

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Л. И. ВИГОРОВ

**ПОСТУПЛЕНИЕ МЕДИ И МАРГАНЦА У ПШЕНИЦЫ**

(Представлено академиком А. И. Опариным 13 IV 1953)

Изучение питания растений микроэлементами вступило в период, когда становится необходимым детальный анализ особенностей питания этими элементами отдельных видов культурных растений. В этом отношении наряду с растениями, питание которых некоторыми микроэлементами изучено более полно (питание сахарной свеклы марганцем, питание льна бором) (1, 2), имеются и такие, относительно которых сведения крайне ограничены. К таким малоизученным растениям относится, в частности, пшеница. Естественно, что изучение роли микроэлементов для нормальной жизнедеятельности пшеницы должно начинаться с установления их динамики во время жизненного цикла растения и выяснения того, насколько можно увеличить их содержание в растении искусственными приемами.

Нами изучено поступление меди и марганца в растения яровой пшеницы. Обзор имеющихся данных по питанию пшеницы медью дан Г. В. Заблуда (3).

Динамика марганца и меди у пшеницы. Пшеница Лютесценс-62 выращивалась в полевых условиях на суглинистом черноземе опытного участка Воронежского государственного университета. Кислотность почвы при посеве (25 IV) соответствовала рН 6,2. Удобрения не вносились. Образцы растений для анализа взяты в 10-дневном возрасте (опорожнение эндосперма), в фазе кущения, выхода в трубку и в начале молочной спелости, когда растения имели еще свежие зеленые верхние листья. Содержание меди и марганца определялось в надземных органах без их подразделения. В связи с малым содержанием меди в растениях для озоления бралось большое количество сухого растительного материала (0,25 кг для 10-дневных растений, 0,5 кг для кущения и трубкования и 1 кг для растений последней фазы). После озоления растений и удаления кремния медь определялась электролитически с двукратным пересажением. Марганец в зоне определялся колориметрически.

Полученные данные (табл. 1) показывают прежде всего резкую разницу в содержании меди и марганца в пшенице. Во второй половине жизни растения содержание марганца превосходит содержание меди в 15—20 раз. При расчетах содержания Си и Мп в одном растении видно, что количество этих элементов непрерывно нарастает до фазы налива зерна. В то же время количество меди на единицу веса сухой растительной массы с возрастом непрерывно падает и является наибольшим у молодых растений. Относительное количество марганца вначале нарастает и лишь после кущения начинает медленно снижаться.

Отмечавшиеся (4) «седловидные» кривые поступления Мп и растения овса в случае пшеницы нами не констатированы. Некоторыми исследо-

вателями (5) отмечалось, что содержание Мп в овсе увеличивается до начала цветения, в то время как вегетативная масса ячменя в течение вегетационного периода постепенно обедняется марганцем. Следова-

Таблица 1

Содержание Си и Мп в надземной вегетативной массе (и зерне) пшеницы. (Си и Мп в мг на 100 г сухой растительной массы и в  $\gamma$  на одно растение)

Возраст в днях	Фаза	Сухой вес 100 раст. в г	Содерж. Си в мг/100 г			Содерж. Мп в мг/100 г		
			Содерж. Си в мг/100 г	Содерж. Си в $\gamma$ на 1 раст.	Содерж. Мп в мг/100 г	Содерж. Мп в $\gamma$ на 1 раст.		
—	Исходные семена . . .	—	0,27	~0,075	3,31	~1,0		
10	Рост 2-го листа . . .	1,2	0,53	0,05	3,37	4,0		
30	Кущение . . . . .	28,4	0,27	0,75	5,01	14,2		
50	Конец стеблевания . . .	240	0,23	6,5	4,62	110		
70	Молочная спелость . . .	700	0,23	16	3,42	240		
90	Полная спелость . . .	720	0,20	16,5	2,80	201		

но, в этом отношении пшеница, по нашим опытам, ведет себя сходно с овсом, но падение относительного содержания марганца начинается раньше.

Содержание Си и Мп в пшенице при ее выращивании на почве с внесением микроэлементов или при выращивании из зерен, обогащенных этими элементами. Известно, что дополнительное снабжение растений микроэлементами возможно тремя основными способами — внесением соответствующих со-

лей в почву, предпосевной обработкой семян растворами солей, содержащих микроэлементы, и опрыскиванием растений. Представлялось интересным определить, насколько может быть повышено содержание микроэлементов в растении при использовании двух первых методов. Снабжение зерновок пшеницы микроэлементами проводилось по методу ограниченного замачивания (6). Зерна пшеницы увлажнялись растворами солей микроэлементов в количестве 30—33 мл на 100 г зерен и выдерживались перед посевом в течение 3 суток во влажном состоянии.

