

А. Г. ШЕСТАКОВ и Е. М. НОЗДРУНОВА

**ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИСКЛЮЧЕНИЙ ФОСФОРА
ИЗ ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА В ПЕРВЫЙ ПЕРИОД
НА ФОСФОРНЫЙ ОБМЕН И УРОЖАЙ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 5 III 1951)

Питание растений фосфором, начиная с самого начального периода роста, имеет большое значение для развития растений и получения высокого урожая (1, 2).

В настоящей работе мы поставили себе целью выяснить влияние кратковременных исключений фосфора из питательного раствора в первый период на фосфорный обмен и урожай растений пшеницы *Triticum Timopheevi* и овса А-315.

В 1948/49 г. были проведены вегетационные опыты в водных культурах с указанными растениями на питательной смеси Пфеффера (фосфор давался в половинной дозе). Опыты проводились при постоянном рН равном 5,0. За вегетационный период было проведено четыре смены растворов.

Фосфор вносился в питательной смеси Пфеффера с момента посадки проростков на сосуды или через 2, 4, 6, 8, 10 и 14 дней. Результаты опыта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние кратковременного исключения фосфора в первый период вегетации на урожай и содержание белка в зерне овса

| Вариант | Сроки внесения фосфора | Овес | | | Пшеница | | |
|---------|------------------------|--------------------|-------|--------------------------------|--------------------|-------|--------------------------------|
| | | возд.-сух. вес в г | | белок в зерне в % на сух. вещ. | возд.-сух. вес в г | | белок в зерне в % на сух. вещ. |
| | | общая масса | зерно | | общая масса | зерно | |
| I | С 1-го дня | 56 | 18,2 | 16,9 | 37,6 | 8,75 | 23,1 |
| II | „ 2-го „ | 51 | 15,2 | 16,3 | 31,4 | 6,63 | 22,4 |
| III | „ 4-го „ | 49 | 12,9 | 15,9 | 29,4 | 5,6 | 21,3 |
| IV | „ 6-го „ | 44 | 12,2 | 15,7 | 27,8 | 5,3 | 21,2 |
| V | „ 8-го „ | 39 | 12,0 | 14,5 | 24,1 | 4,2 | 21,0 |
| VI | „ 10-го „ | 25 | 7,3 | 8,6 | 17,6 | 3,9 | 20,8 |
| VII | „ 14-го „ | 20,2 | 5,4 | — | 12,3 | 2,9 | 19,1 |
| IX | Без P | 4,5 | 0,8 | — | 2,8 | — | — |

Проведенные опыты показывают, что фосфор необходимо вносить в питательный раствор с первого дня вегетации растений. Задержка во внесении фосфора хотя бы на 2 дня приводит к значительному

снижению урожая овса и пшеницы и к снижению содержания белка в зерне.

Для выяснения влияния условий фосфатного питания на фосфорный обмен в растениях нами были исследованы на содержание фосфорных соединений урожая овса, полученные по различным вариантам схемы вегетационного опыта. Были проведены анализы корней, стеблей и зерна на содержание общего фосфора, неорганического фосфора, фосфора фосфатидов, сахарофосфатов, фосфора фитина и белкового фосфора по методике А. В. Соколова (3).

Наибольшее абсолютное количество фосфора как в целом растении, так и по отдельным органам было получено в растениях, которые получали фосфор в течение всего вегетационного периода, при внесении фосфора с начала вегетации.

При задержке внесения фосфора на 2—10 дней от начала вегетации процентное и абсолютное содержание фосфора в зерне и соломе снижается. При внесении фосфора на 14-й день процентное содержание его в зерне возрастает. Зерно при этом получается щуплым с большим процентным и малым абсолютным содержанием фосфора в урожае зерна. Таким образом, фосфор, поступивший в растение позже, используется непродуктивно. Обеспечение растений фосфором с первых дней вегетации приводит к увеличению абсолютного содержания всех фосфорсодержащих соединений в органах растений. При внесении фосфора с начала вегетации в зерне большую часть составляют органические формы фосфора и меньшую — минеральный фосфор. Из органических соединений фосфора преобладают фитин и белковый фосфор.

При задержке внесения фосфора в первые дни вегетации увеличивается доля минерального фосфора и уменьшается доля органического фосфора. Зерно получается с меньшим содержанием органических соединений фосфора. При этом уменьшается содержание фитина и белкового фосфора, но несколько возрастает содержание фосфора сахарофосфатов и фосфатидов (см. табл. 2).

Таблица 2

Содержание фосфорных соединений в зерне овса
(в % от общего фосфора)

| Сроки внесения фосфора в питат. раствор | Минер. P | Органич. P | Фитин | Белковый P | Фосфатидный P | Сахарофосфаты |
|---|----------|------------|-------|------------|---------------|---------------|
| С начала вегетации | 20,4 | 79,6 | 37,6 | 24,2 | 9,1 | 8,7 |
| С 4-го дня | 28,3 | 71,7 | 31,0 | 12,5 | 11,1 | 17,1 |
| „ 10-го „ | 30,9 | 69,1 | 30,7 | 12,1 | 12,3 | 14,0 |
| „ 14-го „ | 34,1 | 65,9 | 19,0 | 22,8 | 7,8 | 16,3 |

При задержке внесения фосфора до 10—14 дней и при последующем его внесении в питательный раствор растения, находясь в более поздних фазофазах, начинают куститься и образуют подгон, который впоследствии или вовсе не образует зерна, или образует щуплые зерна. Ранее М. К. Домонтович (1) в своих опытах с труднорастворимыми формами фосфатов также наблюдал образование дополнительного кущения — подгона.

