

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ АДОБ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКОКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Н. С. Иванова

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница – самая древняя и распространенная культура. Пшеницей кормится абсолютное большинство населения мира. В странах СНГ пшеница – основная продовольственная культура, обеспечивающая производство белого хлеба. В Беларуси, наряду с ржаным (черным) хлебом, в рационе населения значительный удельный вес занимает пшеничный (белый) [1].

За счет потребляемого хлеба и других продуктов, получаемых из зерна, человек получает около половины необходимых организму белков и углеводов, 70–80 % витамина В₁ (тиамина), значительную часть витаминов РР и Е, минеральных и других веществ. Важнейшими и наиболее ценными компонентами пшеничного зерна являются белки, состоящие из аминокислот, восемь из которых являются незаменимыми [2, 3].

Важнейшая задача сельского хозяйства – улучшение качества продукции зерновых и зернобобовых культур и увеличение производства растительного белка. Успешное решение этой задачи заключается в применении минеральных удобрений, в том числе и микроудобрений, внесение которых, по многочисленным данным, является эффективным приемом повышения урожайности и создания оптимальных условий питания культур всеми необходимыми элементами, в т. ч. и микроэлементами [4, 5, 6, 7, 8].

Многими исследованиями показано, что микроэлементы участвуют во всех важных процессах роста и развития растений, повышают урожай и улучшают качество продукции, принимают участие в процессах оплодотворения, синтеза и перемещения углеводов в белковом и жировом обмене. Они способны ускорять появление всходов, развитие растений, цветение и созревание плодов [9, 10, 11].

Под их влиянием повышается использование питательных веществ растениями из почв и удобрений, усиливается положительное действие азотных, фосфорных и калийных удобрений. При недостатке микроэлементов в почвах сельскохозяйственные культуры не полностью реализуют свой потенциал, дают неполноценный урожай и поражаются болезнями. Недостаток в почве некоторых микроэлементов негативно отражается на уровне и качестве урожая. Для создания 1 ц урожая зерна озимой пшеницы требуется около 20 г железа, 10 г марганца, 8 г цинка, 1,2 г меди, 1,0 г бора, 0,05 г молибдена [12, 13].

Внесение микроудобрений в почву оказывает незначительное влияние на увеличение микроэлементов в растениеводческой продукции. Наиболее действенным и дешевым способом обогащения сельскохозяйственных культур микроэлементами являются некорневые подкормки, позволяющие оптимизировать микроэлементный состав растениеводческой продукции [14].

Цель исследований – изучить влияние микроудобрений АДОБ на урожайность и качество зерна озимой пшеницы при возделывании на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ 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 высококультуренной легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных легких суглинках. Во время закладки полевого опыта почва опытного участка характеризовалась следующими агрохимическими показателями, 2016 г.: рН_{KCl} – 6,6, содержание гумуса – 2,0 %, P₂O₅ – 590 мг/кг почвы, K₂O – 400 мг/кг почвы, Cu – 2,7, Mn – 2,0, Zn – 3,5 мг/кг почвы; 2017 г.: – рН_{KCl} – 6,3, содержание гумуса – 2,7 %, P₂O₅ – 614 мг/кг почвы, K₂O – 434 мг/кг почвы, Cu – 2,4, Mn – 1,6, Zn – 3,4 мг/кг почвы; 2018 г.: – рН_{KCl} – 6,2, содержание гумуса – 2,5 %, P₂O₅ – 646 мг/кг почвы, K₂O – 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 озимой пшеницы определяли содержание протеина и клейковины – на ИК спектрометре Infraneo, содержание сырого белка – расчетным методом [15].

Общая площадь одной делянки составляла 25 м², учетная – 18 м². Повторность вариантов в полевом опыте четырехкратная. 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 методическими указаниями по закладке полевых опытов. Статистическую обработку результатов исследований осуществляли методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [16] с использованием MS Excel 2010. Агротехника возделывания озимой пшеницы – общепринятая для Республики Беларусь [17].