Таблица 2

Концентрации растворов солей и даваемые количества микроэлементов (при 33 мл раствора на 100 г зерна) при выращивании мягкой пшеницы на черноземной почве

Соль, использов. для огранич. замачивания зерна	Концентрации раствора в мол.			мг микроэлемента на 100 г зерен			мг микроэлемента на 1000 зерен		
	$C_{<}$	$C_0$	$C_{>}$	$C_{<}$	$C_0$	$C_{>}$	$C_{<}$	$C_0$	$C_{>}$
MnSO <sub>4</sub> .	0,01	0,033	0,1	18,1	60,4	181,2	4,98	16,6	49,3
CuSO <sub>4</sub> .	0,001	0,0033	0,01	2,06	6,99	20,9	0,57	1,92	5,76

Предварительно были определены концентрации растворов, которые при такой обработке начинают понижать всхожесть зерен, высеянных в почву, и угнетать рост проростков (обозначаются как  $C_{>}$ ), а также концентрации растворов солей, не влияющих на всхожесть зерна и рост проростков пшеницы ( $C_0$ ). Помимо них, изучены растворы в 3 раза менее концентрированные, чем  $C_0$ , и обозначаемые далее как  $C_{<}$ . Эти растворы охватывают весь возможный диапазон концентраций, представляющий интерес, и позволяют сравнивать полученные результаты по разным солям. Контрольные зерна увлажнялись водой.

В опыте с внесением солей микроэлементов в почву в пахотный слой вносились  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  по 0,5—1,25—2,5 г соответствующей соли на 1 м<sup>2</sup> почвы. Эти дозы (обозначаемые в дальнейшем условно так же как  $C_{<}$ ,  $C_0$ ,  $C_{>}$ ) обеспечивали внесение 0,5—3,0 мг соответствующих металлов на 1 кг почвы. Именно при этих дозах Си и Мп в опытах на воронежских черноземах отмечено повышение урожая пшеницы (7). В надземных органах зрелых растений пшеницы проведено определение общего содержания Си и Мп. Для определения меди озолялись снопки весом в 0,5 кг. Точность определений: 0,01 мг для Си и 0,1 мг для Мп.

Из полученных данных следует, что лишь при внесении солей, содержащих микроэлементы, в почву имеет место небольшое увеличение содержания микроэлементов в растении (меди по  $C_{>}$  и Мп по  $C_0$ ), выходящее за пределы возможной аналитической ошибки. То обстоятельство, что предпосевное снабжение семян микроэлементами не повлияло существенно на их содержание в зрелом растении, хорошо согласуется с расчетами, согласно которым предпосевная обработка зерновок пшеницы вообще не может сколько-нибудь заметно повлиять на снабжение взрослого растения микроэлементами. Если принять, что 1 кг сухой растительной массы образует 150 растений пшеницы, то в них содержится около 2 мг Си и 30 мг Мп. При предпосевной обработке 150 зерен пшеницы получают, при средней неугнетающей дозе ( $C_0$ ) 0,28 мг Си и 2,4 мг Мп. Следовательно, если

бы даже все микроэлементы, дополнительно предоставленные зерну, были поглощены растением, то общее количество микроэлементов к концу жизни растения увеличилось бы всего на 14% для Си и на 8% для Мп. В действительности же часть солей меди и марганца остается в покровах опустошенной зерновки, часть вымывается в почву и, следовательно, действительно возможное увеличение количества микроэлементов во взрослом растении должно быть значительно ниже рассчитанного. Однако для молодых растений соотношения могут быть иными. В то же время известны указания И. В. Мичурина и Т. Д. Лысенко относительно того, что условия жизни молодого растения оказывают резкое влияние на всю последующую жизнь и поведение растения. В связи с этим было проведено определение содержания Си и Мп и их распределение у проростков пшеницы того же сорта, выращенных на черноземной почве из зерен, снабженных микроэлементами (соли  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{MnSO}_4$  в различных дозах), по методу ограниченного набухания. При последующих расчетах не учитывалось, что наряду с потерями микроэлементов за счет вымывания из зерен возможно и их поглощение ростками из почвы. Последнее у молодых проростков должно быть невелико.

