

ВЛИЯНИЕ ЖИДКИХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ МЕДИ В РАСТЕНИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

Г.В. Пироговская¹, А.Г. Ганусевич², Е.В. Овчинников²

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость применения микроудобрений обусловлена недостаточным содержанием подвижных форм ряда микроэлементов в почвах Республики Беларусь. Интенсивное применение минеральных удобрений требует необходимого минимум микроэлементов в почве [1].

Пшеница характеризуется высокой отзывчивостью на применение медных и марганцевых микроудобрений. Использование сернокислых солей меди и марганца (при pH более 6,0) в некорневые подкормки является обязательным элементом интенсивной технологии возделывания зерновых культур, что обеспечивает повышение их урожайности и улучшение качества зерна [2].

Общеизвестно, что при недостатке меди у зерновых культур появляется побеление и подсыхание верхушек молодых листьев, растения приобретают светло-зелёную окраску, колошение задерживается. Иногда при сильном медном голодании растения обильно кустятся и часто продолжают образовывать новые побеги после полного засыхания верхушек. Различные сельскохозяйственные культуры обладают неодинаковой чувствительностью к недостатку меди. Растения можно распределить в следующем порядке по убывающей отзывчивости на медь: пшеница, ячмень, овёс, кукуруза. Сортовые особенности зерновых культур в пределах одного и того же вида имеют большое значение и существенно влияют на степень проявления симптомов медной недостаточности. Например, в 16 сортах пшеницы, возделываемой на одной и той же почве, содержание меди изменялось от 5,6 до 16,7 мг/кг сухой массы. Медь участвует в углеводном, белковом обмене в растениях и повышает активность ферментов, синтез белков, углеводов и жиров [3].

Зерновые культуры наиболее чувствительны и к недостатку марганца, особенно озимые и яровые культуры, а также кукуруза и рапс. Признаком недостатка марганца является бурая и серая пятнистость листьев у злаков, в растениях накапливается избыток железа и они заболевают хлорозом. Марганцевая недостаточность обостряется при низкой температуре и высокой влажности. Марганец участвует в обмене веществ, синтезе органических веществ и витаминов, фотосинтезе, принимает участие в важнейших процессах, происходящих в растениях [2, 3, 4].

Известно также, что применение азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных, микроэлементов и регуляторов роста растений или биологически активных веществ положительно сказывается на урожайности и качестве зерна пшеницы [5].

В последние годы в зарубежной [6, 7, 8] и отечественной [9, 10] практике широко используются в сельскохозяйственном производстве азотсодержащие растворы типа КАС, в том числе и медленнодействующие их формы. Опыт применения азотсодержащих растворов типа КАС показывает, что его можно совмещать с микроэлементами, регуляторами роста растений и средствами защиты [11]. Эффективность КАС такая же, как и других видов твёрдых и жидких азотных удобрений. КАС можно применять под все сельскохозяйственные культуры в качестве как основного удобрения, так и в виде подкормок, но наиболее целесообразно их применение под зерновые культуры, в том числе под яровую пшеницу [9].

Микроэлементный состав сельскохозяйственной продукции – важный показатель ее биологической ценности. Отклонения содержания микроэлементов от оптимального в сторону уменьшения или увеличения имеют прямое отношение к проблеме здоровья человека и животных. В этой связи особенно актуально изучение экологических последствий применения микроудобрений на почвах различной степени их обеспеченности, что позволяет оценить степень их накопления основной и побочной продукцией возделываемых сельскохозяйственных культур.

Целью исследований заключалась в оценке влияния жидких азотных удобрений с добавками микроэлементов (меди, или совместно меди и марганца) и биологически активных веществ на накопление микроэлементов в растениях яровой пшеницы сорта Рассвет в период вегетации (кущение, колошение, полная спелость).

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по оценке накопления содержания меди в продукции яровой пшеницы в зависимости от доз и форм жидких азотных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных веществ проводили в 2006-2008 гг. в полевых опытах на дерново-подзолистой суглинистой, развивающейся на легких суглинках, подстилаемых с глубины 0,50-0,55 м мореными суглинками почвы: в 2006 г. – на сортоиспытательном участке УО «ГГАУ» (д. Грандичи), в 2007-2008 гг. – на производственном участке «Лапенки», УО «Путришки» Гродненского района, Гродненской области. Площадь делянок в полевых опытах составляла – 48 м² (2006 г.), 36 м² (2007 г.) и 39 м² (2008 г.), учётная площадь делянок – 35, 25 и 30 м² соответственно, повторность вариантов во все годы исследований была 4-кратная.