Схема опыта развернута на двух фонах внесения минеральных удобрений. Дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе $N_{70+35+55}$ – фон 1, дробное внесение азотных удобрений в подкормку в дозе $N_{70+35+55}$, 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. 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_{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. Учет урожайности озимой пшеницы проводили поделочно при наступлении полной спелости зерна.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты трехлетних исследований показали, что некорневые подкормки медными, марганцевыми и цинковыми удобрениями при возделывании озимой пшеницы способствовали повышению урожайности зерна на двух фонах внесения минеральных удобрений. Уровень прибавок урожая зависел от марок вносимых микроудобрений (табл. 1).

В среднем за три года исследований наиболее существенные прибавки урожайности зерна получены при проведении двукратной некорневой подкормки на фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку $N_{70+35+55}$ (фон 1). Так, наиболее высокие прибавки урожая зерна были отмечены при применении АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$, а также при внесении АДОБ $Cu_{0,05}$ и АДОБ $Mn_{0,05}$ (4,7–5,4 ц/га). Тройное сочетание микроэлементов АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$ позволило повысить урожайность на 4,1 ц/га по сравнению с фоновым вариантом. Прибавки от некорневых подкормок АДОБ $Zn_{0,05}$, АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$ и АДОБ $Mn_{0,05}$ + АДОБ $Zn_{0,05}$ находились примерно на одном уровне и составили 3,8 ц/га.

На фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку $N_{70+35+55}$, фосфорных – P_{30} и калийных – K_{60} (фон 2) следует отметить варианты с использованием АДОБ $Cu_{0,05}$ + АДОБ $Mn_{0,05}$, АДОБ $Cu_{0,05}$ и АДОБ $Mn_{0,05}$, где также получены более существенные прибавки урожая по сравнению с фоновым вариантом (4,3–5,2 ц/га). Применение остальных микроэлементов и их сочетание при проведении двукратной некорневой подкормки повысило урожайность зерна озимой пшеницы на 3,2–3,8 ц/га.

Таблица 1

Влияние микроудобрений АДОБ на урожайность зерна озимой пшеницы 2016–2018 гг.

Вариант	Урожай- ность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Урожай- ность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Урожай- ность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Урожай- ность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га
	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее 2016–2018 гг.	
Контроль без удобрений	39,5	–	51,4	–	30,3	–	40,4	–
N ₇₀₊₃₅₊₅₅ – фон 1	58,9	–	89,0	–	46,8	–	64,9	–
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} *	64,8	5,9	94,2	5,2	50,0	3,2	69,7	4,8
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05}	63,3	4,4	93,0	4,0	52,5	5,7	69,6	4,7
Фон 1 + АДОБ Zn _{0,05}	61,9	3,0	92,5	3,5	51,6	4,8	68,7	3,8
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	65,4	6,5	94,8	5,8	50,8	4,0	70,3	5,4
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	62,8	3,9	93,0	4,0	50,1	3,3	68,6	3,7
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	62,2	3,3	92,8	3,8	50,9	4,1	68,6	3,7
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	62,4	3,5	93,3	4,3	51,3	4,5	69,0	4,1
N ₇₀₊₃₅₊₅₅ P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	62,1	–	87,5	–	51,8	–	67,1	–
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05}	66,1	4,0	92,3	4,8	58,5	6,7	72,3	5,2
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05}	64,3	2,2	91,1	3,6	58,9	7,1	71,4	4,3
Фон 2 + АДОБ Zn _{0,05}	63,8	1,7	90,4	2,9	57,6	5,8	70,6	3,5
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	64,4	2,3	91,2	3,7	58,8	7,0	71,5	4,4
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	64,2	2,1	90,8	3,3	57,9	6,1	70,9	3,8
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	64,0	1,9	90,5	3,0	56,4	4,6	70,3	3,2
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	63,9	1,8	90,4	2,9	57,9	6,1	70,7	3,6
НСР ₀₅	2,0		3,1		3,0		3,0	

Примечание: * - дозы меди, марганца и цинка, кг/га.

Важнейшая составляющая часть зерна – азотистые вещества, состоящие главным образом из белков. От количества и качества их зависит питательная ценность пшеницы. Наибольшую ценность представляют глиадины и глютеины. От содержания их зависит качество клейковины.

