

УДК 633.11:631.551:546.56

ПОТРЕБЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ ПО ОРГАНАМ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ АККУМУЛИРОВАНИИ УРОЖАЕМ 2 И 3 % ФАР

А. Г. ЗАМАРАЕВ, В. Д. МАРКИН

(Кафедра растениеводства)

Изучалось потребление меди растениями озимой пшеницы в различные фазы развития, ее распределение по органам в зависимости от уровня плодородия почвы и урожайности культуры.

При возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям возрастает потребность в микроэлементах, изменяются коэффициенты использования растениями макроудобрений. Потребность в микроудобрениях увеличивается также и в связи с расширением применения высококонцентрированных макроудобрений, которые лучше очищены и в которых почти не содержится примесей микроэлементов. Кроме того при внесении повышенных доз азота, фосфора, калия сдвигается ионное равновесие почвенного раствора часто в сторону, неблагоприятную для поглощения растениями микроэлементов [1, 2, 5]. Поэтому проблема определения потребности растений в микроэлементах является частью общей проблемы минерального питания растений. Нельзя разработать правильные научные основы удобрения растений без учета необходимых им микроудобрений [8].

Одним из основных микроэлементов для роста и развития растений является медь. Многочисленными исследованиями [1, 7, 8] установлена большая роль меди в физиологических процессах. Медь участвует в окислительно- восстано-

вительных процессах. Под влиянием меди улучшается углеводный и белковый обмен веществ, интенсифицируется накопление крахмала, белков и жиров, уменьшается активность гидролитических ферментов. В связи с этим у растений повышаются засухоустойчивость и морозостойкость. Медь способствует росту интенсивности дыхания, снижению заболеваемости растений грибными заболеваниями. Недостаток меди приводит к так называемой «болезни обработки»: у заболелших злаковых (мятликовых) растений отсыхают кончики листьев. Даже при незначительной нехватке меди растения плохо кустятся, задерживается колошение, высыхают стебли. В связи с тем, что медь участвует в азотном обмене, потребность в ней возрастает при внесении высоких доз азотных удобрений.

Таким образом, большое значение меди, как и других микроэлементов, в развитии растений не вызывает сомнения. Но вследствие различных видовых особенностей растений, разного количества доступных растениям форм микроэлементов в почвах, из-за влияния климата и человека и других причин их применение не может проводиться по

какой-то единой всеохватывающей технологии.

Одним из способов определения необходимости применения того или иного микроэлемента, а также сроков, форм и доз применения является предварительное уточнение содержания их в растениях.

Методика

Исследования проводились в 1988—1989 гг. в учхозе «Михайловское» Подольского района Московской области в полевом стационарном опыте с озимой пшеницей сорта Мироновская 808. Почва дерново-подзолистая, по механическому составу тяжелый суглинок. Уровень плодородия ее по вариантам различается: на слабокультуренной почве — pH_{col} 4,5; содержание гумуса — 1,4%; P_2O_5 по Кирсанову — около 5 мг; обменного калия — около 7—8 мг на 100 г; на хорошо окультуренной — соответственно 6,0—6,5; 2,5—2,8%, около 24 мг и 23—25 мг; на среднекультуренной почве — 5,7; 1,8%, около 15 и 16—17 мг.

На слабокультуренной почве озимая пшеница возделывается без применения удобрений, гербицидов и известкования. На среднекультуренной почве заложено 4 варианта: 1 — без удобрений, 2 — нормы удобрений, рассчитаны на усвоение растениями 2% ФАР, 3 — нормы удобрений на 3% ФАР, 4 — нормы удобрений по рекомендациям ВИУА. На хорошо окультуренной почве 3 варианта: 1 — без удобрений, 2 — нормы удобрений, рассчитанные на усвоение растениями 3% ФАР, 3 — нормы удобрений по рекомендациям ВИУА.

Размеры делянок на слабокультуренной почве 360 м², повторность 3-кратная, на средне- и хорошо окультуренной почве — соот-

ветственно 180 и 100 м²; повторность 4-кратная.

