

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ АДОБ НА НАКОПЛЕНИЕ И ВЫНОС МЕДИ, МАРГАНЦА И ЦИНКА РАСТЕНИЯМИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКО ОКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Н. С. Гузова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Главной проблемой сельского хозяйства было и остается увеличение производства зерна. Успешное решение задач по повышению урожайности и качества продукции зерновых культур обуславливает необходимость создания оптимальных условий их питания всеми необходимыми элементами, в том числе микроэлементами [1, 2, 6].

На протяжении длительного времени считалось, что кроме углерода, водорода, кислорода и азота для нормального роста и развития растений необходимы только шесть минеральных элементов: фосфор, калий, кальций, магний, сера и железо. Но со временем была доказана необходимость для роста растений еще целого ряда микроэлементов. Озимая пшеница очень чувствительна к дефициту микроэлементов. Нехватка последних приводит к нарушению азотного и углеводного обмена, синтеза белковых веществ, снижая устойчивость растений к заболеваниям, воздействию низких и высоких температур [3–6].

Каждый элемент имеет свой диапазон безопасной концентрации, при котором происходит нормальное функционирование организма. При нарушении его отмечены различные патологические нарушения в обменных процессах, приводящие в случае недостатка к микроэлементозам дефицита, избытка – к микроэлементозам токсичности [7].

Медь в условиях Беларуси является одним из дефицитных элементов питания. Этим часто объясняется недобор урожая и недостаточное содержание меди в растительных кормах. Недостаток меди приводит к резкому снижению урожайности зерновых культур и исключает получение качественного зерна озимой пшеницы. При остром дефиците меди у злаковых растений отмечается побеление кончиков листьев, скручивание, недоразвитие колоса, растения обильно кустятся и часто продолжают образовывать новые побеги после засыхания верхушек. В результате этого формируется очень щуплое зерно и в колосе наблюдается череззерница [8, 9].

Марганец является жизненно необходимым элементом для животных и человека. В клетках растений, благодаря наличию восстановительных систем, накапливается в основном закисное железо, а марганец, обладающий более высоким окислительным потенциалом, способствует его окислению. При недостатке марганца уже небольшое количество закисного железа может быть токсичным для растений, а избыток ведет к проявлению симптомов недостатка железа в виде

хлороза. Недостаток марганца у растений наиболее остро проявляется при высокой влажности и низкой температуре, вследствие чего озимые культуры наиболее чувствительны к нему ранней весной [10, 11].

Дефицит цинка приводит к нарушению углеводного обмена: в растениях накапливаются моносахара и уменьшается содержание сахарозы и крахмала, задерживается образование очень важных органических соединений фосфора, подавляется деление клеток, снижается содержание ауксина, нарушается синтез белка. Особенно необходим цинк для формирования и развития зародыша [12]. Высказываются предположения, что при недостатке цинка могут быть нарушения в дыхательном процессе, ведущие к ослаблению притока метаболитов и необходимой энергии для синтетических реакций, обуславливающих рост растений [13].

Для сохранения и поддержания плодородия почвы при возделывании озимой пшеницы очень важно знать химический состав растений и вынос элементов питания с урожаем.

Цель исследований – изучить накопление и вынос меди, марганца и цинка растениями озимой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевой опыт с озимой пшеницей Сукцес по изучению эффективности применения различных марок микроудобрений АДОБ проводили в 2016–2018 гг. на опытном поле РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных легких суглинках. Во время закладки полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями:

- 2016 г.: pH_{KCl} 6,6, содержание гумуса – 2,0 %, P_2O_5 – 590 мг/кг почвы, K_2O – 400 мг/кг почвы, Cu – 2,7, Mn – 2,0, Zn – 3,5 мг/кг почвы;
- 2017 г.: pH_{KCl} 6,3, содержание гумуса – 2,7 %, P_2O_5 – 614 мг/кг почвы, K_2O – 434 мг/кг почвы, Cu – 2,4, Mn – 1,6, Zn – 3,4 мг/кг почвы;
- 2018 г.: pH_{KCl} 6,2, содержание гумуса – 2,5 %, P_2O_5 – 646 мг/кг почвы, K_2O – 391 мг/кг почвы, Cu – 3,2, Mn – 1,6, Zn – 4,7 мг/кг почвы.