За три года исследований установлено положительное влияние микроудобрений на некоторые качественные показатели зерна озимой пшеницы (табл. 2). Двукратная некорневая подкормка микроудобрениями АДОБ на фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку в дозе N₇₀₊₃₅₊₅₅ не способствовала значительному увеличению содержания сырого белка. В среднем содержание сырого белка относительно фонового варианта увеличилось на 0,7 %. Однако содержание клейковины увеличилось с 24,6 % до 25,7–27,5 %. Наибольшее содержание клейковины отмечено при применении в подкормку АДОБ Zn_{0,05}, АДОБ Cu_{0,05} + АДОБ Mn_{0,05} + АДОБ Zn_{0,05} – 27,3 % и АДОБ Mn_{0,05} + АДОБ Zn_{0,05} – 27,5 %. Максимальный выход сырого белка отмечен на варианте с применением АДОБ Zn_{0,05} – 6,7 ц/га.

Содержание клейковины от применения АДОБ на фоне с дробным внесением азотных удобрений в подкормку N₇₀₊₃₅₊₅₅, фосфорных – P₃₀ и калийных – K₆₀ было несколько ниже. Наибольшее содержание клейковины получено в варианте с применением АДОБ Cu_{0,05} + АДОБ Mn_{0,05} – 26,7 %. Содержание сырого белка варьировало в пределах 10,6–11,5 %. Наибольший выход сырого белка, как и на фоне, только с дробным внесением азотных удобрений в подкормку в дозе N₇₀₊₃₅₊₅₅, отмечен в варианте с применением АДОБ Zn_{0,05} и составил 6,9 ц/га.

Таблица 2

Влияние микроудобрений АДОБ на качество зерна озимой пшеницы (среднее 2016–2018 гг.)

Вариант	Содержание сырого белка, %	Выход сырого белка, ц/га	Содержание клейковины, %
Контроль без удобрений	8,5	2,8	22,6
N ₇₀₊₃₅₊₅₅ – фон 1	10,8	6,0	24,6
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05}	10,6	6,2	26,1
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05}	10,5	6,1	26,1
Фон 1 + АДОБ Zn _{0,05}	11,5	6,7	27,3
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	10,7	6,3	27,0
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	10,5	6,0	25,7
Фон 1 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	11,4	6,5	27,5
Фон 1 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	10,5	6,1	27,3
N ₇₀₊₃₅₊₅₅ P ₃₀ K ₆₀ – фон 2	11,5	6,4	24,6
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05}	10,6	6,4	26,4
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05}	10,8	6,5	25,3
Фон 2 + АДОБ Zn _{0,05}	11,5	6,9	26,4
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	11,1	4,9	26,7
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	11,1	4,9	25,2
Фон 2 + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	10,8	6,4	26,0
Фон 2 + АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	11,1	6,5	26,5

При оценке экономической эффективности некорневых подкормок озимой пшеницы медными, марганцевыми и цинковыми удобрениями установлено, что некорневые подкормки отдельными видами микроудобрений и их сочетанием рентабельны на двух фонах внесения минеральных удобрений (табл. 3). Рентабельность некорневых подкормок озимой пшеницы различными марками микроудобрений АДОБ составила 108–224,5 %.

Таблица 3

Экономическая эффективность применения в некорневые подкормки озимой пшеницы различных марок микроудобрений АДОБ

Вариант	Прибавка урожайности, ц/га	Стоимость прибавки, USD	Всего затрат, USD	Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
Фон 1 – дробное внесение азотных удобрений в подкормку N₇₀₊₃₅₊₅₅					
АДОБ Cu _{0,05}	4,8	82,1	50,1	31,9	196,1
АДОБ Mn _{0,05}	4,7	80,4	50,1	30,3	224,5
АДОБ Zn _{0,05}	3,8	65,0	47,3	17,6	151,5
АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	5,4	92,3	53,2	39,1	134,5
АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,7	63,3	48,0	15,3	67,0
АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,7	63,3	48,2	15,0	79,5
АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	4,1	70,1	50,5	19,7	43,4
Фон 2 – дробное внесение азотных удобрений в подкормку N₇₀₊₃₅₊₅₅P₃₀K₆₀					
АДОБ Cu _{0,05}	5,2	88,9	51,4	37,5	206,6
АДОБ Mn _{0,05}	4,3	73,5	48,8	24,7	213,0
АДОБ Zn _{0,05}	3,5	59,9	46,4	13,5	140,6
АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05}	4,4	75,2	50,1	25,2	108,0
АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,8	65,0	48,3	16,7	70,1
АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,2	54,7	46,7	8,1	62,6
АДОБ Cu _{0,05} + АДОБ Mn _{0,05} + АДОБ Zn _{0,05}	3,6	61,6	48,9	12,7	30,2

