

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. П. ЩЕРБАКОВ

К ВОПРОСУ О ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ ЭЛЕМЕНТОВ, НЕОБХОДИМЫХ РАСТЕНИЮ В МАЛЫХ КОЛИЧЕСТВАХ

(Представлено академиком А. Н. Бахом 10 IX 1938)

В какой мере бор, марганец и другие микроудобрения оказывают благоприятное действие на различные культуры и какова физиологическая роль этих элементов, является для физиологов вопросом текущего дня (1, 2). В настоящее время мы можем считать общепризнанным, что для нормального развития растений недостаточно только иметь семь классических элементов питания. Это положение прочно установлено в исследовательской практике и не требует новых доказательств. В условиях водных и песчаных культур, которые проводятся в надежных очищенных средах, прибавка бора, меди, натрия и других микроудобрений к нормальным питательным смесям является обязательным (3).

В развитие своих предыдущих исследований с микроэлементами (4), где нам удалось показать различный характер ассимиляции кальция, магния и фосфорной кислоты у льна, развивавшегося с микроэлементами и в их отсутствии, а также различный характер распределения этих веществ в листьях и стеблях льна, мы поставили себе задачей в настоящем исследовании проследить изменение азотного и фосфорного баланса в зависимости от этих же факторов.

Таким образом нас интересовало выяснить, с одной стороны, вопрос, как меняется под влиянием микроэлементов использование растением существующих запасов фосфора и азота в питательной среде (вынос этих элементов растением), с другой стороны, в какой мере эти поступившие в растение количества азота и фосфора используются самим растением на построение сложных органических компонентов. Для этих целей был поставлен опыт в песчаных культурах с гречихой, сорт «Богатырь». Семена получены с Шотиловской опытной станции, урожай 1932 г. Опыт проведен в 1934 г. на Долг. опытном поле Научного ин-та по удобрениям. Песок взят тщательно промытый кислотой и дистиллированной водой.

Схему опыта мы приняли весьма простую. Полная смесь Гельригеля взята за контроль. Параллельно ей следовал ряд, в который вносились микроэлементы. Затем в последующих рядах доза фосфора или азота, или того и другого вместе снижалась вдвое. В параллельных же рядах по сниженным дозам этих элементов питания в сосуды вносился раствор микроэлементов.

Схема опыта

Серия I — смесь Гельригеля (полная доза N и P)	$\left. \begin{array}{l} \text{без микроэлементов} \\ \text{с микроэлементами} \\ \text{без микроэлементов} \\ \text{с микроэлементами} \\ \text{без микроэлементов} \\ \text{с микроэлементами} \\ \text{без микроэлементов} \\ \text{с микроэлементами} \end{array} \right\}$
» II — » » (1/2 N)	
» III — » » (1/2 P)	
» IV — » » (1/2 N и 1/2 P)	

При уменьшении дозы азота и фосфора выключаемые компоненты питательной смеси (кальций и калий) компенсировались внесением эквивалентных количеств CaSO₄ и KCl.

Микроэлементы вносились в половинном количестве рекомендуемой смеси Соммер и Липман (5) (опыты проведены в небольших стеклянных сосудах емкостью 1.1 кг песка):

B	— 0.25	мг на 1 кг	песка	в виде	H ₃ BO ₃
J	— 0.125	»	»	»	KJ
F	— 0.125	»	»	»	NaF
Mn	— 0.75	»	»	»	MnCl ₂
Cu	— 0.063	»	»	»	CuSO ₄
Zn	— 0.25	»	»	»	ZnSO ₄
Al	— 0.25	»	»	»	Al ₂ (SO ₄) ₃

11 июня сделана посадка семян, а 14 и 15 июня появились дружные всходы на всех сосудах. Однако уже спустя несколько дней стало обнаруживаться лучшее развитие растений в сосудах с микроэлементами. Эта картина сохранилась и до конца опыта. Растения нормально цвели. Период цветения удлинялся у растений, получивших микроэlementы. 31 августа опыт был снят. В урожае определялись, отдельно в зеленой массе и зерне, общий азот и фосфор, белковый азот и растворимый фосфор в водном растворе, слабо подкисленном уксусной кислотой.

Полученные урожайные данные (табл. 1) подтвердили наши ожидания. Во всех рядах, где были внесены микроэlementы, урожай как зеленой массы, так и зерна был значительно выше параллельного ряда, не получившего микроэlementов. Особенно резко влияние микроэlementов сказалось на урожае зерна. Даже в тех случаях, когда в питательной среде количество азота или фосфора снижалось вдвое, урожай зерна был или равен или несколько превышал урожай по полной дозе азота и фосфора

Таблица 1

Урожайные данные (средние величины из 2 сосудов)

