

Л. А. ЗУЕВ

ДИНАМИКА ФОРМ ФОСФОРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИИ

(Представлено академиком Д. Н. Прянишниковым 20 VI 1947)

Решающее значение фосфатного питания растений в их начальный период роста считается уже давно установленным научным фактом. Домонтович (1), проводя опыты с овсом в лаборатории Прянишникова, получал значительное снижение урожая в том случае, если оставлял растения без фосфора в начальный период их роста. Он давал фосфаты в течение тринадцатидневных периодов времени, постепенно отдаляя их от начала роста. Процент фосфорной кислоты к сухому веществу урожая непрерывно рос по мере отдаления периода фосфатного питания от начала роста, урожай же всей массы начал резко падать уже после 25 дней фосфатного голодания. Позднее Бренчли (2) в опыте с ячменем получила полную аналогию с этими данными. В ее опыте растения, не получавшие фосфатов в течение первых 4 недель роста, совсем не плодоносили. Растения, получавшие фосфаты в начале роста, давали урожай, повышающийся по мере удлинения срока фосфатного питания. Наиболее высокий урожай получен в том случае, когда растение получало фосфаты в течение 8 недель. Дальнейшее снабжение фосфатами не давало дополнительного эффекта. Демиденко и Рухлядева (3) при удалении из питательной среды фосфорной кислоты с начала цветения получали более высокий урожай подсолнечника, чем при питании фосфором до конца вегетации. Подобное выключение азота или калия вело к снижению урожая.

Исследование этого явления, относящегося к вопросу питания растений по фазам развития, представляет огромный интерес как теоретический, так и практический, поскольку в практику земледелия уже начинает внедряться метод внесения фосфатных удобрений в непосредственную близость к семенам, который дает хороший эффект.

В настоящей работе проводилось исследование динамики отдельных фракций фосфорсодержащих соединений в листьях растений в процессе их развития.

В 1945 г. овес, сорт «Кюто», выращивался в вегетационном опыте (водная культура) на двух уровнях фосфатного питания, один из которых представлял полную питательную смесь по Гельригелю, второй — смесь с $1/20$ фосфорной кислоты от нормы. Растительные пробы брались в четыре срока: 1) в фазу кущения (6 VII), 2) в фазу выбрасывания метелки (25 VII), 3) в фазу цветения (31 VIII) и 4) в фазу спелости (4 X).

В листьях этих растений велось определение отдельных фракций фосфорных соединений по схеме Соколова (4) и белкового азота. Из-

влечение растворимых форм фосфатных соединений производилось по Шмальфусу (5) *.

В табл. 1 дано содержание различных фракций фосфорной кислоты в листьях овса по фазам его роста. Из этих данных прежде всего можно видеть постепенное падение содержания общей фосфорной кислоты по мере старения листа. При этом нужно учесть, что общая масса сухого вещества листьев также уменьшается с возрастом, следовательно, абсолютная убыль значительно больше.

Таблица 1

Содержание различных форм фосфорных соединений и белкового азота в листьях овса в различные фазы развития (опыт 1945 г.)

Дата взятия пробы	Фаза роста	Питательная смесь	Общая P_2O_5 в % к сухому веществу	P_2O_5 в % на сух.вещ.фракц.				Белковый азот в % к сухому веществу	мг белковой P_2O_5 на 1 г овса	Неорганическая P_2O_5 в % от общей
				неорганической	фосфатидов	органической растворимой	нуклеопротидов			
6 VII	Кущение	Полная смесь . . .	1,42	0,55	0,15	0,52	0,20	3,22	9,10	38,7
		Смесь с 1/20 P . . .	0,62	0,24	0,08	0,18	0,12	2,24	8,55	38,6
25 VII	Выбрасывание метелки	Полная смесь . . .	1,25	0,81	0,12	0,22	0,10	2,32	6,89	64,8
		Смесь с 1/20 P . . .	0,51	0,28	0,06	0,09	0,08	—	—	54,9
31 VIII	Цветение	Полная смесь . . .	0,77	0,59	0,07	0,02	0,09	1,82	—	76,5
		Смесь с 1/20 P . . .	0,29	0,18	0,03	0,03	0,05	1,61	—	62,0
4 X	Состояние спелости	Полная смесь . . .	0,55	0,42	0,04	—	0,07	1,70	—	76,4
		Смесь с 1/20 P . . .	0,028	0,011	0,006	—	0,008	0,78	—	61,0

Падение содержания общей P_2O_5 пропорционально по обоим уровням фосфатного питания. Некоторый параллелизм наблюдается и в изменении других фракций. Следует отметить лишь, что нарастание содержания неорганической фосфорной кислоты при фосфатном голодании идет медленнее, чем при полном питании.

Динамику фосфорных соединений во времени удобнее проследить по одному варианту. На рис. 1 она изображена графически для некоторых фракций по варианту полного фосфатного питания.

Особенно резко уменьшается содержание фракции P_2O_5 органических растворимых соединений. С 0,52% в фазу кущения оно падает к периоду цветения до ничтожной величины, лежащей в пределах ошибки анализа. Содержание фракции P_2O_5 нуклеопротидов уменьшается вдвое от кущения к колошению, оставаясь затем на одном уровне. Экхутум (6) подобная же кривая была получена на листьях *Raphanus sativus*. Очевидно, в живом листе с началом его старения происходит накопление относительно устойчивой части нуклеопротидов, которые вместе с фосфатидами и представляют фосфор органических соединений в старом листе.