Агрохимические показатели пахотного слоя определяли по общепринятым методикам: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207–91), содержание гумуса – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212–91), обменный марганец – из вытяжки 1,0 М KCl на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar ICE 3000 (ГОСТ 26486–85), подвижный цинк и медь – на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar ICE 3000 (ГОСТ 28268–89). В зерне и соломе озимой пшеницы определяли содержание меди, марганца и цинка на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar ICE 3000.

Общая площадь одной делянки составляла 25 м², учетная – 18 м². Повторность вариантов в полевом опыте четырехкратная. Метод размещения вариантов в повторении случайный (рендомизированный). Норма высева озимой пшеницы – 4,5 млн всхожих семян на гектар. Предшественник – озимый рапс. Исследо-

вания проводили в соответствии с методикой полевых опытов [14]. Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для Республики Беларусь [15].

Схема опыта развернута на двух фонах внесения минеральных удобрений. Дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе $N_{160} (70 + 35 + 55)$ – фон 1, дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе $N_{160} (70 + 35 + 55)$, фосфорных – P_{30} и калийных – K_{60} (35 % выноса фосфора и калия с планируемой урожайностью 80 ц/га) – фон 2.

Фосфорные удобрения (аммонизированный суперфосфат) и калийные удобрения (хлористый калий) применяли согласно схеме в основное внесение. Проводили подкормки азотом: первая – весной в начале активной вегетации – N_{70} (КАС), вторая – в стадию первого узла – N_{35} (карбамид), третья – в стадию появления флагового листа – N_{55} (карбамид). При возделывании озимой пшеницы применяли интегрированную систему защиты растений.

Некорневые подкормки посевов озимой пшеницы различными марками микроудобрений АДОБ проводили в стадию первого узла и стадию появления флагового листа. В качестве микроудобрений использовали жидкие удобрения, содержащие микроэлементы в хелатной форме – АДОБ Cu IDHA (Cu – 6,14 %), АДОБ Mn IDHA (Mn – 15,26 %) и АДОБ Zn IDHA (Zn – 6,16 %). Схема опыта представлена далее в таблицах. Доза микроудобрений в одну некорневую подкормку составляла 50 г/га д. в. Расход рабочего раствора – 200 л/га. Рабочий раствор готовили непосредственно перед проведением некорневых подкормок растений путем разведения концентрата водой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования химического состава зерна и соломы озимой пшеницы показали, что содержание меди, марганца и цинка изменялось в зависимости от фона минерального питания и применяемых микроудобрений АДОБ.

Некорневые подкормки медными удобрениями и различными их сочетаниями с другими микроудобрениями способствовали повышению содержания меди в основной и побочной продукции. В среднем за три года исследований содержание меди в зерне озимой пшеницы составило 2,64–3,63 мг/кг, в соломе – 0,69–1,96 мг/кг сухой массы (табл. 1). Следует отметить, что на фоне $N_{160}P_{30}K_{60}$ (фон 2) содержание меди как в зерне, так и в соломе, было несколько выше, чем на фоне N_{160} (фон 1). Так, на первом фоне содержание меди в зерне от применения микроудобрения АДОБ Cu повышалось до 3,42 мг/кг (на 0,41 мг/кг, или на 13,6 %) в сравнении с фоновым вариантом (3,01 мг/кг), в то время как на втором фоне данный показатель от применения этого же микроудобрения составил 3,63 мг/кг, что на 0,58 мг/кг, или на 19,0 %, выше фона (3,05 мг/кг). При совместном внесении микроудобрений АДОБ Cu + АДОБ Mn содержание меди увеличивалось до 3,34 мг/кг (повышение на 11,0 %) на фоне 1 и до 3,52 мг/кг (повышение на 15,4 %) на фоне 2. В вариантах с применением тройного сочетания микроудобрений АДОБ Cu + АДОБ Mn + АДОБ Zn и двойного сочетания микроудобрений АДОБ Cu + АДОБ Zn самое высокое содержание меди в зерне было отмечено на втором фоне внесения минеральных удобрений и составило 3,26–3,33 мг/кг (на 0,21–0,28 мг/кг, или на 6,9–9,1 %, выше фонового варианта). На первом фоне данные показатели составили 3,19–3,25 мг/кг сухой массы и 6,0–8,0 % соответственно.

