационных и полевых условиях. В данной работе биологическая токсичность почвы представлена токсичностью грибов, так как в условиях орошаемого земледелия роль актиномицетов в биологической токсичности почвы невелика.

Анализ материалов вегетационных опытов показал, что условная биологическая токсичность грибов в вариантах с азотобактером ниже, чем в контроле. Снижение биологической токсичности почвы при использовании азотобактера происходит за счет уменьшения количества грибов-

антагонистов (2—5 раз по сравнению с контролем). Причем наименьшее их число отмечено в варианте с азотобактером штамма 90.

Видимо, азотобактер, проявляя взаимный ответный антагонизм, снижал количество грибов и, как следствие, количество антагонистов, в чем проявилось его фунгистическое действие, а это привело к снижению биологической токсичности почвы.

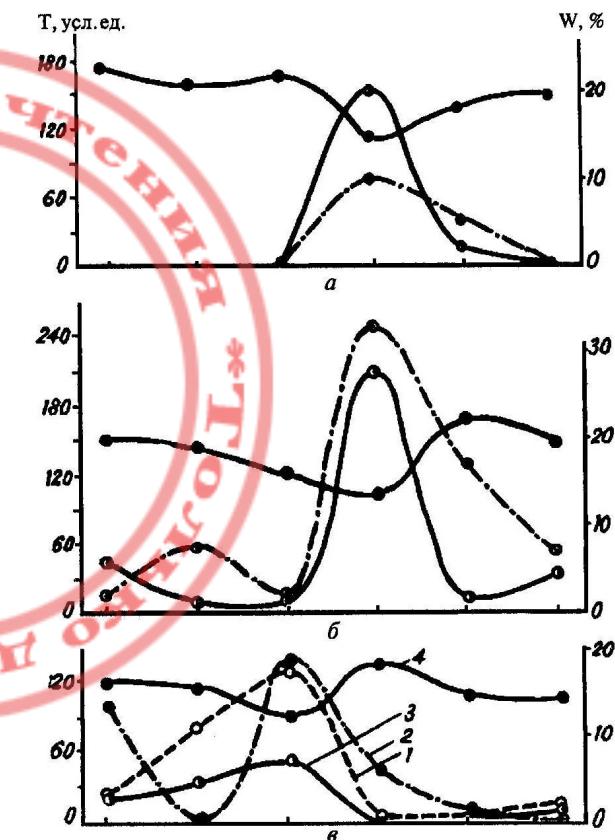


Рис. 1. Изменение условной токсичности грибов  $T$  в опыте с орошающей кукурузой в 1967 (а), в 1968 (б) и 1969 (в) гг. при бактеризации: 1 — контроль; 2 — азотобактер шт. 53; 3 — азотобактер шт. 90; 4 — изменение влажности  $W$  в опыте за период вегетации

Заслуживает внимания вопрос о влиянии раствора гетероауксина на биологическую токсичность почвы. Исследования показали статистически достоверное снижение содержания грибов-антагонистов в почве в варианте с гетероауксином (табл. 3). По сравнению с контролем и инокулированным вариантом штамма 53 их количество в среднем за вегетацию уменьшилось в 4—6 раз и 2,5 раза соответственно, в варианте со штаммом 90 грибов-антагонистов было примерно столько же. По-видимому, это объясняется тем, что штамм 90 выделяет гетероауксина почти в 1,5 раза больше, чем шт. 53.