Отношение P_2O_5 органических соединений к P_2O_5 неорганической резко падает в начальный период, и уже с периода появления метелки дальнейшее колебание незначительно.

* По Шмальфусу для извлечения этой фракции применяется кислый раствор цитрата аммония. По Соколову — однопроцентная соляная кислота. В методике, разработанной Курсановым (8), применяется децинормальная кислота с нагреванием. Фракция мало исследована на состав фосфо-органических соединений. По методике Курсанова в ней можно определить фитин, гексозофосфаты и глицеринфосфорную кислоту.

Обращаясь к табл. 1, следует отметить изменение в процессе развития растения одной весьма важной величины, представляющей количество белкового фосфора на единицу белка. Эту величину интересно рассмотреть также по уровням фосфатного питания. От кущения к появ-

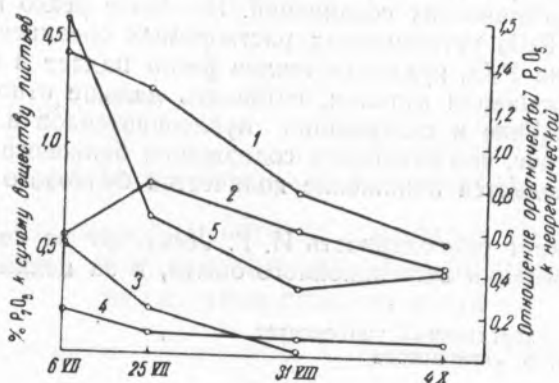


Рис. 1. Динамика отдельных фракций фосфорных соединений в листьях овса. Вегетационный опыт 1945 г. Питательная смесь по Гельригелю. Содержание в процентах на сухое вещество: 1 — общей P_2O_5 , 2 — неорганической P_2O_5 , 3 — органически растворимой P_2O_5 , 4 — P_2O_5 нуклеопротеидов; 5 — отношение органической P_2O_5 к неорганической

лению метелки количество миллиграмм белкового фосфора на 1 г белка по нормальному питанию упало с 9,10 до 6,89, показывая более быструю убыль нуклеопротеидов, чем общего белка. Следовательно, в молодом возрасте, когда идут усиленные процессы дифференциации тканей, растение содержит повышенное количество нуклеопротеидов. Недостаток фосфора в питательной среде в это время снижает долю нуклеопротеидов в белке, отчего происходит, по видимому, ослабление процессов дифференциации тканей, ухудшение основы формообразования. По варианту с $1/20$ фосфора количество белкового фосфора на единицу белка ниже, чем по варианту нормального фосфатного питания.

Таким образом, проведенные исследования позволяют ближе подойти к вопросу об особенностях питания растений по фазам развития (7). Из результатов исследования видно, что только в начальный период роста большая доля фосфорной кислоты в растении связана в органических соединениях, а по мере старения листа основная часть находится в неорганической форме. Этим можно объяснить то явление, что растения испытывают потребность в фосфорной кислоте в начальный период роста, а дальше выступают процессы реутилизации, вследствие чего отсутствие ее в питательном растворе может не сказываться отрицательно на развитии растения. В этом же можно видеть причину высокого эффекта внесения фосфорных удобрений в рядки, т. е. непосредственно вблизи семян. В этом случае молодые ростки встречаются с усиленным фосфатным питанием, которое определяет все дальнейшее развитие растения.

Таким образом, проведенные исследования позволяют прийти к следующим выводам:

1. В начальный период роста основная часть P_2O_5 в листьях растений находится в форме органических соединений, наибольшую долю в которых занимают растворимые органические соединения фосфора.

2. Нуклеопротеиды в начальный период роста составляют тем большую долю в белке, чем выше обеспеченность растений фосфорной кислотой.

3. По мере старения листа происходит падение общего содержания P_2O_5 . Это падение происходит за счет органических соединений P_2O_5 , содержание же неорганической P_2O_5 относительно возрастает.

4. С возрастом растения происходит уменьшение содержания всех фракций P_2O_5 органических соединений. Наиболее резко выражено падение фракций P_2O_5 органических растворимых соединений.

5. Содержание P_2O_5 нуклеопротеидов резко падает в период от кушения до выбрасывания метелки, оставаясь дальше относительно устойчивым. Понижение в содержании нуклеопротеидов в этот период происходит быстрее, чем изменение содержания белкового азота, вследствие чего наблюдается понижение количества белкового фосфора на единицу белка.

Автор выражает благодарность И. Г. Дикусару за содействие, оказанное при проведении вегетационного опыта, и за ценные советы.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
20 VI 1947

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. К. Домонтович, Тр. н.-и. ин-та удобр., 52 (1928), ² W. E. Brenchly, Ann. of. Botany, 43, 89 (1929). ³ Т. Т. Демиденко и Н. М. Рухляева, Изв. АН СССР, сер. биол., № 1 (1944), ⁴ А. В. Соколов, Химизация земледелия, № 10 (1940), ⁵ K. Schmaljuss, Bodenkunde u. Pflanzenernähr., 20 (65), 151 (1941), ⁶ M. L. Eeckhoutte, Revue gⁿ. de botanique, 47, 70 (1935). ⁷ И. Г. Дикусар, Химизация соц. земледелия, № 11 (1933); Докторская диссертация, Ин-т удобр., агро-техники и агропочвоведения, 1946. ⁸ А. Л. Курсанов, Биохимия, 3, 467 (1938).