Исследования проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокими агрохимическими показателями: рН в КСl в пахотном горизонте – 6,2-6,5, подвижного Р₂О₅ – 305-400 и К₂О – 275-346 мг/кг почвы (по Кирсанову), гумуса – 2,52-2,90%, со средним и высоким содержанием подвижной меди (в 2006 г. – 2,4- 2,5 мг/кг и в 2007-2008 гг. – 3,3-4,1 мг/кг почвы – вытяжка 1,0 М НС1) и низкой обеспеченностью марганцем (содержание марганца в 2006-2008 гг. – 0,71-0,74 мг/кг почвы (вытяжка – 1,0 М КСl), или от 2,6 до 6 мг/кг почвы (вытяжка 0,1 М Н₂SO₄).

В исследованиях при возделывании яровой пшеницы применяли следующие азотные удобрения: КАС стандартный (ст), КАС с добавками микроэлементов (меди, марганца или совместно меди и марганца) и КАС с добавками микроэле-

ментов и регуляторов роста растений («Эпин» или «Гидрогумат»). КАС стандартный вносился в один приём, в дозах – N_{60} и N_{90} (в предпосевную культивацию) и дробно N_{90} (N_{60} – в основное внесение + N_{30} – в стадию первого узла) и N_{120} (N_{90} – в основное внесение + N_{30} – в стадию первого узла); КАС с модифицирующими добавками, соответственно, в один приём (N_{90}) и дробно (N_{60+30}).

С жидкими азотными удобрениями при дозе внесения N_{90} вносилось меди: с КАС с Cu_1 – 0,6 кг/га, КАС с Cu_2 – 1,2 и КАС с Cu_3 – 0,45 кг/га, соответственно марганца с КАС с Mn_1 – 0,3 и КАС с Mn_2 – 0,6 кг/га.

Эффективность жидких азотных удобрений испытывалась на фоне внесения фосфорных (аммонизированный суперфосфат) и калийных (гранулированный хлористый калий) удобрений в дозе $P_{60}K_{120}$.

В опытах высевали среднеспелый сорт яровой пшеницы Рассвет (ГЗНИИХ), репродукция – суперэлита. С 2004 г. сорт является стандартом в Госсортоиспытаниях в Республике Беларусь.

Исследования по изучению действия новых форм азотных удобрений с модифицирующими добавками на накопление меди в растениях яровой пшеницы (в корневых и пожнивных остатках, стеблях, колосьях, соломе и зерне) проводились в фазу кущения (2007-2008 гг.), колошения и полной спелости (2006-2008 гг.).

Закладку и проведение полевых опытов, статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов и использованием программ дисперсионного и корреляционного анализа на ЭВМ [12], анализ почв и растений – по общепринятым методикам [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка эффективности жидких азотных удобрений с модифицирующими добавками проводилась на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в годы с различными погодными условиями. Так, по данным агрометеорологической станции г. Гродно в 2006 г. за вегетационный период возделывания яровой пшеницы (апрель-август) гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,92 до 2,83, июль был очень засушливый (ГТК=0,17), август очень влажный (ГТК=2,83). Сумма активных температур за период вегетации (28.04.-26.08.2006) составила 2230°C. Гидротермический коэффициент в среднем за вегетационный период был равен 1,28.

В 2007 г. погодные условия в апреле, мае и июне несущественно различались с 2006 г., при этом июль был очень влажный, август – засушливый. Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,43 до 2,37, а в среднем за вегетационный период – 1,19, сумма активных температур – 2329,2°C.

Погодные условия 2008 г. различались с 2006 и 2007 гг. Гидротермический коэффициент изменялся в пределах от 0,90 (июнь) до 2,34 (май), а в среднем за апрель-август составил 1,53, сумма активных температур – 2249,8°C.