Таблица 3  
Биологическая токсичность в ризосфере  
инокулированной кукурузы (среднее за вегетацию)

Вариант	1968 г.				1969 г.			
	Количество грибов, тыс/г почвы	Количество антагонистов, тыс/г	Z, мм	T, усл. ед.	Количество грибов, тыс/г почвы	Количество антагонистов, тыс/г	Z, мм	T, усл. ед.
Контроль (вода)	97,3	79,2	2,4	191,7	78,3	28,9	3,5	85,7
Контроль (гетероауксин 30 мкг)	57,0	12,9	1,0	20,6	136,6	7,1	2,2	15,8
Азотобактер шт. 53	60,0	32,5	3,0	99,5	134,1	28,4	1,3	29,9
Азотобактер шт. 90	74,3	15,1	2,2	35,6	91,5	8,4	2,6	28,8

Зона подавления антагонистической реакции грибов в варианте с раствором препарата гетероауксина была ниже в сравнении с контрольным и инокулированными вариантами в 1,5–3 раза, вследствие чего средняя биологическая токсичность за вегетацию в варианте с раствором гетероауксина была ниже вышеуказанных.

Таким образом, раствор препарата гетероауксина подавлял развитие грибов-антагонистов и функцию образования токсинов у грибов, снижая тем самым биологическую токсичность почвы. Вероятно, и азотобактер наряду с фунгицистическими свойствами проявляет свойство подавлять антагонистическую реакцию грибов благодаря способности продуцировать гетероауксин.

### Лабораторные опыты

В вегетационном опыте было установлено, что раствор гетероауксина и азотобактер оказывают идентичное действие на грибную микрофлору. Мы предположили, что одним из возможных факторов, подавляющих развитие грибов, наряду с анисомицином (Мищустин Е. Н., 1972), является гетероауксин. Для выяснения влияния доз гетероауксина на развитие гриба *Pen. urticae Bain* (доминирующего антагониста светло-каштановых почв) при различной влажности почвы были поставлены опыты в стерильных условиях по следующей схеме:

Влажность почвы 9 %:

1. 100 г почвы + споры *Pen. urticae Bain* (контроль).
2. + споры *Pen. urticae Bain* + 15 мкг гетероауксина.
3. +> +30 мкг гетероауксина.
4. + > +45 мкг гетероауксина.
5. + > +60 мкг гетероауксина.

Таблица 4  
Вариационно-статистические показатели  
изменения количества спор гриба *Pen. urticae Bain*  
под влиянием гетероауксина при влажности почвы 9%  
(тыс/г почвы)

Вариант	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>K<sub>y</sub></i>	$\sigma$	$\sigma\sigma$	<i>v</i>
Контроль + <i>P. urticae Bain</i>	6	166,0	11,44	140-200	28,04	8,10	16,89
+ гетероауксин 15 мкг	4	457,5	16,53	420-500	33,07	11,68	7,22
+ гетероауксин 30 мкг	6	61,0	5,42	40-80	13,28	3,84	21,77
+ гетероауксин 45 мкг	4	562,5	27,80	500-630	55,61	19,65	9,88
+ гетероауксин 60 мкг	6	50,0	4,08	40-60	8,16	2,88	16,32
+ гетероауксин 45 мкг	4	595,0	37,98	520-670	75,93	26,83	12,76
+ гетероауксин 45 мкг	6	20,0	12,63	160-250	30,28	8,95	15,48
+ гетероауксин 60 мкг	4	920,0	57,15	760-1020	114,31	40,39	12,42
+ гетероауксин 60 мкг	5	290,0	17,45	210-300	33,09	12,36	13,47
+ гетероауксин 60 мкг	4	775,0	51,70	680-900	103,41	35,54	13,34
Обозначение:	8 дней						
	с начала опыта						
	24 дня						

Влажность почвы 18% — те же 5 вариантов. Продолжительность опыта 24 дня. Подсчет колоний гриба делали на 8-й и 24-й день опыта на среде Чапека. При изучении антагонистических свойств гриба измеряли не менее 35—55 зон.

Из данных, представленных в табл. 3, следует, что при влажности почвы 9% дозы гетероауксина 15 и 30 мкг подавляли развитие гриба в первые дни опыта, а дозы 45 и 60 мкг, наоборот, стимулировали. Через 24 дня все испытуемые дозы гетероауксина усиливали развитие гриба. Наибольший стимулирующий эффект был получен от раствора, содержащего 45 мкг гетероауксина.