Схема	Высота растен.	%	Вес сух. зел.	%	Вес семян в г	%	Общий урожай	%
	в см на сосуд		массы в г на сосуд		на сосуд		в г на сосуд	
Серия I NPK	47.5	100	5.5	100	2.85	100	8.35	100
» NPK+микроэлементы	61.0	128.4	7.2	130.9	4.1	143.9	11.3	135.3
Серия II 1/2 N+PK	31.5	66.3	3.8	69.1	0.8	28.1	4.6	55.1
» 1/2 N+PK+микроэлементы	45.2	95.2	5.6	102	2.6	91.2	8.1	97.0
Серия III 1/2 P+NK	32.5	68.4	5.0	90.9	1.53	53.7	6.53	78.2
» 1/2 P+NK + м-элементы	42.2	88.8	9.8	141.8	3.5	122.8	11.3	135.3
Серия IV 1/2 P+1/2 N+K	27.9	58.7	4.3	78.2	1.1	31.6	5.4	64.6
» 1/2 N+1/2 P + K + микроэлементы	45.7	95.4	5.8	105.5	3.6	126.3	9.4	112.5

без микроэлементов. В литературе (6, 7) неоднократно отмечалось положительное влияние микроэлементов на урожай.

Полученный урожай, как уже было упомянуто, подвергался анализу. В отличие от наших предыдущих исследований со льном (4), а также исследований ряда других авторов (9) прибавка микроэлементов резкого различия в процентном содержании общего фосфора в зеленой массе и в зерне не вызвала. Наблюдался лишь один случай на серии II (с пониженным содержанием азота) заметного увеличения общего фосфора в зеленой массе. Резкое изменение в содержании общего азота наблюдалось у растений, получивших микроэлементы. В зерне процент общего азота повышался, а в зеленой массе понижался.

Характерным явлением может служить тот факт, что, несмотря на пониженное содержание азота и фосфора питательной среды в сериях II и III, добавка микроэлементов вызвала значительно более высокое процентное содержание общего азота по сравнению с контрольным рядом (серия I без микроэлементов). В обратную сторону сказалось влияние микроэлементов на зеленую массу.

Содержание белкового азота в зерне и зеленой массе, как видно из табл. 2, тесным образом связано с наличием микроэлементов в питательной среде; при этом если высчитать процент белкового азота от общего азота, то во всех случаях, где были даны микроэлементы, таковой процент будет очень высоким.

Эти факты позволяют предполагать, что в присутствии микроэлементов поступающий из питательной среды азот быстро и почти нацело синтезировался до белков в зерне и в зеленой массе, чего не происходило в отсутствие микроэлементов. Особенно резко снизилось образование белков в отсутствие микроэлементов в зеленой массе на пониженных дозах азота и фосфора. Подобное явление отметил также и Шевчук по отношению к картофелю (1). В связи с этим возникает следующее, с нашей точки зрения не лишнее основание соображение.

Если недостаток фосфора или азота в питательной среде в отсутствие микроэлементов резко сказывается на содержании белка в зеленой массе, как это видно из табл. 2, то пожалуй можно на этом построить при помощи метода вакуум-инfiltrации (8), получающего все большее распространение в работах физиологов в настоящее время, диагностический прием, позволяющий устанавливать потребность растений в азоте и фосфоре. Впрочем этот вопрос будет еще предметом наших исследований.

Не менее любопытным явлением может служить и тот факт, что понижение дозы азота, фосфора или того и другого одновременно в питательной среде, при наличии микроэлементов, совершенно не отразилось на процентном содержании белкового азота в зеленой массе и зерне гречихи. В этом случае выступает повидимому одна из специфических сторон физиологического действия микроэлементов—их способность повышать синтетические процессы в растении.

Что касается растворимого фосфора, то во всех случаях, когда растения получали микроэлементы, процент его как в зерне, так и в зеленой массе становился заметно ниже. Хотя прямого определения органических форм фосфора мы и не производили, однако полагаем, что даже имеющиеся в нашем распоряжении аналитические данные позволяют говорить о влиянии микроэлементов на накопление органических форм фосфора. Низкий процент фосфора, переходящий в слабо подкисленную уксусной кислотой водную вытяжку из растений*, выросших при наличии в пита-

* Несомненно, что в нашу вытяжку перешел ряд фосфорных органических соединений—фитин, моно- и диглюкоза, фосфо-науклеиновые группы и некоторые другие.

Таблица 2

Содержание азота и фосфора в семенах и зеленой массе гречихи (в % на сухой вес)

