

MicroStim with a stimulating effect in the cultivation of agricultural crops has been established. Significant increases in the yield of grain and vegetable crops, rapeseed, buckwheat, potatoes and strawberries were obtained.

*Поступила 14.05.2022*

УДК 631.81:633.11:631.445

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-183-192](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-183-192)

## **ДЕЙСТВИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ МЕДИ, МАРГАНЦА И ЦИНКА В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКОКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**М. В. Рак, Н. С. Гузова**

*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Поступление микроэлементов в растения происходит через корневую систему и листовую поверхность. По скорости проникновения в растения микроэлементы располагаются следующим образом:  $Cd > Pb > Zn > Cu > Mn > Fe$ . По органам растений микроэлементы распределяются неравномерно. В большом количестве они накапливаются в корнях, стеблях, листьях и меньше в органах запасаания ассимилятов [1].

Медь обладает меньшей подвижностью в растениях по сравнению с другими элементами, большей частью оставаясь в тканях корней. Максимум ее подвижности достигается при оптимальном содержании в растительном организме [2]. Наиболее интенсивно зерновые культуры усваивают медь в период до фазы выхода в трубку и во время формирования зерна [3].

Среднее содержание марганца в растениях составляет 0,001 %. В различных органах одного и того же растения его содержание неодинаково. Основное его количество сосредоточено в зеленых листьях, зародышах семян и плодах [4, 5].

Цинк очень подвижен в растении. Корневые системы накапливают, как правило, больше цинка, но при оптимальном уровне содержания этот элемент перемещается из корней и накапливается в надземных органах [6].

В исследованиях В. В. Церлинг установлены уровни-параметры содержания микроэлементов в растениях в определенной фазе. Оптимальное содержание элемента в растениях в той или иной фазе соответствует высокому и качественному урожаю, полученному вследствие созданных оптимальных сочетаний факторов питания, при которых растение может нормально развиваться и наиболее полно реализовать все свои возможности в формировании урожая. Для озимой пшеницы уровни-параметры содержания меди установлены в фазе стеблевания и фазе трубкования в надземной части растения, а также в фазе колошения и фазе цветения в верхних листьях; содержания марганца – в фазе весеннего кущения,

фазе трубкования, фазе колошения в 2-х верхних листьях, фазе трубкования и фазе начала колошения в надземной части; содержания цинка – в фазе весеннего кущения, фазе трубкования и в фазе колошения в 2-х верхних листьях [7].

Цель исследований – изучить накопление меди, марганца и цинка растениями озимой пшеницы по фазам роста и развития, а также в структурных частях культуры при возделывании на дерново-подзолистой высоко окультуренной легкосуглинистой почве.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

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 высокоокультуренной легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных легких суглинках. Во время закладки полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями:

2016 год:  $pH_{KCl}$  – 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 год:  $pH_{KCl}$  – 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 год:  $pH_{KCl}$  – 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 деланки составляла 25 м<sup>2</sup>, учетная – 18 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов в полевом опыте 4-кратная. Метод размещения вариантов в повторении случайный (рэндомизированный). Норма высева озимой пшеницы – 4,5 млн всхожих семян на гектар. Предшественник – озимый рапс. Исследования проводили в соответствии с методикой полевых опытов [8]. Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для Республики Беларусь [9].

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 (аммонизированный суперфосфат) и калийные удобрения (хлористый калий) применяли согласно схеме в основное внесение. Подкормки азотом проводили в 3 срока: первая – весной в начале активной вегетации –  $N_{70}$  (КАС), вторая – в стадию первого узла –  $N_{35}$  (карбамид), третья – в стадию появления

флагового листа – N<sub>55</sub> (карбамид). При возделывании озимой пшеницы применяли интегрированную систему защиты растений.

Некорневые подкормки посевов озимой пшеницы микроудобрениями проводили в стадию 1–го узла (ДК 31) и стадию появления флагового листа (ДК 35). 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 %). 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 ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показывают, что в среднем за три года содержание микроэлементов в сухой массе на двух фонах минерального питания варьировало по фазам роста и развития озимой пшеницы.