Совершенно иное действие на развитие спор гриба *Pen. urticae Bain* оказывал гетероауксин при влажности почвы 18%. В условиях повышенной влажности гетероауксин подавлял развитие данного гриба. В первый срок проведения опыта в вариантах с гетероауксином количество спор гриба по сравнению с контролем уменьшилось в 2—5 раз. К концу опыта влияние гетероауксина на развитие спор гриба *Pen. urticae Bain* несколько уменьшилось. На 24-й день опыта развитие спор данного гриба подавляли только дозы гетероауксина 30, 45, 60 мкг. Наибольший подавляющий эффект получен при концентрации гетероауксина 30 мкг (табл. 5).

Зоны подавления азотобактера грибом при влажности почвы 9% в вариантах с гетероауксином были меньше, чем на контроле не только на 8-й день опыта, но и на 24-й (табл. 6). При влажности почвы 18% зоны подавления азотобактера грибом в вариантах с гетероауксином на 8-й день опыта были меньше контрольных, а на 24-й день опыта отмеченная закономерность наблюдалась только в вариантах с дозами гетероауксина 15, 30 мкг. Раствор, содержащий 60 мкг гетероауксина, усиливал антагонистическую реакцию гриба *Pen. urticae Bain* (табл. 7).

Таблица 5

**Вариационно-статистические показатели изменения количества спор гриба *Pen. urticae Bain* под влиянием гетероауксина при влажности почвы 18% (тыс./г почвы)**

Вариант	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>K</i>	$\sigma$	$\sigma\sigma$	<i>v</i>
Контроль + <i>P. urticae Bain</i>	6	150,0	11,54	100-180	28,28	8,17	18,85
	7	640,0	63,77	410-860	168,34	45,01	26,30
+ гетероаук-син 15 мкг	6	75,0	6,19	60-100	15,18	4,38	20,24
	7	592,0	96,42	420-800	159,22	64,00	40,36
+ гетероаук-син 30 мкг	6	23,3	2,79	0-30	6,84	1,98	29,35
	6	148,0	17,58	0-240	43,08	12,45	29,10
+ гетероаук-син 45 мкг	6	60,0	3,65	50-70	8,94	2,58	14,90
	6	318,6	23,71	260-400	58,11	16,79	18,24
+ гетероаук-син 60 мкг	6	21,6	3,04	10-30	7,53	2,17	34,86
	6	377,0	21,34	290-450	52,30	15,11	13,87
Обозначение:		8 дней					
с начала опыта		24 дня					

Таблица 6

**Вариационно-статистические показатели изменения зоны подавления роста азотобактера грибом *Pen. urticae Bain* при влажности почвы 9% (мм)**

Вариант	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>m</i>	<i>K</i>	$\sigma$	$\sigma\sigma$	<i>v</i>
Контроль + <i>P. urticae Bain</i>	51	12,2	0,42	10,0-17,5	3,00	0,28	24,53
	35	10,8	0,44	8,0-13,5	2,65	0,31	24,44
+ гетероаук-син 15 мкг	36	11,6	0,42	9,5-15,0	2,52	0,29	21,72
	37	10,3	0,36	8,0-12,0	2,22	0,25	21,55
+ гетероаук-син 30 мкг	43	11,0	0,37	6,5-16,0	2,46	0,26	22,36
	41	9,9	0,45	6,5-13,0	2,93	0,32	28,58
+ гетероаук-син 45 мкг	53	11,0	0,37	6,0-18,0	2,73	0,27	24,86
	37	9,8	0,41	8,5-12,0	1,91	0,22	19,49
+ гетероаук-син 60 мкг	43	10,4	0,59	5,0-20,6	3,92	0,42	37,69
	37	8,8	0,28	2,0-11,0	1,72	0,20	19,54
Обозначение:		8 дней					
с начала опыта		24 дня					