С х е м а	З е р н о						Зеленая масса					
	Общ. N	Бел- ков. N	% бел- ков. от общ. N	Общ. P ₂ O ₅	Раст- во- рим. P ₂ O ₅	% раст- во- рим. от общ. P ₂ O ₅	Общ. P ₂ O ₅	% бел- ков. N от общ.	Раст- во- рим. P ₂ O ₅	% раст- вор. P ₂ O ₅ от общ.		
											Общ. N	Бел- ков. N
Серия I NPK	1.44	1.22	84.7	0.52	0.30	57.7	1.35	0.68	50.0	0.57	0.35	61.4
» NPK + микроэл.	1.91	1.72	90.1	0.50	0.24	48.0	0.98	0.85	86.7	0.59	0.30	50.8
Серия II 1/2 N + PK	1.35	1.05	77.7	0.58	0.36	62.1	1.03	0.30	29.1	0.78	0.49	62.0
» 1/2 N + PK + м-эл.	1.57	1.44	91.7	0.56	0.28	50.0	0.80	0.70	83.3	0.60	0.30	50.0
Серия III 1/2 P + NK	1.30	1.02	78.2	0.51	0.39	76.5	1.21	0.40	30.0	0.50	0.36	72.0
» 1/2 P + NK + м-эл.	1.59	1.47	92.5	0.51	0.26	50.9	0.89	0.82	91.1	0.51	0.27	47.4
Серия IV 1/2 N + 1/2 P + K	1.25	0.95	76.8	0.56	0.40	71.4	1.05	0.25	25.0	0.50	0.34	66.3
» 1/2 N + 1/2 P + K + м-эл.	1.60	1.42	88.8	0.59	0.31	52.5	0.80	0.79	94.3	0.50	0.22	43.7

тельной среде микроэлементов, позволяет сделать предположение, что неорганический фосфор превратился в какую-то более стойкую по отношению к данному растворителю форму. При этом думать, что эта форма должна и могла быть неорганического порядка, едва ли справедливо.

Таким образом на поставленный в начале работы вопрос мы получили достаточно определенный ответ. Микроэлементы содействуют лучшему использованию минерального азота и фосфора в растении, превращая их в органические формы. Неорганическая часть этих элементов в растении резко снижается, а органическая возрастает при наличии микроэлементов в питательной среде. При этом повидимому происходит значительное

ускорение процессов синтеза, что может быть подтверждено частично также и урожайными данными, из которых можно усмотреть значительное повышение урожая зеленой массы и особенно зерна при наличии микроэлементов в питательной среде.

Вторая часть нашей задачи также получила свое разрешение. Полученные нами результаты находятся в полном соответствии с литературными указаниями. Еще в работе Смирнова (10) отмечается повышенный вынос азота табаком в присутствии бора. Позднее на подобное же явление в отношении фосфорной кислоты указали Шестаков и Швинденков (9).

Из табл. 3 следует, что во всех случаях, когда мы давали растениям дополнительно к нормальной питательной смеси Гельригеля еще и микро-

Таблица 3

Процент использования азота и фосфора питательной среды растениями

	N	P ₂ O ₅
Серия I NPK	77.3	54.0
» NPK+микроэлементы	92.7	73.9
Серия II 1/2N+PK	62.0	40.0
» 1/2N+PK+микроэлементы	100.0	51.8
Серия III 1/2P+NK	53.7	76.7
» 1/2P+NK+микроэлементы	84.0	68.1
Серия IV 1/2N+1/2P+K	78.7	65.7
» 1/2N+1/2P+K+микроэлементы	100.0	100.0

элементы, процент использования (вынос) растениями азота и фосфора питательной смеси был значительно выше. При этом особенно интересным является тот факт, что даже при пониженном запасе этих питательных веществ в субстрате (серия II, III и IV) использование растением этих элементов на построение урожая было чрезвычайно высокое, достигая в некоторых случаях до 100%.

В ы в о д ы: 1. Опыты проведены в песчаных культурах с гречихой на смеси Гельригеля с различными дозами азота и фосфора с прибавкой и без прибавки микроэлементов. 2. Прибавки микроэлементов вызвали лучшее развитие и большой урожай как по полной дозе фосфора и азота, так и по пониженной вдвое дозе этих питательных веществ. 3. Прибавка микроэлементов в питательную смесь понижала процент общего азота в зеленой массе и повышала в зерне. Процент белкового азота повышался в обоих случаях. Содержание фосфора заметно не изменялось. Процентное содержание растворимого в воде, слабо подкисленной уксусной кислотой, фосфора снижалось под влиянием микроэлементов. 4. Микроэлементы способствуют лучшему использованию минерального азота и фосфора в растении для построения органических форм азота и фосфора. 5. Растения, получившие микроэлементы, более полно используют запасы азота и фосфора питательной среды.

Научный институт по удобрениям
и инсектофунгицидам и
Институт Биохимии
Академии Наук СССР.

Поступило
7 IX 1938.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Шевчук, Тр. ВИУА, вып. 22 (1938). 2 М. М. Мазаева, Бот. журн. СССР, № 1 (1938). 3 А. А. Хализев и С. А. Ремизов, Химиз. соц. земл., № 3 (1933). 4 А. П. Щербаков, *ibid.*, № 7 (1935). 5 Somnera. Lirman, *Plant. physiol.*, I, 23 (1927). 6 Т. А. Талыблы, Химиз. соц. земл., № 7 (1935). 7 Е. В. Бобко и Г. С. Сывороткин, *ibid.*, № 8 (1935). 8 А. И. Смирнов и А. П. Щербаков, *ibid.*, № 6 (1938). 9 А. Г. Шестаков и Г. С. Сывороткин, Из результ. вегет. и лабор. опытов, 16 (1935). 10 А. И. Смирнов, Тр. Ин-та табаковод., вып. 70 (1930).