Наибольшее содержание меди в растениях озимой пшеницы отмечено в фазе кущения и составило 3,5–3,9 мг/кг на фоне внесения только азотных удобрений в дозе N<sub>160</sub> (фон 1) и 3,5 мг/кг сухой массы на фоне внесения минеральных удобрений в дозе N<sub>160</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> (фон 2). Далее в фазе первого узла наблюдалось снижение накопления исследуемого элемента на двух фонах минерального питания. На фоне 1 количество меди колебалось в пределах 2,7–2,9 мг/кг, на фоне 2 – 2,5–2,8 мг/кг сухой массы (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на содержание меди в растениях озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Фазы развития			
	кущение	1-й узел	появление флагового листа	колошение
	мг/кг сухой массы			
Контроль без удобрений	3,1	2,3	1,2	1,1
N <sub>160</sub> – фон 1	3,9	2,7	1,6	1,5
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub>	3,9	2,8	2,7	3,0
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub>	3,7	2,9	2,5	2,9
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	3,5	2,8	2,3	2,6
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	3,7	2,8	2,3	2,6
N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон 2	3,6	2,5	1,7	1,6
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub>	3,6	2,7	2,9	3,1
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub>	3,7	2,8	2,9	3,0
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	3,5	2,7	2,7	2,8
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	3,6	2,5	2,6	2,7
HCP <sub>05</sub>	0,35	0,18	0,36	0,39

Следует отметить, что в фазе появления флагового листа содержание меди на фоне  $N_{160}$  несколько уменьшилось и составило в вариантах с внесением микроудобрений 2,3–2,7 мг/кг, что на 43,8–68,8 % выше по отношению к фону, в то время как на фоне  $N_{160}P_{30}K_{60}$  этот показатель повышался до 2,6–2,9 мг/кг (повышение на 52,9–70,6 % к фону).

К фазе колошения накопление меди повышалось на двух фонах минерального питания. Наибольшее количество меди наблюдалось при внесении в некорневые подкормки микроудобрения АДОБ Cu. Так, на первом фоне содержание данного элемента составило 3,0 мг/кг, что в 2 раза выше, чем в фоновом варианте, на втором фоне – 3,1 мг/кг (повышение к фону на 93,8 % при фоновом значении 1,6 мг/кг сухой массы).

Анализ накопления марганца растениями озимой пшеницы по фазам роста и развития показал, что в фазе кущения содержание этого элемента было самым высоким и колебалось на фоне 1 от 39,5 до 42,0 мг/кг, на фоне 2 – от 38,4 до 40,0 мг/кг сухой массы (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на содержание марганца в растениях озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Фазы развития			
	кущение	1-й узел	появление флагового листа	колошение
	мг/кг сухой массы			
Контроль без удобрений	35,9	22,8	16,2	15,2
$N_{160}$ – фон 1	42,0	27,7	19,6	18,2
Фон 1 + АДОБ $Mn_{0,05}$	39,5	28,5	26,3	30,7
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$	40,3	27,6	25,7	29,6
Фон 1 + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	41,9	27,8	21,5	26,3
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	40,6	28,4	21,4	26,5
$N_{160}P_{30}K_{60}$ – фон 2	38,4	29,4	20,2	18,2
Фон 2 + АДОБ $Mn_{0,05}$	38,6	30,3	28,5	30,9
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$	39,3	28,8	27,9	30,8
Фон 2 + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	40,0	29,2	22,2	26,3
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	38,8	28,5	22,1	26,6
$HCP_{05}$	2,33	2,26	1,98	1,58

По мере роста и развития растений содержание марганца снижалось и в стадии первого узла его количество составляло на фоне  $N_{160}$  – 27,6–28,5 мг/кг, на фоне  $N_{160}P_{30}K_{60}$  – 28,5–30,3 мг/кг сухой массы. Несмотря на проведение некорневой подкормки озимой пшеницы микроудобрениями в стадии первого узла, в стадии появления флагового листа наблюдалось снижение накопления марганца в растениях. На двух фонах внесения минеральных удобрений можно отметить варианты

с внесением АДОБ Cu + АДОБ Mn и АДОБ Mn, в которых отмечалось наибольшее количество данного элемента. На первом фоне содержание марганца в эту стадию составило 25,7 и 26,3 мг/кг сухой массы (повышение на 31,1–34,2 % при фоновом значении 19,6 мг/кг), на втором фоне – 27,9 и 28,5 мг/кг соответственно (повышение на 38,1–41,1 % при фоновом значении 20,2 мг/кг).