Внесение микроудобрения АДОБ Си в некорневые подкормки озимой пшеницы способствовали накоплению меди в соломе до 1,82 мг/кг (повышение на 10,3 %) при фоновом значении 0,69 мг/кг (фон 1) и до 1,96 мг/кг (повышение на 16,0 %) при фоновом значении 1,69 мг/кг (фон 2). Совместное применение микроудобрений в некорневую подкормку АДОБ Си + АДОБ Мп на двух фонах внесения минеральных удобрений также способствовало увеличению накопления меди в соломе относительно фоновых вариантов на 9,1 % (фон 1) и на 13,0 % (фон 2). Применение в некорневую подкормку озимой пшеницы тройного сочетания микроудобрений АДОБ Си + АДОБ Мп + АДОБ Zn повышало содержание меди в соломе на 7,9 % на первом фоне и на 10,7 % на втором фоне.

Таблица 1

Влияние микроудобрений Адоб на содержание меди в зерне и соломе озимой пшеницы (среднее 2016–2018 гг.)

Вариант	Зерно		Солома	
	мг/кг сухой массы	процент повышения	мг/кг сухой массы	процент повышения
	Медь			
Контроль без удобрений	2,64	–	0,69	–
N ₁₆₀ (70 + 35 + 55) – фон 1	3,01	–	1,65	–
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} *	3,42	13,6	1,82	10,3
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	3,34	11,0	1,80	9,1
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,25	8,0	1,76	6,7
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,19	6,0	1,78	7,9
N ₁₆₀ (70 + 35 + 55) P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	3,05	–	1,69	–
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05}	3,63	19,0	1,96	16,0
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	3,52	15,4	1,91	13,0
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,33	9,1	1,85	9,5
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,26	6,9	1,87	10,7
НСП ₀₅	0,35		0,85	

*Дозы меди, марганца и цинка, кг/га

Некорневые подкормки озимой пшеницы марганцевыми удобрениями и различными их сочетаниями с другими микроудобрениями также способствовали повышению содержания марганца в зерне и соломе относительно фоновых вариантов (табл. 2).

Таблица 2

Влияние микроудобрений Адоб на содержание марганца в зерне и соломе озимой пшеницы (среднее 2016–2018 гг.)

Вариант	Зерно		Солома	
	мг/кг сухой массы	процент повышения	мг/кг сухой массы	процент повышения
	Марганец			
Контроль без удобрений	12,70	–	6,64	–

Вариант	Зерно		Солома	
	мг/кг сухой массы	процент повышения	мг/кг сухой массы	процент повышения
	Марганец			
N ₁₆₀ (70 + 35 + 55) – фон 1	16,67	–	10,93	–
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05}	17,44	18,9	13,16	20,4
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	17,04	16,2	13,00	18,9
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	16,62	13,3	12,69	16,1
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	16,39	11,7	12,11	10,8
N ₁₆₀ (70 + 35 + 55) P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	14,96	–	11,30	–
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05}	18,30	22,3	13,83	22,4
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	17,88	19,5	13,63	20,6
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	17,60	17,6	13,30	17,7
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	17,10	14,3	12,87	13,9
НСП ₀₅	2,23	–	3,99	–