В результате проведённых исследований на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве не установлено четкой зависимости изменения содержания меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы в зависимости от доз (N_{60} , N_{90} и N_{120} ($90 + 30$) кг/га д.в.) азотного удобрения КАС. При разных уровнях внесения азота в форме КАС стандартного содержание меди в корневых и пожнив-

ных остатках яровой пшеницы изменялось в пределах: в фазу кущения от 2,64 до 2,86 мг/кг, в фазу колошения – от 2,83 до 2,97 и полной спелости – от 2,61 до 2,72 мг/кг (среднее за 2007-2008 гг.), таблица 1.

Таблица 1

**Содержание меди в корневых и пожнивных остатках
яровой пшеницы при внесении
азотного удобрения КАС, 2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)										
	кущение			колошение				полная спелость			
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	200 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*
1. Контроль без удобрений	2,16	3,13	2,64	1,95	2,49	3,16	2,83	1,86	2,21	3,01	2,61
2. N _{10,7} P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	2,10	3,57	2,84	2,02	2,41	3,40	2,91	1,88	2,27	3,13	2,70
3. N ₆₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	2,12	3,60	2,86	2,05	2,49	3,30	2,90	1,93	2,25	3,18	2,72
4. N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	2,16	3,29	2,72	1,97	2,60	3,33	2,97	2,00	2,27	3,16	2,72
5. N ₁₂₀ (90 + 30) КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	2,20	3,33	2,76	-	2,53	3,28	2,91	-	2,24	3,20	2,72
НСП ₀₅	0,18	0,27	0,25	0,11	0,22	0,21	0,24	0,09	0,17	0,13	0,12

* среднее за два года исследований (2007-2008 гг.)

Отмечена тенденция увеличения (2007 г.) или сохранения на одном уровне (2008 г.) содержания меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы от фазы кущения к фазе колошения, и снижение ее содержания к фазе полной спелости.

Результаты исследований показали, что на содержании меди в корневых и пожнивных остатках в большей степени сказывается влияние погодных условий, накопление биомассы и урожайность культуры. Например, биомасса корневых и пожнивных остатков в фазу колошения в зависимости от вариантов опыта изменялась в 2006 г. в пределах от 8,0 до 9,5 ц/га, 2007 г. – от 24,4 до 26,0 и 2008 г. – 27,2-28,7 ц/га, а в фазу полной спелости – 12,6-14,4, 40,0-41,2 и 40,4-44,7 ц/га, соответственно. Урожайность зерна в указанных вариантах в 2006 г. изменялась от 16,7 до 21,4 ц/га, в 2007 г. – от 47,8 до 56,1 и в 2008 г. – 37,9-80,1 ц/га.

Установлено, что при повышении дозы азота с 60 до 90 кг/га д.в. прослеживается незначительная тенденция к увеличению содержания меди (увеличение недостоверное) в зеленой массе (кущение), стеблях (колошение) и колосьях (колошение). При дальнейшем увеличении дозы азота до 120 кг/га д.в. содержание меди во все фазы развития растений яровой пшеницы остается на уровне дозы азота 90 кг/га д.в. (табл. 2).

В процессе вегетации растений яровой пшеницы от фазы кущения до фазы колошения обнаруживается снижение содержания меди в стеблях на 0,80-0,84 (среднее за 2007-2008 гг.) мг/кг в зависимости от вариантов опыта.

Таблица 2

**Содержания меди в растениях яровой пшеницы
(зеленая масса, стебли, колосья)
при внесении азотного удобрения КАС, 2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)										
	кущение (зеленая масса)			колошение (стебли)				колошение (колосья)			
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*
1. Контроль без удобрений	2,71	3,01	2,86	1,76	1,92	2,16	2,04	0,88	1,54	1,77	1,66
2. N _{10,7} P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	2,62	3,04	2,83	1,69	1,95	2,11	2,03	0,82	1,33	1,72	1,53
3. N ₆₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	2,66	3,05	2,85	1,74	1,88	2,15	2,02	0,85	1,55	1,86	1,71
4. N ₉₀ КАС ст+ P ₆₀ K ₁₂₀	2,72	3,08	2,90	1,75	1,92	2,19	2,06	0,91	1,62	1,88	1,75
5. N _{120 (90+30)} КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	2,70	3,08	2,89	-	1,99	2,15	2,07	-	1,60	1,89	1,75
НСР ₀₅	0,11	0,05	0,08	0,05	0,06	0,10	0,11	0,11	0,13	0,14	0,11

* среднее за два года исследований (2007-2008 гг.)