Однако после второй некорневой подкормки в стадию появления флагового листа в фазе колошения отмечалось повышение накопления марганца растениями озимой пшеницы. На фоне внесения минеральных удобрений в дозе N<sub>160</sub> данный показатель варьировал от 26,3 до 30,7 мг/кг сухой массы (повышение на 44,5–68,9 % к фону), на фоне N<sub>160</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> – от 26,3 до 30,9 мг/кг (повышение на 44,5–69,8 % к фону).

В накоплении цинка по фазам роста и развития озимой пшеницы также отмечена тенденция снижения содержания элемента от фазы кущения до стадии первого узла (табл. 3). Содержание цинка на фоне N<sub>160</sub> в фазе кущения колебалось от 13,5 до 14,0 мг/кг сухой массы, в стадии первого узла – от 7,3 до 7,9 мг/кг. На фоне N<sub>160</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> данные показатели были несколько выше и составили в фазе кущения 14,1–14,7 мг/кг, в стадии первого узла – 7,9–8,8 мг/кг сухой массы.

Таблица 3

**Влияние некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на содержание цинка в растениях озимой пшеницы (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Фазы развития			
	кущение	1-й узел	появление флагового листа	колошение
	мг/кг сухой массы			
Контроль без удобрений	11,4	5,5	3,2	3,0
N <sub>160</sub> – фон 1	13,7	7,9	4,3	3,6
Фон 1 + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	13,7	7,8	9,6	8,0
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	13,7	7,6	9,4	7,8
Фон 1 + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	14,0	7,3	8,5	7,5
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	13,5	7,9	8,3	7,2
N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон 2	14,3	8,8	4,0	3,7
Фон 2 + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	14,5	8,4	9,1	8,3
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	14,7	8,4	8,8	8,0
Фон 2 + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	14,2	7,9	8,0	7,9
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	14,1	8,1	8,2	7,9
НСР <sub>05</sub>	1,68	1,48	0,61	0,56

К стадии появления флагового листа содержание цинка в сухой массе повышалось. Так, на фоне 1 при применении микроудобрения АДОБ Zn количество цинка увеличилось до 9,6 мг/кг (повышение на 123,3 % при фоновом значении 4,3 мг/кг). На фоне 2 данный показатель составил 9,1 мг/кг (повышение на

127,5 % при фоновом значении 4,0 мг/кг). Также необходимо отметить вариант с внесением АДОБ Cu + АДОБ Zn, содержание цинка в котором на первом фоне внесения минеральных удобрений составило 9,4 мг/кг (повышение на 118,6 % к фону), на втором фоне – 8,8 мг/кг сухой массы (повышение на 120,0 % к фону).

В фазе колошения наблюдалось снижение содержания изучаемого элемента на двух фонах внесения минеральных удобрений. На фоне N<sub>160</sub> количество цинка варьировалось от 7,2 до 8,0 мг/кг (повышение на 100,0–122,2 % к фону), на фоне N<sub>160</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> – от 7,9 до 8,3 мг/кг сухой массы (повышение на 113,5–124,3 % к фону).

Вместе с определением содержания микроэлементов в растениях озимой пшеницы по фазам роста и развития, также было определено их содержание в структурных частях растений в фазу колошения (корень, стебель, листья, колос). По результатам трехлетних исследований больше всего меди накапливалось в листьях и увеличивалось при применении микроудобрений (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на содержание меди в структурных частях озимой пшеницы в фазу колошения (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Медь, мг/кг сухой массы			
	корень	стебель	листья	колос
Контроль без удобрений	2,6	1,3	2,3	2,0
N <sub>160</sub> – фон 1	3,5	1,6	4,3	2,8
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub>	4,3	2,0	7,0	3,3
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub>	4,9	1,9	5,9	3,5
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	4,0	1,7	5,1	2,9
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	3,9	1,9	4,5	3,0
N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон 2	3,3	1,5	4,0	2,9
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub>	3,9	1,8	6,1	3,9
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub>	3,7	1,9	5,5	3,7
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	3,5	1,7	5,0	3,7
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	3,5	1,8	4,3	3,5
НСР <sub>05</sub>	0,66	0,18	1,60	0,69

