

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

М. В. ФЕДОРОВ и В. П. ПОДЬЯПОЛЬСКАЯ

**ВЛИЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ СРЕДЫ ФОСФОРОМ И КАЛИЕМ
НА ОБРАЗОВАНИЕ КЛУБЕНЬКОВ И УРОЖАЙ БОБОВОГО
РАСТЕНИЯ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 27 V 1950)

Благоприятное влияние фосфатов на образование клубеньков у бобовых растений отмечалось многими исследователями (1, 3-5). Природа этого влияния связана как с активацией клубеньковых бактерий, так и с усилением роста бобового растения. В том и другом случае улучшаются условия для заражения корневой системы растения бактериями и установления более тесного симбиотического контакта между ними. Однако, клубеньковые бактерии и бобовые растения по разному реагируют на наличие определенных доз фосфатов в растворе. По данным М. И. Корсакова и А. Конокотиной (2), влияние фосфатов на образование клубеньков начинается еще в тот период, когда само бобовое растение не испытывает фосфорного голодания. Это говорит о большей потребности клубеньковых бактерий в фосфатах. Вероятно, эта особенность клубеньковых бактерий лежит и в основе относительно высокого содержания фосфора в клубеньках (0,88% в клубеньках при 0,33% в корнях). Но, обладая высокой общей потребностью в фосфоре, клубеньковые бактерии довольно чувствительны к дозировкам фосфатов и к их формам. Если доза фосфата выходит за определенные пределы, или же в среде устанавливается неблагоприятная реакция за счет этого фосфата, то развитие бактерий задерживается на значительное время в стадии подвижных палочек, без перехода их в стадию бактероидов. А так как интенсивная фиксация азота атмосферы происходит, главным образом, в стадии бактероидов, то задержка образования бактероидов слишком высокими дозами фосфатов должна угнетать азотфиксирующую активность бактерий и тем самым снижать урожай бобового растения.

Степень обеспеченности среды калием также оказывает существенное влияние на образование клубеньков у бобовых. Эти растения обладают довольно высокой потребностью в калии и выносят со своими урожаями в три раза больше калия (клевер), чем, например, хлебные злаки. Поэтому при недостатке в почве этого элемента они не дают хороших урожаев. Но влияние калия на клубеньковые бактерии и на их способность вызвать заражение бобового растения и образовать на нем клубеньки пока еще недостаточно охарактеризовано.

В работах одних исследователей (6) приводятся данные о благоприятном влиянии калия на образование клубеньков и фиксацию молекулярного азота клубеньковыми бактериями, а в работах других исследователей (3, 8) сообщаются факты даже о вредном влиянии калия на образование клубеньков. Эта противоречивость данных как по фосфору,

так и по калию вероятно обуславливается тем, что разные исследователи использовали в своих опытах почвы с разной степенью обеспеченности этим элементом и с разными физико-химическими особенностями, и, кроме того, разные калийные соли. Все это накладывало свой фон на условия развития как бобовых растений, так и клубеньковых бактерий. Если к этому добавить, что семена самих бобовых растений весьма богаты калием и фосфором, то станет понятным, почему получаются различия при разной степени обеспеченности среды этими элементами и в условиях вегетационных опытов с песчаными культурами.

Для выявления наиболее благоприятных доз фосфорных и калийных удобрений на образование клубеньков и фиксацию клубеньковыми бактериями атмосферного азота нами были поставлены излагаемые здесь опыты. Они ставились в вегетационных сосудах, вмещающих 4 кг кварцевого песка. В качестве питательной среды использовалась вторая смесь Гельригеля, содержащая азот в форме азотнокислого аммония. Часть сосудов имела полную норму азота этой смеси, а другая — только 0,1 от нормы.

Семена бобовых растений предварительно стерилизовались крепкой серной кислотой и за 1—2 дня до посева инокулировались нужной рапсой клубеньковой бактерии 3—4-суточного возраста.

Посев производился наклонувшимися семенами. В каждом сосуде выращивалось 7 растений гороха. Влажность поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости путем ежедневного полива дистиллированной водой. Учет клубеньков производился по счету, весу и объему.

Влияние фосфорных и калийных удобрений испытывалось путем изменения их дозировок. Различные дозы фосфора испытывались по фону полной нормы и 0,1 нормы азота от смеси Гельригеля. При уменьшении дозы фосфора соответственно уменьшались количества растворимого и трудно растворимого фосфата, входящего в состав этой смеси. Кальций, содержащийся в CaHPO_4 , заменялся углекислым кальцием, а калий, содержащийся в K_2HPO_4 , — хлористым калием.

Полученные в этих опытах результаты сведены в табл. 1.

Опыт дал совершенно неожиданные результаты. Уменьшение дозы вносимого фосфора оказалось благоприятное влияние на урожай. При уменьшении дозы фосфора в 4 раза урожай надземной массы оказался на 40% выше контроля. В связи с неожиданностью этого результата, опыты с теми же дозировками фосфора были повторены во втором и третьем году, причем были получены те же самые результаты (в третьем году с полной нормой фосфора сравнивались только $1/8$ и $1/16$ нормы).

Во всех случаях самый низкий урожай был получен, как показывают данные табл. 1, по полной норме фосфора. По фону 0,1 нормы азота урожай возрастает соответственно с уменьшением дозировок фосфора. Так как вес клубеньков при этом мало меняется, то следует думать, что бактерии более выносливы к высокому содержанию фосфора, но азотфикссирующая активность их, повидимому, также падает. Это приводит и к падению урожая. По фону полной нормы азота эти соотношения резко меняются в связи с наличием в среде усваиваемых для растений форм минерального азота.