ВЫВОДЫ

1. Применение микроудобрений АДОБ в некорневые подкормки озимой пшеницы на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве на двух фонах внесения минеральных удобрений повышало урожайность зерна на 3,2–5,4 ц/га, содержание клейковины – на 0,6–2,9 %, содержание сырого белка – на 0,7 %, выход сырого белка – на 0,7 ц/га.

2. Использование отдельных марок микроудобрений АДОБ и их сочетаний является рентабельным. Рентабельность составила 108–224,5 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голуб, И. А. Научные основы формирования высоких урожаев озимых зерновых культур в Беларуси / И. А. Голуб. – Минск, 1996. – 199 с.
2. Кретович, В. Л. Биохимия зерна и хлеба / В. Л. Кретович. – М.: Наука, 1991. – 131 с.
3. Удобрения и качество сельскохозяйственных культур: монография / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 276 с.
4. Пейве, Я. В. Биохимия почв / Я. В. Пейве. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 422 с.
5. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.
6. Митрохина, О. А. Некорневые обработки посевов озимой пшеницы микроэлементами в различные фазы развития / О. А. Митрохина // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 30–31.
7. Баранова, Э. В. Влияние микроэлементов на фотосинтетический потенциал и урожайность яровой пшеницы / Э. В. Баранова // Сборник статей: Междунар. науч. конф. молодых ученых и специалистов, Москва, 23–24 апреля 2009 г. / Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева – Москва, 2009. – С. 8–11.
8. Иодковская, А. А. Влияние медьсодержащих удобрений на качество озимой пшеницы / А. А. Иодковская // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. научн. тр. / УО «ГГАУ»; ред.: В. К. Пестис. – Гродно, 2005. – Т. 4, Ч. 1. – С. 19–23.
9. Коданев, И. М. Повышение качества зерна / И. М. Коданев. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
10. Штотц, Л–П. Современное сельское хозяйство / Л–П Штотц; пер. с нем. – Минск: Эволайн, 2012. – 352 с.

11. Аристархов, А. Н. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур / А. Н. Аристархов, В. П. Толстоусов, А. Ф. Харитонов // *Агрохимия*. – 2010. – № 3. – С. 36–49.
12. Тавровская, О. Л. Применение микроудобрений под зерновые культуры в странах Западной Европы / О. Л. Тавровская // *Химизация сельского хозяйства*. – 1991. – №9. – С. 103–106.
13. Кулинкович, С. Н. Озимая пшеница в вопросах и ответах / С. Н. Кулинкович, В. С. Бобер. – Минск: Наша идея, 2012. – 320 с.
14. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность совместного внесения КАС с микроудобрениями при возделывании озимой пшеницы и тритикале / И. Р. Вильдфлуш, Э. М. Батыршаев // *Почвоведение и агрохимия*. – 2009. – № 1. – С. 206–214.
15. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Белорус. наука, 2007. – 390 с.
16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
17. 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 MICROFERTILITIES OF ADOB ON THE YIELD AND QUALITY OF GRAIN OF WINTER WHEAT ON THE SOD-PODZOLIC HIGH CULTURED LIGHT LOAMY SOIL

N. S. Ivanova

Summary

The article presents the results of research on the effect of various types of microfertilizers ADOB on the yield and quality of winter wheat when cultivated on sod-podzolic highly cultivated light loamy soil. It was established that double foliar top dressing of winter wheat with ADOB microfertilizers contributes to an increase in grain yield by 3,2–5,4 q/ha, gluten content – by 0,6–2,9 %, crude protein content – by 0,7 %, yield crude protein – by 0,7 centners/ha with a profitability of 108,0–224,5 %.

Поступила 05.12.18