При изучении накопления меди в листьях озимой пшеницы установлено, что наиболее интенсивное накопление элемента происходило при внесении АДОБ Cu на двух фонах внесения минеральных удобрений. Так, на фоне N<sub>160</sub> содержание меди при применении АДОБ Cu составило 7,0 мг/кг сухой массы (на 2,7 мг/кг, или 62,8 % выше фонового варианта), на фоне N<sub>160</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> – 6,1 мг/кг (на 1,9 мг/кг, или 52,5 % выше фона).

По накоплению меди корень занимает второе место после листьев. Содержание данного элемента в корне колебалось от 3,9 до 4,9 мг/кг сухой массы на первом фоне (повышение на 11,4–40,0 % относительно фона) и от 3,5 до 3,9 мг/кг на втором (на 6,1–18,2 % выше фонового варианта).

В вариантах с внесением микроудобрений содержание меди в колосе озимой пшеницы варьировало от 2,9 до 3,5 мг/кг сухой массы на первом фоне и от 3,5 до 3,9 мг/кг на втором фоне внесения минеральных удобрений. Следует отметить, что наибольшее накопление меди на фоне  $N_{160}$  наблюдалось при совместном внесении АДОБ Cu + АДОБ Mn и составило 3,5 мг/кг, что на 25,0 % выше фона, в то время как на фоне  $N_{160}P_{30}K_{60}$  самое высокое содержание меди отмечено при применении АДОБ Cu – 3,9 мг/кг сухой массы (повышение на 34,5 % к фоновому варианту).

Содержание меди в стебле озимой пшеницы было самым низким и находилось в пределах 1,7–2,0 мг/кг на фоне 1 и 1,7–1,9 мг/кг на фоне 2. Максимальное накопление меди в стебле отмечено на фоне  $N_{160}$  в варианте с применением АДОБ Cu – 2,0 мг/кг (повышение относительно фонового значения на 25,0 %). На фоне  $N_{160}P_{30}K_{60}$  нужно отметить вариант с внесением АДОБ Cu + АДОБ Mn, где содержание меди увеличилось до 1,9 мг/кг сухой массы (повышение к фону на 26,7 %).

Установлено, что максимальное накопление марганца происходило в корнях растений (табл. 5). На первом фоне минерального питания при применении микроудобрений данный показатель варьировал от 134,6 до 136,3 мг/кг (повышение на 1,8–3,1 % к фону), на втором фоне – от 141,1 до 148,1 мг/кг сухой массы (повышение на 2,5–7,6 % к фону).

Таблица 5

**Влияние некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на содержание марганца в структурных частях озимой пшеницы в фазу колошения (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Марганец, мг/кг сухой массы			
	корень	стебель	листья	колос
Контроль без удобрений	128,3	10,6	37,4	10,1
$N_{160}$ – фон 1	132,2	11,3	43,8	11,1
Фон 1 + АДОБ $Mn_{0,05}$	135,5	16,4	89,8	14,8
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$	136,3	15,1	60,1	13,7
Фон 1 + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	134,6	13,9	54,3	11,9
Фон 1 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	134,7	14,9	52,8	12,4
$N_{160}P_{30}K_{60}$ – фон 2	137,6	11,9	40,6	12,1
Фон 2 + АДОБ $Mn_{0,05}$	148,1	16,5	69,7	15,4
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$	142,3	15,3	53,6	14,2
Фон 2 + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	141,1	14,4	51,1	14,0
Фон 2 + АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$	141,6	15,1	48,9	13,4
НСР <sub>05</sub>	2,38	0,59	2,79	0,77