Содержание марганца в зерне на фоне N₁₆₀ составило 16,67 мг/кг, в соломе – 10,93 мг/кг; на фоне N₁₆₀P₃₀K₆₀ содержание в зерне – 14,96 мг/кг, в соломе – 11,30 мг/кг сухой массы. Наиболее высокое накопление марганца как в зерне, так и соломе следует отметить на втором фоне внесения минеральных удобрений при некорневых подкормках озимой пшеницы микроудобрением АДОБ Mn. Содержание марганца в зерне составило 18,30 мг/кг (повышение на 3,34 мг/кг, или на 22,3 %), в соломе – 13,83 мг/кг (повышение на 2,53 мг/кг, или на 22,4 %, в сравнении с фоновым вариантом). На первом фоне данные показатели составили 17,44 мг/кг (на 0,77 мг/кг, или на 18,9 %, выше фона) в зерне и 13,16 мг/кг (на 2,23 мг/кг, или на 20,4 %, выше фона) в соломе. Совместное внесение микроудобрений АДОБ Cu + АДОБ Mn позволило повысить содержание марганца в зерне на втором фоне до 17,88 мг/кг (повышение на 19,5 %), на первом фоне – до 17,04 мг/кг (повышение на 16,2 %). В соломе данное сочетание микроудобрений повышало содержание элемента до 13,63 мг/кг (повышение на 2,33 мг/кг, или на 20,6 %) на фоне N₁₆₀P₃₀K₆₀ и до 13,00 мг/кг (повышение на 2,07 мг/кг, или на 18,9 %) на фоне N₁₆₀. По остальным вариантам опыта на первом фоне внесения минеральных удобрений содержание марганца в зерне варьировало от 16,39 до 16,62 мг/кг (повышение на 11,7–13,3 %), в соломе – от 12,11 до 12,69 мг/кг (повышение на 10,8–16,1 %). На втором фоне этот показатель повышался до 17,10–17,60 мг/кг (повышение на 14,3–17,6 %) в зерне и до 12,87–13,30 мг/кг (повышение на 13,9–17,7 %) в соломе.

В отличие от применения медных и марганцевых удобрений и различных их комбинаций, где наибольшее накопление микроэлементов происходило на фоне внесения минеральных удобрений в дозе N₁₆₀P₃₀K₆₀, увеличение содержания цинка в зерне и соломе при некорневых подкормках цинковыми удобрениями и их сочетанием с другими микроудобрениями отмечается на фоне внесения минеральных удобрений в дозе N₁₆₀ (табл. 3).

Влияние микроудобрений АДОБ на содержание цинка в зерне и соломе озимой пшеницы (среднее 2016–2018 гг.)

Вариант	Зерно		Солома	
	мг/кг сухой массы	процент повышения	мг/кг сухой массы	процент повышения
	Цинк			
Контроль без удобрений	10,22	–	2,83	–
N ₁₆₀ (70 + 35 + 55) – фон 1	12,60	–	3,41	–
Фон 1 + АДОБ Zn _{0,05}	15,42	22,4	4,06	19,1
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	13,92	10,5	3,91	14,7
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	13,63	8,2	3,76	10,3
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	13,56	7,6	3,81	11,7
N ₁₆₀ (70 + 35 + 55) P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	11,30	–	3,13	–
Фон 2 + АДОБ Zn _{0,05}	12,98	14,9	3,50	11,8
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	12,31	8,9	3,38	8,0
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	11,98	6,0	3,40	8,6
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	12,01	6,3	3,42	9,3
НСР ₀₅	1,03	–	0,28	–

Максимальное накопление цинка как в зерне, так и соломе отмечено при внесении микроудобрения АДОБ Zn на двух фонах внесения минеральных удобрений. Так, на первом фоне N₁₆₀ содержание цинка в зерне составило 15,42 мг/кг (повышение на 22,4 %) при фоновом значении 12,60 мг/кг сухой массы. В соломе этот показатель увеличивался до 4,06 мг/кг, что выше на 0,65 мг/кг, или на 19,1 %, в сравнении с фоновым вариантом. На втором фоне N₁₆₀P₃₀K₆₀ содержание цинка в зерне составило 11,30 мг/кг, в соломе – 3,13 мг/кг сухой массы. Накопление данного микроэлемента, полученного от применения микроудобрения АДОБ Zn на фоне N₁₆₀P₃₀K₆₀, повышалось относительно фонового варианта в зерне на 1,68 мг/кг, или на 14,9 %, в соломе – на 0,37 мг/кг, или на 11,8 %.

При внесении в некорневую подкормку озимой пшеницы микроудобрений АДОБ Cu + АДОБ Zn, АДОБ Mn + АДОБ Zn и тройного сочетания микроудобрений АДОБ Cu + АДОБ Mn + АДОБ Zn на двух фонах применения минеральных удобрений содержание цинка в зерне и соломе находилось примерно на одном уровне. Так, на фоне N₁₆₀ содержание цинка в зерне варьировало от 13,56 до 13,92 мг/кг (повышение на 7,6–10,5 %), в соломе – от 3,76 до 3,91 мг/кг (повышение на 10,3–14,7 %). На фоне внесения минеральных удобрений в дозе N₁₆₀P₃₀K₆₀ этот показатель колебался от 11,98 до 12,31 мг/кг (повышение на 6,0–8,9 %) в зерне и от 3,38 до 3,42 мг/кг (повышение на 8,0–9,3 %) в соломе.