Схема севооборота: занятый пар (викоовсяная смесь) — озимая пшеница — картофель — ячмень с подсевом трав — клевер+тимофеевка — клевер+тимофеевка — овес.

Ежегодно на поле занятого пара и под картофель вносили торфонавозный компост из расчета 35 т/га, фосфорно-калийные удобрения — под основную обработку, а азотные дробно: половину нормы — в начале выхода растений в трубку, другую часть — в начале колошения. Агротехника общепринятая и соответствует рекомендациям для Нечерноземной зоны РСФСР.

Пробы растений озимой пшеницы брали с 1/4 м² в 4-кратной повторности при наступлении полной фазы развития. Содержание меди в образцах определяли атомно-абсорбционным методом [3].

Результаты

Имеются данные [9], что критическое содержание меди в растениях озимой пшеницы в фазу кушения составляет 8 мг/кг. В нашем опыте содержание меди в растениях во время кушения находилось ниже критического уровня. Лишь на слабокультуренной почве и в 1-м варианте хорошо окультуренной почвы этот показатель был немного выше критического уровня. В остальных вариантах растениям значительно не хватало меди.

На слабокультуренной почве, где не вносили макроудобрения, содержание меди на единицу сухой массы как в корнях, так и в надземной части было максимальным в фазы кушения и восковой спелости (в конце и в начале веге-

тационного периода) и большем, чем в других вариантах, кроме 1-го хорошо окультуренной почвы. В другие фазы по относительному содержанию меди растения на слабоокультуренном фоне не отличались от растений всех вариантов (табл. 1). Наибольшее содержание меди на единицу сухой массы в начальную и конечную фазы на этом уровне плодородия можно объяснить очень низкой урожайностью растений. Общий вынос меди на слабоокультуренной почве был наименьшим (табл. 2).

На хорошо окультуренной почве прослеживается следующая закономерность: уровень содержания меди в растениях соответствует уровню урожайности, т. е. в ра-

стениях более продуктивного варианта приходится больше меди на единицу массы по всем фазам (табл. 1). Исключение составляет опять 1-й вариант хорошо окультуренной почвы в фазу кущения, но на общее содержание меди в растениях это исключение никак не влияет (табл. 2).

По литературным данным [4], внесение только фосфорно-калийных удобрений снижает поступление меди в растения. По-видимому, поэтому на хорошо окультуренной почве в фазу кущения при внесении лишь фосфорно-калийного удобрения содержание меди на единицу сухой массы в вариантах с удобрениями было меньше, чем в 1-м. Полное минеральное

Т а б л и ц а 1

Содержание меди в надземной части (числитель) и корнях (знаменатель) растений озимой пшеницы (мг/кг) по фазам развития

Вариант опыта	Кущение	Трубкавание	Колошение	Молочная спелость	Восковая спелость
<i>Слабоокультуренная почва</i>					
1	8,4	5,5	3,7	2,8	7,1
	31,9	5,7	3,3	4,4	8,3
<i>Среднеокультуренная почва</i>					
1	4,5	4,9	2,8	3,0	5,4
	5,2	5,5	3,5	3,8	6,9
2	7,4	5,8	4,1	3,0	5,0
	35,9	7,2	4,6	2,8	6,1
3	7,2	6,2	4,4	3,8	5,6
	5,2	3,9	5,1	5,0	10,1
4	7,4	5,6	3,3	3,9	6,0
	5,4	5,4	3,7	4,7	13,9
<i>Хорошо окультуренная почва</i>					
1	9,6	4,0	3,4	2,3	4,1
	13,4	3,9	3,5	4,8	4,0
2	6,3	4,9	3,7	3,3	5,5
	6,9	3,3	4,0	5,2	6,8
3	6,5	4,3	3,7	2,5	4,2
	8,0	3,9	4,8	4,3	4,6

Т а б л и ц а 2

Общее содержание меди в растениях озимой пшеницы (г/га)