Полученные результаты показывают, что предпосевная обработка семян микроэлементами действительно приводит к значительному увеличению их содержания в проростках, особенно в корнях (в последнем случае, возможно, за счет поверхностного связывания), с чем и может быть сопряжено положительное действие такого снабжения микроэле-

Таблица 3

Вынос Си и Мп взрослыми 90-дневными созревшими растениями пшеницы (в мг металла на 100 г сухих надземных органов)

Дозы микроэлементов	Микроэлементы внесены с зерном		Микроэлементы внесены в почву	
	вынос Си	вынос Мп	вынос Си	вынос Мп
Контрольные растения . . . . .	0,20	2,80	0,21	3,00
Меньшая доза ( $C_{<}$ ) . . . . .	0,21	3,05	0,25	3,30
Средняя доза ( $C_0$ ) . . . . .	0,22	2,85	0,20	3,55
Большая доза ( $C_{>}$ ) . . . . .	0,21	2,95	0,22	3,35

Таблица 4

Баланс Си и Мп у 3- и 9-дневных проростков пшеницы, выращенных из зерен, снабженных микроэлементами (содержание Си и Мп в мг на 1000 зерен или органов 1000 ростков)

Вариант обработки зерен	Баланс меди			Баланс марганца		
	H <sub>2</sub> O	C <sub>0</sub>	C <sub>&gt;</sub>	H <sub>2</sub> O	C <sub>&lt;</sub>	C <sub>0</sub>
Исходное зерно . . .	~0,1	1,9	5,8	0,9	5,0	16,5
3-дневные проростки						
Ростки (колеоптиле и корни) . . . . .	следы	0,25	0,55	0,22	0,35	0,5
Покровы зерновок . . .	~0,05	1,2	2,3	0,8	1,5	3,2
Учено в % от исходн.	~50	76	49	113	37	22
9-дневные подростки						
Стебли проростков . . .	~0,1	0,20	0,35	0,32	0,46	0,63
Корни проростков . . .	0,1	0,25	0,45	0,46	0,68	0,83
Покровы зерновок . . .	~0,05	1,0	1,8	0,8	1,8	2,8
Учено в % от исходн.	~250	76	45	175	59	26

ментами на рост и обмен веществ молодых растений. При этом у 9-дневных проростков содержание меди и марганца в стеблях и корнях составляет лишь 13—22% (Си) или 8—19% (Мп) от количества микроэлементов, которым располагали обработанные зерновки в начале прорастания. Значительная часть меди и марганца вымывается и переходит с поверхности зерновки в почву, причем Мп поступает в ризосферу корней скорее и в большем количестве, чем Си. Однако к периоду полного опорожнения зерновок, т. е. на 9—12-й день с начала прорастания, покровы зерновок содержат еще большие количества микроэлементов. В случае меди полное вымывание микроэлемента из покровов зерновок не наступает до конца вегетации и, как показали анализы сухих покровов зерновок, собранных при уборке зрелых полевых растений, на 1000 покровов зерновок (при дозе Си C<sub>></sub>) было найдено 1,2 мг Си, что составляет 1/5 исходного количества меди (5,76 мг/1000 зерен).

Содержание меди и марганца в ризосфере при посеве зерна, дополнительно снабженного микроэлементами, значительно возрастает, что может оказать существенное влияние на жизнь прикорневой микрофлоры и изменить ее деятельность и роль в питании растений.

Из всего рассмотренного материала следует, что предпосевная обработка зерновок пшеницы микроэлементами (солями тяжелых металлов) вызывает заметное изменение количества соответствующих микроэлементов у растений лишь в самые первые дни жизни проростков.

Поступило  
15 XII 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> М. Я. Школьник, Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии, 1950. <sup>2</sup> П. А. Власюк, Марганец у системы живления рослин, вид. АН. УРСР, Київ, 1948. <sup>3</sup> Г. В. Заблуда, Тр. Чувашск. с-х. ин-та, 1, в. 1 (1938). <sup>4</sup> Н. Lundegård, Die Nährstoffaufnahme der Pflanze, 1932. <sup>5</sup> G. Samuel, C. Ripper, Ann. Appl. Biology, 16, 493 (1929). <sup>6</sup> М. М. Окунцов, Тр. Томск. гос. ун-та, 90, 205 (1936). <sup>7</sup> Т. Т. Демиденко, Р. А. Баринаова, ДАН, 26, 298 (1940).