Вынос элементов питания является наиболее объективным показателем эффективности применения удобрений под сельскохозяйственные культуры.

Результаты исследований на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве показали, что общий (хозяйственный) вынос меди, марганца и цинка изменялся в зависимости от продуктивности озимой пшеницы и содер-

жания микроэлементов в основной и побочной продукции. В среднем за три года исследований внесение микроудобрений АДОБ способствовало возрастанию общего выноса всех микроэлементов относительно фонового варианта (табл. 4). Микроэлементы по выносу с урожаем озимой пшеницы располагались в следующем убывающем порядке: $Mn > Zn > Cu$.

Так, в изучаемых вариантах хозяйственный вынос меди колебался от 27,2 до 32,1 г/га, марганца – от 153,4 до 178,7 г/га, цинка – от 80,1 до 99,2 г/га. В варианте без удобрений на фоне N_{160} и на фоне $N_{160}P_{30}K_{60}$ хозяйственный вынос меди составил 11,0–25,2 г/га, марганца – 62,1–137,3 г/га, цинка – 39,1–71,7 г/га. Максимальные значения хозяйственного выноса отмечены в вариантах с применением микроудобрений АДОБ Cu и АДОБ Mn на втором фоне внесения минеральных удобрений. Вынос меди в данных вариантах составил 32,1 г/га, марганца – 178,7 г/га. Внесения в некорневые подкормки микроудобрений АДОБ Zn повышало общий вынос цинка на первом фоне внесения минеральных удобрений. Содержание цинка в удобренных вариантах составило 99,2 г/га. На фоне $N_{160}P_{30}K_{60}$ данный показатель составил 86,3 г/га.

Установлено, что удельный вынос микроэлементов озимой пшеницей выше при внесении марганцевых, цинковых и медных удобрений и составляет: марганец – 25 г/т, цинк – 14,4 г/т, медь – 4,2 г/т зерна с соответствующим количеством соломы.

Таблица 4

Общий (хозяйственный) и удельный вынос микроэлементов с зерном и соломой озимой пшеницы на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант	Общий (хозяйственный) вынос, г/га			Удельный вынос, г/т		
	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn
Контроль без удобрений	11,0	62,1	39,1	2,7	15,4	9,7
N_{160} (70 + 35 + 55) – фон 1	24,0	140,7	77,0	3,7	21,7	11,9
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}^*$	29,0	–	–	4,2	–	–
Фон 1 + АДОБ $Mn_{0,05}$	–	166,0	–	–	23,8	–
Фон 1 + АДОБ $Zn_{0,05}$	–	–	99,2	–	–	14,4
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$	28,7	164,5	–	4,1	23,4	–
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	27,3	–	90,6	4,0	–	13,2
Фон 1 + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	–	156,6	88,4	–	22,8	12,9
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	27,2	153,4	88,8	3,9	22,2	12,9
N_{160} (70 + 35 + 55) $P_{30}K_{60}$ – фон 2	25,2	137,3	71,7	3,8	20,5	10,7
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$	32,1	–	–	4,4	–	–
Фон 2 + АДОБ $Mn_{0,05}$	–	178,7	–	–	25,0	–
Фон 2 + АДОБ $Zn_{0,05}$	–	–	86,3	–	–	12,2
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$	30,8	175,4	–	4,3	24,5	–
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	29,1	–	82,5	4,1	–	11,6
Фон 2 + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	–	169,2	80,1	–	24,1	11,4
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	28,7	165,2	80,8	4,1	23,4	11,4

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве применение в некорневую подкормку озимой пшеницы микроудобрения АДОБ Си повышает содержание меди в зерне с 3,01 до 3,42 мг/кг сухой массы (на 13,6 %) на фоне внесения азотных удобрений N_{160} и с 3,05 до 3,63 мг/кг (на 19,0 %) на фоне внесения минеральных удобрений в дозе $N_{160}P_{30}K_{60}$. Содержание меди в соломе озимой пшеницы ниже и находится в диапазоне 1,65–1,96 мг/кг сухой массы.