Иной результат был получен с калием. Уменьшение дозировки этого элемента в среде во всех случаях привело к снижению урожая и к снижению азотфикссирующей способности клубеньковых бактерий, хотя масса клубеньков при уменьшенных дозах азота и была иногда больше. Результаты этого опыта приводятся в табл. 2 (все варианты ставились по фону 0,1 нормы азота от смеси Гельригеля).

Полученные данные показывают, что при уменьшении дозировок калия снижается вес образующихся клубеньков и сильно падает урожай. При уменьшении дозы в 2 раза урожай отвечает только 80% от варианта с полной нормой калия, а при уменьшении в 4 раза — 70%. Так как

Таблица 1

Влияние различных доз фосфора на образование клубеньков у гороха

Дозы фосфора (в частях от нормальной смеси Гельригеля)	Воздушно-сухая надземная масса		Воздушно-сухие корни		Семена		Абсолютно сухой вес клубеньков		Число клубеньков
	в г	в %	в г	в %	в г	в %	в мг	в %	
I. По полной норме азота									
1	7,40	100	0,71	100	0,94	100	8,0	100	69
	7,64		0,64		1,95		3,0		38
$\frac{1}{4}$	17,92	235	1,33	194	4,49	371	59,0	1240	523
	17,38		1,28		6,22		65,0		659
$\frac{1}{8}$	17,90	232	1,41	212	6,75	440	14,0	600	124
	16,95		1,43		5,92		47,0		262
$\frac{1}{16}$	15,62	203	1,09	167	5,44	387	0,5	20	8
	14,97		1,15		5,72		2,0		8

II. По 0,1 нормы азота

Дозы калия (в частях от нормальной смеси Гельригеля)	Воздушно-сухая надземная масса		Воздушно-сухие корни		Семена		Абсолютно сухой вес клубеньков		
	в г	в %	в г	в %	в г	в %	в г	в %	
1	9,81	100	0,50	100	3,73	100	75,0	100	683
	9,98		0,67		3,80		92,0		690
$\frac{1}{4}$	13,80	138	0,62	109	5,93	158	82,0	93	500
	13,43		0,65		5,98		72,0		472
$\frac{1}{8}$	14,51	149	1,09	162	6,32	177	77,0	96	404
	14,92		0,80		7,00		84,0		498
$\frac{1}{16}$	16,12	165	0,99	152	6,55	181	88,0	106	805
	16,63		0,78		7,09		53,0		587

Таблица 2

Влияние обеспеченности среды калием на образование клубеньков и урожай бобового растения

Дозы калия (в частях от нормальной смеси Гельригеля)	Воздушно-сухая надземная масса		Воздушно-сухие корни		Семена		Абсолютно сухой вес клубеньков	
	в г	в %	в г	в %	в г	в %	в г	в %
Инокулированные семена								

1	6,20	100,0	0,74	100,0	1,00	100,0	0,036	100,0
	6,35		0,51		0,95		0,045	
$\frac{1}{2}$	5,67	80,0	0,60	89,0	0,75	55,0	0,063	112,0
	4,43		0,50		0,82		0,028	
$\frac{1}{4}$	3,94	70,0	0,75	105,0	0,03	25,0	0,025	57,0
	4,82		0,55		0,45		0,022	

Не инокулированные семена

1	4,60	100,0	0,54	100,0	0,37	100,0	0,042	100,0
	4,30		0,47		0,22		0,162	
$\frac{1}{2}$	5,00	107,0	0,63	110,0	0,18	41,0	0,066	60,0
	4,52		0,47		0,06		0,057	
$\frac{1}{4}$	3,85	75,0	0,44	82,0	0,30	52,0	0,024	19,0
	2,85		0,38		0,01		0,014	

при половинной норме калия урожай падает, а вес клубеньков даже немножко повышается, то следует думать, что азотфикссирующая актив-

нность клубеньковых бактерий понижается при недостаточной обеспеченности среды калием. Однако это имеет место только в том случае, если для инокуляции гороха используется чистая раса клубеньковых бактерий. При естественном же заражении влияние калия подчинено более строгой закономерности. Параллельно с уменьшением дозы калия наблюдается и резкое уменьшение веса клубеньков, хотя азотфикссирующая активность бактерий, повидимому, и не подвергается заметным колебаниям. Все это говорит о сложности взаимоотношений между клубеньковыми бактериями и бобовыми растениями. Наиболее успешное сожительство будет иметь место только при определенных условиях внешней среды, причем обеспеченность фосфором и калием является одним из существенных факторов этой среды.

В наших опытах наиболее благоприятными оказались дозы фосфора в 25—50 мг на 1 кг песка. Они намного ниже принятых в практике и хороший рост гороха при этих дозировках позволяет признать возможным использование более низких норм фосфорных удобрений для получения высоких урожаев бобовых растений, в то время как дозировки калия должны оставаться на сравнительно высоком уровне. Этот элемент, повидимому, более нужен для проявления азотфикссирующей активности клубеньковых бактерий в клубеньке.

Московская сельскохозяйственная академия
им. К. А. Тимирязева

Поступило
27 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Израильский, Е. Рунов и В. Бернард, Клубеньковые бактерии и нитраты, 1933. ² М. И. Корсаков и А. Конокотина, Тр. Всес. ин-та с.-х. микробиологии, 8, в. 2 (1936). ³ А. Прозоровская, Хим. соц. землед., № 10, 24 (1934). ⁴ М. Федоров, Тр. ТСХА, в. 30, 43 (1945). ⁵ М. Федоров, Биологическая фиксация азота атмосферы, 1948. ⁶ S. Feillets, Soil Scien., 6, 81 (1918). ⁷ E. Fred, I. Baldwin and E. McCoy, Root nodule bacteria and leguminous plants, 1932. ⁸ A. Perkins, Soil Scien., 17, 439 (1924).