Анализ на содержание форм фосфорных соединений показывает, как происходит перераспределение отдельных фракций в зависимости от условий фосфатного питания между органами растений. При внесении фосфора с первых дней вегетации в зерне большую часть

составляют органические соединения фосфора, в соломе же, наоборот, количественно преобладает минеральный фосфор (71% от общего Р), так как при лучшей обеспеченности фосфором идет более быстрый отток органических соединений фосфора из вегетативных органов в репродуктивные. При задержке внесения фосфора в первый период до 10—14 дней происходит накопление органических форм фосфора во вновь появляющихся вегетативных органах (дополнительное кушение — подгон), отток пластических веществ из этих органов задерживается. Зерно получается щуплым, в то же время в соломе содержится значительное количество органических соединений фосфора — 55% от общего Р, из которого белкового фосфора около 22,5% от общего Р.

В корнях при задержке внесения фосфора в первый период фракция минерального фосфора увеличивается как по процентному содержанию, так и в процентах от общего фосфора, и уменьшаются органические формы фосфора.

Таблица 3

Содержание фосфорных соединений в корнях овса
(в % от общего фосфора)

| Сроки внесения фосфора | Минер. Р | Органич. Р | Белковый Р | Фитин |
|------------------------------|----------|------------|------------|-------|
| С начала вегетации | 13,5 | 86,5 | 81,4 | 4,9 |
| С 10-го дня | 18,5 | 81,5 | 78,5 | 2,4 |
| „ 14-го „ | 36,3 | 63,7 | 8,2 | 55,1 |

При непрерывном поступлении фосфора с первых дней вегетации в корнях происходит накопление фосфорной кислоты, большая часть которой используется для построения органических форм фосфора, в частности белкового фосфора. После периода временного голодания потребность в фосфоре, особенно у репродуктивных органов, возрастает. Поэтому внесенный фосфор не задерживается в корнях и быстрее поступает в надземную часть растения. Работы с радиоактивным фосфором (4) подтверждают полученные нами результаты.

Распределение фосфора в зерне и в корнях при разных сроках внесения фосфора примерно одинаково. При внесении фосфора с первых дней вегетации органические формы фосфора преобладают над минеральным фосфором. При выключении фосфора из питательного раствора в первые дни вегетации соотношение фосфорсодержащих соединений в растениях изменяется в сторону увеличения минерального фосфора.

Суммарное количество фосфорорганических соединений по всему растению подчиняется этой же закономерности.

В литературе имеются указания, что по количеству минерального фосфора можно судить о фосфорной обеспеченности растений (5) и что количество минеральной фосфорной кислоты (в процентах от общего Р) находится в прямой зависимости от фосфатной обеспеченности растений. В наших же опытах чем позже мы вносили фосфор в питательный раствор, т. е. чем хуже были первоначальные условия питания фосфором, тем больше увеличивалась доля минерального фосфора и уменьшалась доля фосфорорганических соединений, особенно белкового фосфора (см. табл. 2 и 3). При выращивании же на питательной смеси без фосфора растение в целом содержит более 60%, а корни 92,1% от общего Р в виде минеральной фосфорной кислоты.

Мы полагаем, что повторное использование фосфорорганических соединений, в частности белкового фосфора, образованного в корнях,

играет более существенную роль при реутилизации фосфора в растении, нежели использование минеральной фосфорной кислоты.

Таким образом, проведенные исследования позволяют более детально представить значение фосфатного питания с начала роста растений. Только при условии обеспеченности растений фосфором с начала роста мы получаем высокий урожай зерна, с большим процентом белка, с большим содержанием органических форм фосфора, в частности фитина и белкового фосфора, в зерне.

Задержка внесения фосфора в первый период роста растений приводит к резкому снижению урожая зерна. Зерно получается с малым процентом белка. При этом в зерне, как и в целом растении, удельный вес неорганического фосфора по сравнению с органическими соединениями фосфора повышается. Только при питании растений фосфором с начала вегетации имеет место более энергичный синтез фосфорорганических соединений, способный оказать положительное влияние на развитие растений и формирование урожая.

Московская сельскохозяйственная академия
им. К. А. Тимирязева

Поступило
5 III 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. К. Домонтович, Тр. НИУ, в. 52 (1928). ² И. Д. Евсеев, Изв. АН СССР, отд. биол. наук, № 1 (1935). ³ А. В. Соколов, Хим. соц. землед., № 10 (1940). ⁴ В. М. Ключковский, Д. Д. Иваненко, В. Б. Багаев и В. В. Рачинский, ДАН, 58, № 1 (1947). ⁵ М. Н. Язвницкий, ДАН, 49, 456 (1945).