Таблица 7

**Влияние гетероауксина на биологическую токсичность почвы**

Вариант	Влажность почвы							
	9%		18%					
	<i>Z</i> , мм	Количество антагонистов тыс./г почвы	<i>T</i> , усл. ед.	<i>Z</i> , мм	Количество антагонистов тыс./г почвы	<i>T</i> , усл. ед.		
Контроль + <i>P. urticae Bain</i>	12,2	166,0	100	2025,2	8,7	150,0	100	1305,0
	10,8	457,0	100	4941,0	4,5	624,7	99,8	2811,1
+ гетероаук-син 15 мкг	11,6	61,0	100	707,6	6,8	75,0	100	510,0
	10,3	562,5	100	5793,7	3,8	527,5	87,8	2004,5
+ гетероаук-син 30 мкг	11,0	50,0	100	550,0	5,4	57,6	96,0	311,0
	9,9	595,0	100	5890,5	3,4	125,6	82,8	427,0
+ гетероаук-син 45 мкг	11,0	20,2	100	2200,0	5,6	22,6	97,0	126,6
	9,8	920,0	100	9016,0	4,4	269,6	81,8	1186,2
+ гетероаук-син 60 мкг	10,4	290,0	100	3016,0	7,1	20,9	96,7	148,4
	8,8	775,0	100	6820,0	5,9	377,0	100	2224,3
Обозначение:		8 дней						
с начала опыта		24 дня						

Следует отметить, что не все штаммы гриба *Pen. urticae Bain* подавляли развитие азотобактера. Сопоставление влияния гетероауксина при различной влажности на количество антагонистов азотобактера показало, что при влажности почвы 9% данный гриб полностью подавлял развитие азотобактера во все сроки проведения опыта, в то время как при влажности почвы 18% уже в первые дни опыта снизился процент антагонистов азотобактера по сравнению с контролем. Отмеченное явление сохранилось во времени. При этом наиболее низкий процент антагонистов азотобактера был отмечен в вариантах с дозами гетероауксина 30 и 45 мкг на 24-й день опыта. В контроле антагонистов содержалось 99,8%, в вариантах с дозами гетероауксина 30 и 45 мкг — 82,2% и 81,8% соответственно (табл. 8).

Расчет биологической токсичности почвы показал, что при 9% влажности почвы биологическая токсичность почвы значительно выше в вариантах с гетероауксином. Максимальных величин она достигла в вариантах с дозами гетероауксина 45, 60 мкг на 24-й день проведения опыта. И, наоборот, при влажности почвы 18% биологическая токсичность почвы в вариантах с гетероауксином была ниже контрольной в 2—10 раз. К концу опыта эта разница несколько уменьшилась. Однако в вариантах с дозами гетероауксина 30, 45 мкг биологическая токсичность почвы по-прежнему была значительно ниже контрольной. В вариантах контролльном и с дозами гетероауксина 15, 60 мкг эти различия были незначительными (табл. 7).

Сопоставление данных вегетационного и лабораторного опытов по влиянию гетероауксина на рост грибов и их антагонистическую активность показало, что мы получили аналогичные результаты.

Следовательно, степень влияния различных доз гетероауксина на рост гриба *Pen. urticae Bain* и антагонистическую реакцию зависела от влажности почвы.

При высокой влажности почвы происходило подавление роста гриба, при низкой — стимуляция. Последнее вызывало значительное повышение биологической токсичности почвы в вариантах с гетероауксином. Полученные нами данные объясняют нестабильность действия азотобактера на растения: при низкой влажности почвы функции азотобактера подавляются грибами-антагонистами, при оптимальной он сам подавляет развитие грибов.

### Полевые опыты

В полевом опыте 1967 г. особенно ярко выступают фунгистатические свойства азотобактера, что имело существенное значение для развития растений (табл. 8).