Вариант опыта	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость	Восковая спелость
<i>Слабоокультуренная почва</i>					
1	0,8	0,9	9,1	9,4	26,0
<i>Среднеокультуренная почва</i>					
1	1,1	3,5	10,7	23,0	41,7
2	2,6	5,3	31,8	33,1	57,9
3	3,7	8,7	35,7	38,6	70,9
4	3,0	5,0	21,6	35,5	61,0
<i>Хорошо окультуренная почва</i>					
1	2,9	3,0	18,1	18,7	35,0
2	3,3	5,5	30,4	35,6	59,1
3	3,3	3,3	21,9	24,2	41,4

удобрение способствует лучшему потреблению микроэлементов. Это согласуется с данными нашего опыта.

На среднеокультуренной почве как по общему содержанию меди, так и на единицу массы по фазам варианты можно расположить в следующий ряд: 3>4>2>1 (табл. 1 и 2). Данные табл. 3 показывают, что аналогичный ряд вариантов получается и по продуктивности растений, т. е. максимальная урожайность достигнута

в 3-м варианте — 53,4 ц/га, затем идут 4-й — 46,6, 2-й — 46,5 и 1-й — 31,7 ц/га.

Сравнение содержания меди в растениях и продуктивность различных вариантов среднеокультуренной почвы с показателями аналогичных вариантов хорошо окультуренной почвы показывает, что несмотря на меньший уровень плодородия на среднеокультуренной почве урожайность выше, больше содержится в растениях меди на единицу сухой массы, а следовательно

Т а б л и ц а 3

Накопление сухой массы озимой пшеницей (ц/га) по фазам развития

Вариант опыта	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость	Восковая спелость	Урожайность зерна, ц/га
<i>Слабоокультуренная почва</i>						
1	0,9	1,7	26,7	33,9	36,7	7,8
<i>Среднеокультуренная почва</i>						
1	2,5	7,0	38,7	76,6	77,0	31,7
2	3,5	9,7	78,0	109,5	116,8	46,5
3	5,2	14,0	81,1	102,6	127,1	53,4
4	4,1	8,9	65,9	92,2	101,2	46,6
<i>Хорошо окультуренная почва</i>						
1	3,0	7,4	52,6	80,7	85,2	33,7
2	5,3	11,2	82,3	107,2	107,2	49,0
3	5,0	7,6	60,1	98,8	97,8	40,1

но, больше выносятся меди с урожаем. В 3-м варианте среднекультурной почвы, где вносились удобрения в расчете на усвоение растениями 3 % ФАР, урожайность выше, чем во 2-м варианте хорошо окультуренной почвы, содержание меди в растениях больше. Аналогичные различия наблюдаются между вариантами, где нормы удобрений вносили по рекомендациям ВИУА. В 4-м варианте среднекультурной почвы урожайность 46,6 ц/га, в 3-м варианте более высокого фона — 40,1 ц/га; относительное содержание меди во все фазы, кроме колошения, и общий вынос меди растениями 4-го варианта также больше (табл. 1 и 2).

Следовательно, можно сделать вывод, что более высокая урожайность растений озимой пшеницы на среднекультурной почве связана с большим усвоением ими меди.

В вариантах, где удобрения не вносились, в фазы кущения и колошения меди на единицу сухой массы содержалось больше в 1-м варианте хорошо окультуренной почвы, в остальные фазы — в 1-м варианте среднекультурной почвы. И хотя общий вынос меди в 1-м варианте этого уровня плодородия больше, урожайность здесь ниже. Возможно, оказалось очень низкое, ниже критического уровня, содержание меди здесь в фазу кущения — 4,51 мг/кг, а в сравниваемом варианте в эту фазу меди было достаточно — 9,67 мг/кг.