Минимальное содержание марганца наблюдалось в колосе. На фоне  $N_{160}$  этот показатель колебался в пределах 11,9–14,8 мг/кг (повышение на 7,2–33,3 % относительно фонового значения), на фоне  $N_{160}P_{30}K_{60}$  – 13,4–15,4 мг/кг (выше фона на 10,7–27,3 %). В листьях наибольшее количество марганца можно отметить при внесении АДОБ Mn на двух фонах минерального питания. При этом



на фоне 1 содержание данного элемента составило 89,8 мг/кг (на 46,0 мг/кг, или 105,0 % выше фона), на фоне 2 – 69,7 мг/кг (на 29,1 мг/кг, или 71,7 % выше фонового значения). Внесение микроудобрения АДОБ Mn в некорневые подкормки озимой пшеницы способствовало накоплению марганца в стебле до 16,4 мг/кг сухой массы (повышение на 45,1 % при фоновом значении 11,3 мг/кг) (фон 1) и до 16,5 мг/кг (повышение на 38,7 % при фоновом значении 11,9 мг/кг) (фон 2).

Как показали результаты исследований, наибольшее содержание цинка находилось в корнях растений озимой пшеницы (табл. 6). Внесение микроудобрения АДОБ Zn способствовало накоплению цинка до 29,0 мг/кг (повышение к фону на 26,1 %) на фоне N<sub>160</sub> и до 26,2 мг/кг (повышение на 16,4 % при фоновом значении 22,5 мг/кг) на фоне N<sub>160</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>. По остальным вариантам опыта содержание элемента варьировало в пределах 23,7–25,6 мг/кг сухой массы.

Таблица 6

**Влияние некорневых подкормок микроудобрениями АДОБ на содержание цинка в структурных частях озимой пшеницы в фазу колошения (среднее за 2016–2018 гг.)**

Вариант	Цинк, мг/кг сухой массы			
	корень	стебель	листья	колос
Контроль без удобрений	21,9	3,5	9,0	12,3
N <sub>160</sub> – фон 1	23,0	4,6	10,8	14,1
Фон 1 + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	29,0	7,3	13,1	18,3
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	25,6	6,2	12,4	17,2
Фон 1 + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	24,3	5,3	12,1	16,9
Фон 1 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	24,8	5,9	11,3	17,1
N <sub>160</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> – фон 2	22,5	4,4	10,6	14,1
Фон 2 + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	26,2	6,2	12,7	15,6
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	24,5	6,0	12,1	15,8
Фон 2 + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	23,7	5,2	11,9	15,0
Фон 2 + АДОБ Cu <sub>0,05</sub> + АДОБ Mn <sub>0,05</sub> + АДОБ Zn <sub>0,05</sub>	23,8	5,7	11,1	14,9
НСР <sub>05</sub>	0,48	0,78	1,44	1,56

Накопление цинка в колосе на первом фоне минерального питания составляло от 16,9 до 18,3 мг/кг, что выше на 19,9–29,8 % при фоновом значении 14,1 мг/кг сухой массы, на втором фоне этот показатель был ниже и колебался в пределах 14,9–15,8 мг/кг (повышение на 5,7–12,1 % при фоновом значении 14,1 мг/кг). В листьях содержание цинка в опыте составляло на фоне 1 от 11,3 до 13,1 мг/кг (повышение на 4,6–21,3 % к фоновому варианту), на фоне 2 – 11,1–12,7 мг/кг сухой массы (повышение на 4,7–19,8 % относительно фона). Меньше всего цинка накапливалось в стебле озимой пшеницы. Содержание данного элемента по вариантам опыта варьировалось от 5,3 до 7,3 мг/кг (повышение к фону на 15,2–58,7 %) на фоне внесения минеральных удобрений в дозе N<sub>160</sub> и от 5,2 до 6,2 мг/кг (повышение к фону на 18,2–40,9 %) на фоне N<sub>160</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>.