2. Более высокое накопление марганца в зерне озимой пшеницы (18,3 мг/кг сухой массы, + 22,3 % к фону) отмечается при внесении в некорневую подкормку микроудобрения АДОБ Mn на фоне внесения минеральных удобрений в дозе $N_{160}P_{30}K_{60}$.

3. Некорневая подкормка озимой пшеницы микроудобрением АДОБ Zn обеспечивает наиболее высокое содержание цинка в зерне (12,98 мг/кг сухой массы, + 14,9 % к фону) на фоне дробного внесения азотных удобрений $N_{160} (70 + 35 + 55)$.

4. Микроэлементы по выносу с урожаем озимой пшеницы располагаются в следующем убывающем порядке: $Mn > Zn > Cu$. Удельный вынос микроэлементов озимой пшеницей выше при внесении марганцевых, цинковых и медных удобрений и составляет: марганец – 25 г/т, цинк – 14,4 г/т, медь – 4,2 г/т зерна с соответствующим количеством соломы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аристархов, А. Н. Приоритеты применения различных видов, способов и доз микроудобрений под озимые и яровые сорта пшеницы в основных природно-сельскохозяйственных зонах России / А. Н. Аристархов, Н. Н. Бушуев, К. Г. Сафонова // Агрохимия. – 2012. – № 9. – С. 26–40.

2. Иодковская, А. А. Влияние медьсодержащих удобрений на качество озимой пшеницы / А. А. Иодковская // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. научн. тр. / УО «ГТАУ»; ред.: В. К. Пестис. – Гродно, 2005. – Т. 4, Ч. 1. – С. 19–23.

3. Гундарева, А. Н. Влияние микроэлементов на рост и развитие злаковых растений (на примере пшеницы) / А. Н. Гундарева // Вестник АГТУ. – 2006. – № 3. – С. 197–201.

4. Морару, С. А. Озимая пшеница / С. А. Морару. – Минск: Наука и техника, 1990. – 328 с.

5. Вильдфлуш, И. Р. Влияние новых форм микроудобрений на урожайность и качество озимой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, А. А. Кузнецова, К. И. Сковородина // Химико-экологические аспекты научно-исследовательской работы: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов, Горки, 13–15 мая 2014 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2014. – С. 243–245.

6. Аристархов, А. Н. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур / А. Н. Аристархов, В. П. Толстоусов, А. Ф. Харитоновна // Агрохимия. – 2010. – № 3. – С. 36–49.

7. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын [и др.]. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
8. *Ковалевич, З. С.* Медь: значение и применение в земледелии / З. С. Ковалевич // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 9 (89). – С. 78–82.
9. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.
10. *Куликович, С. Н.* Озимая пшеница в вопросах и ответах / С. Н. Куликович, В. С. Бобер. – Минск: Наша идея, 2012. – 320 с.
11. *Привалов, Ф. И.* Биологизация приемов в технологиях возделывания зерновых культур / Ф. И. Привалов / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; под ред. Л. П. Круля. – Несвиж: Несвиж. укруп. тип. им. С. Будного, 2007. – 188 с.
12. *Ягодин, Б. А.* Агрохимия: учебник / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко; под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Колос, 2002. – 584 с.
13. *Podlesar, W.* Begleitung der Bondenfruchtbarkeitskennziffern für eine gezielte Mikronährstoffdüngung / W. Podlesar, P. Krahmer // Feld Wirtschaft. – 1985. – Vol. 26, № 8. – S. 361–363.
14. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
15. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.

INFLUENCE OF ADOB MICROFERTILIZERS ON ACCUMULATION AND REMOVAL OF COPPER, MANGANESE AND ZINC BY WINTER WHEAT PLANTS ON SODDY-PODZOLY HIGHLY CULTURED LIGHT-LAY SOIL

N. S. Guzova

Summary

The article presents the results of studies on the accumulation and removal of microelements by winter wheat plants when cultivated on sod-podzolic highly cultivated light-loamy soil. It has been established that foliar feeding of winter wheat with micronutrient fertilizers ADOB promotes the accumulation of copper, manganese and zinc in the main and by-products. Trace elements carried out with the harvest of winter wheat are arranged in the following decreasing order: Mn > Zn > Cu.

Поступила 30.11.20