Относительное содержание меди в растениях озимой пшеницы в зависимости от фазы развития

Содержание меди в расчете на единицу сухой массы растений наивысшего уровня достигало в фазы

кущения и восковой спелости, т. е. в начале и в конце вегетации (табл. 1), за исключением 1-го варианта среднекультурной почвы: здесь в фазу кущения меди на единицу сухой массы содержалось немного меньше, чем в фазу выхода в трубку. В основном же прослеживается следующая закономерность: после фазы кущения происходит постепенное снижение относительного содержания меди в растениях. Наименьшее ее количество наблюдалось в фазы колошения и молочной спелости, в фазу восковой спелости оно резко возросло.

Общее содержание меди повышается на протяжении всего вегетационного периода. Меньше потребляется меди в период от фазы кущения до выхода в трубку и от фазы колошения до молочной спелости, особенно это проявляется на слабокультуренной и в 1-м варианте хорошо окультуренной почвы (табл. 2). После фазы выхода в трубку до фазы колошения происходит резкое усиление поглощения меди в растениях и одновременно идет интенсивный прирост сухой массы (табл. 3), поэтому относительное содержание меди здесь несколько понижается. А в фазу восковой спелости по сравнению с предыдущей фазой развития общее содержание меди увеличилось более чем в 2 раза по всем вариантам, что наиболее вероятно связано с замедлением прироста сухой массы и поэтому относительное содержание меди в этот период повысилось.

Распределение меди по отдельным органам растений озимой пшеницы

Есть предположение, что корни выполняют роль концентрационных барьеров, в них происходит

Содержание меди по органам растений озимой пшеницы (мг/кг) по фазам развития

Вариант опыта	Кушение					Выход в трубку					Колошение					Молочная спелость					Восковая спелость									
	листья	корни	листья	стебли	корни	листья	отмираю- щие листья	листья	стебли	колос	корни	листья	отмираю- щие листья	листья	стебли	колос	корни	листья	отмираю- щие листья	листья	стебли	колос	корни	листья	отмираю- щие листья	листья	стебли	колос	корни	
1	8,4	31,9	6,4	5,1	5,7	3,9	6,1	3,8	4,6	2,7	4,6	3,3	Слабокультуренная почва					2,3	1,8	3,9	4,4	5,2	5,2	9,0	8,3	Среднекультуренная почва				
1	4,5	5,2	5,9	4,3	5,5	3,1	4,1	3,4	3,6	2,2	4,6	3,5	3,4	3,0	2,1	2,8	2,3	3,9	3,8	5,7	5,8	6,2	6,9	Хорошо окультуренная почва						
2	7,4	35,9	7,4	4,7	7,2	5,4	6,8	4,1	5,6	3,5	4,6	4,6	2,4	4,8	2,5	3,3	2,0	3,9	2,8	4,4	4,9	5,2	6,1							
3	7,2	5,2	5,9	6,4	3,9	8,5	6,6	5,7	6,9	3,5	4,7	5,1	3,1	6,4	2,9	4,2	3,0	4,4	5,0	3,3	5,2	6,4	10,1							
4	7,4	5,4	5,7	5,5	5,4	3,3	5,5	4,0	4,4	2,8	4,2	3,7	3,7	5,3	2,8	3,8	3,0	4,8	4,7	6,5	5,0	6,7	13,9							
1	9,7	13,4	4,3	4,1	3,9	4,0	5,9	4,6	5,0	3,0	3,4	3,5	3,2	3,0	3,4	3,2	1,7	2,6	4,8	4,7	2,6	5,1	4,0							
2	6,3	6,9	5,3	4,6	3,3	4,2	5,9	8,3	6,1	2,6	5,2	4,0	3,4	5,0	2,0	3,7	1,9	4,6	5,2	3,5	5,1	6,4	6,8							
3	6,5	8,0	5,1	3,6	3,9	5,9	6,3	3,3	5,4	3,2	3,4	4,8	2,9	5,0	2,8	3,6	1,6	2,9	4,3	3,7	2,5	4,5	4,6							

накопление внесенных элементов в количестве, пропорциональном содержанию их в питательной среде. А содержание меди в органах растений образует такой ряд: корни > стебли > листья > зерно [6].