## ВЫВОДЫ

1. При возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой высокоокультуренной легкосуглинистой почве более высокое содержание меди и марганца в растениях обеспечивала некорневая подкормка растений микроудобрением АДОБ Си и АДОБ Мп на фоне внесения только азотных удобрений в дозе  $N_{160}$  и на фоне внесения минеральных удобрений  $N_{160}P_{30}K_{60}$  соответственно. Отмечено снижение накопления меди и марганца от фазы кущения до стадии появления флагового листа и увеличение к фазе колошения. Увеличению содержания цинка в фазе колошения способствовало некорневое внесение микроудобрения АДОБ Zn при возделывании озимой пшеницы на фоне минеральных удобрений  $N_{160}P_{30}K_{60}$ .

2. По интенсивности накопления микроэлементов в структурных частях растений озимой пшеницы распределились в следующей последовательности по степени убывания:

- Си – листья > корни, колос > стебель;
- Мп – корни > листья > стебель, колос;
- Zn – корни > колос > листья > стебель.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волошин, Е. И.* Микроэлементы в системе «почва-растение» в условиях Средней Сибири: учебн. пособие / Е. И. Волошин ; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2008. – 159 с.

2. *Вильдфлуш, И. Р.* Влияние микроудобрений и регуляторов роста на урожайность и качество озимой ржи / И. Р. Вильдфлуш, А. А. Цыганова, В. М. Куруленко // Почвенные исследования и применение удобрений: межведомств. темат. сб. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; редкол.: И. М. Богдевич [и др.]. – 2004. – Вып. 28. – С. 197–202.

3. *Озолиня, Г. Р.* Особенности физиологического действия меди при обогащении ею семян / Г. Р. Озолиня, Л. П. Лапиня // Микроэлементы – регуляторы роста жизнедеятельности и продуктивности растений: сб. науч. тр. – Рига: Зинатне, 1971. – С. 63–91.

4. *Агеев, В. В.* Корневое питание сельскохозяйственных растений / В. В. Агеев. – Ставрополь: Ставроп. ГСХА, 1996. – 134 с.

5. Применение некорневых подкормок марганцем при возделывании сельскохозяйственных культур: рекомендации / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Ком. по проблемам последствий катастрофы на Чернобыл. АЭС, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии ААН РБ; сост.: И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2001. – 16 с.

6. *Ермохин, Ю. И.* Взаимосвязи в питании растений: монография / Ю. И. Ермохин, А. В. Синдирева. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П. А. Столыпина, 2015. – 200 с.

7. *Церлинг, В. В.* Диагностика питания сельскохозяйственных культур: справочник / В. В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

8. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

9. 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.

## **THE EFFECT OF MICRONUTRIENTS ON THE ACCUMULATION OF COPPER, MANGANESE AND ZINC IN WINTER WHEAT PLANTS ON SOD-PODZOLIC HIGHLY CULTIVATED LIGHT LOAMY SOIL**

**M. V. Rak, N. S. Guzova**

### **Summary**

In a field experiment on sod-podzolic, highly cultivated, light loamy soil, the effect of foliar fertilizing of winter wheat with ADOBE micronutrients on the accumulation of trace elements in plants by growth and development phases at different levels of mineral nutrition was established. It has been established that foliar fertilizing with ADOBE micro-fertilizers has a positive effect on the accumulation of trace elements in plants and structural parts of winter wheat.

*Поступила 14.05.2022*

УДК 631.81.095.337:633.853.494:631.445  
[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-192-200](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-192-200)

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО РАПСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКООКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ**

**М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, Н. С. Гузова, Л. Н. Гук**

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

### **ВВЕДЕНИЕ**

В продовольственном балансе Республики Беларусь рапс занимает второе место по значимости после зерна. Рапс в условиях Беларуси – это хороший предшественник для зерновых, дешевое диетическое растительное масло, белковый концентрат для балансирования рационов животных. В семенах рапса содержится 40–46 % жира, 22–27 % протеина в пересчете на сухое вещество. При выращивании рапса можно получить 10–15 ц/га растительного масла и 3–8 ц/га высокобелкового шрота [1].

По данным многочисленных исследований, проведенных в разных странах, существенное положительное влияние на урожайность рапса, содержание жира и белка в семенах оказывает применение микроудобрений. Рапс относится к растениям, требующим для своего роста и развития относительно много бора. Бор увеличивает ветвление и количество цветков, накопление масел в семенах, число стручков и количество семян в них, использование растениями азота.