Данные о содержании меди в органах растений озимой пшеницы в нашем опыте представлены в табл. 4. Условный ряд по распределению меди по органам растений в зависимости от фаз развития в нашем опыте можно составить следующим образом: кушение — корни > листья; выход в трубку — листья > корни > стебли; колошение — листья > колос > корни > стебли; молочная спелость — корни > колос > листья > стебли; восковая спелость — корни > колос > стебли > листья.

Таким образом, в начальную и конечную фазы развития растений максимальное количество меди на единицу сухой массы содержится в корнях, затем больше ее накапливается в листьях. По ходу вегетации листья в ряду по уровню относительного содержания меди постепенно отодвигаются на последнее место, колосья занимают второе место. В фазы молочной и восковой спелости они разделяют первое, а в период колошения второе место с корнями.

Уровень плодородия почвы не влиял на характер распределения меди по органам растений, т. е. все варианты опыта по содержанию меди в отдельных органах растений располагаются в такой же ряд, какой приводился выше.

Если рассматривать отдельно листья, то наибольшее количество меди было обнаружено в средних листьях. Флаговые и отмирающие листья по содержанию этого микроэлемента на единицу сухой массы различаются незначительно.

В динамике уровень относитель-

ного содержания меди по отдельным органам растений изменяется так же, как и у целых растений, т. е. оно постепенно понижается с начала вегетации до молочной спелости и возрастает к восковой спелости. Только в корнях и листьях на хорошо окультуренной почве это возрастание не так резко выражено.

Выводы

1. Содержание меди в расчете на 1 кг сухой массы растений озимой пшеницы в фазу кущения находится ниже критического уровня; следовательно, в этот период необходима подкормка растений медью.

2. Полное минеральное удобрение способствует лучшему потреблению меди; при внесении только фосфорно-калийных удобрений, возможно, уменьшается поступление меди в растения.

3. Более высокая урожайность озимой пшеницы в вариантах среднеокультуренной почвы по сравнению с аналогичными вариантами хорошо окультуренной почвы в какой-то мере связана, по-видимому, с большим усвоением растениями меди.

4. Общее содержание меди наибольшее в фазу восковой спелости, относительное — в эту же фазу и во время кущения. Минимальное относительное содержание меди приходится на фазы колошения и молочной спелости.

5. Динамика накопления меди

в отдельных органах растений та же, что и у целых растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анспок П. И. Микроудобрения: Справочник.— 2-е изд., перераб. и доп.— Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.— 2. Артюшин А., Вороневская В. Применение микроудобрений в сельскохозяйственной практике. Тез. докл. 6 Всесоюз. совещания.— Л.: Наука, 1970, т. 1, с. 18—20.— 3. Иванов Д. Н., Лернер Л. А. Атомно-абсорбционный метод определения микроэлементов в почвах и растениях. Тезисы докл. 6 Всесоюз. совещания.— Л.: Наука, 1970, т. 1, с. 498—499.— 4. Ившина И. О., Шлавицкая З. И. Влияние минеральных удобрений на поступление микроэлементов в картофель. Тезисы докл. 6 Всесоюз. совещания.— Л.: Наука, 1970, т. 1, с. 269.— 5. Майборода Н. М., Токовой Н. А. Баланс микроэлементов в севообороте при внесении макроудобрений. Тезисы докл. 6 Всесоюз. совещания.— Л.: Наука, 1970, т. 1, с. 161.— 6. Орлова И. Д. Содержание микроэлементов в растениях яровой пшеницы и величина ее урожая в зависимости от условий питания. Тезисы докл. 6 Всесоюз. совещания.— Л.: Наука, 1970, т. 1, с. 174—175.— 7. Ринькис Г. Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах.— Рига, изд-во АН Латв. ССР, 1963.— 8. Школьник М. Я. Значение микроэлементов в жизни растений и в земледелии.— М.-Л.: изд-во АН СССР, 1950.— 9. Jaurent F., Bouthier A.— J. *nouvel agriculteur*. 1988, N 113, p. 35—38.

Статья поступила 10 октября 1991 г.