Данные по содержанию меди в соломе и зерне яровой пшеницы при внесении различных доз жидких азотных удобрений КАС представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Содержание меди в соломе и зерне яровой пшеницы
при внесении азотного удобрения КАС,
2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)							
	полная спелость (солома)				полная спелость (зерно)			
	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*	2006 г.	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года*
1. Контроль без удобрений	1,63	2,00	2,00	2,00	1,39	1,55	1,79	1,67
2. N _{10,7} P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	1,66	2,02	2,03	2,03	1,40	1,59	1,95	1,77
3. N ₆₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	1,69	2,11	2,13	2,12	1,44	1,60	1,84	1,72
4. N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	1,68	2,13	2,16	2,15	1,44	1,62	1,88	1,75
5. N _{120 (90 + 30)} КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀	-	2,09	2,11	2,10	-	1,67	1,80	1,74
НСР ₀₅	0,04	0,08	0,09	0,06	0,06	0,06	0,14	0,11

* среднее за два года исследований (2007-2008 гг.)

Не выявлено существенных различий по изменению содержания меди в соломе и зерне яровой пшеницы в зависимости от доз азотного удобрения КАС. Содержание меди в соломе в 2007 и 2008 гг. находилось в близких пределах (2007 г. – от 2,00 до 2,13 и в 2008 г. – 2,00-2,16 мг/кг), а в 2006 г. этот показатель был значительно ниже (от 1,63 до 1,69 мг/кг сухого вещества).

Содержание меди в зерне также в большей степени изменялось в зависимости от года исследований и максимальное ее содержание в зерне отмечалось в 2008 г. В 2006 г. во всех вариантах опыта содержание меди в зерне значительно повышалось (в 1,58-1,71 раз), по сравнению с содержанием меди в колосьях, а в 2007-2008 гг. находилось в близких пределах.

В исследованиях изучалось влияние форм и способов внесения жидких азотных удобрений КАС с добавками микроэлементов и биологически активных веществ (основное – $N_{90} + P_{60}K_{120}$ и дробное – $N_{60+30} + P_{60}K_{120}$) на содержание меди в частях растений яровой пшеницы по фазам вегетации.

В фазу кущения при основном внесении азота N_{90} на фоне $P_{60}K_{120}$ содержание меди в корневых и пожнивных остатках в зависимости от вариантов опыта изменялось в пределах от 2,56 до 2,93 мг/кг (среднее за 2007-2008 гг.), соответственно при дробном внесении азота (N_{60+30}) – от 2,62 до 2,81 мг/кг (табл. 4).

В фазу колошения среднее содержание меди в корневых и пожнивных остатках (в среднем за три года) при основном внесении азота изменялось от 2,50 до 2,70 мг/кг, а при дробном – от 2,47 до 2,61 мг/кг. В целом отмечено при основном внесении азота увеличение содержания меди на 0,01-0,34 мг/кг (по данным 2007-2008 гг.) по отношению к фазе кущения, за исключением варианта со снижением меди на 0,21 мг/кг, где КАС применялся с медью, марганцем и регулятором роста растений «Гидрогумат». При дробном внесении азота во всех вариантах опыта отмечено также увеличение к фазе колошения содержания меди на 0,01-0,21 мг/кг в зависимости от форм вносимых удобрений и снижение (на 0,02 мг/кг) в варианте, где вносился КАС с медью и регулятором роста растений «Гидрогумат».

В фазу полной спелости среднее содержание меди в корневых и пожнивных остатках осталось на уровне фазы колошения и изменялось при основном внесении от 2,39 до 2,60 мг/кг, при дробном внесении азота – от 2,40 до 2,61 мг/кг.

Следует отметить, что новые формы азотных удобрений к фазе полной спелости способствовали увеличению содержания меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы как при основном (2,52-2,60 мг/кг), так и при дробном внесении азота (2,51-2,61 мг/кг), по сравнению с базовым вариантом – КАС стандартный (2,46 и 2,40 мг/кг). При этом максимальное накопление меди в корневых остатках как при основном, так и дробном внесении азота наблюдалось при внесении КАС с Cu_1 (2,60 и 2,55 мг/кг) и КАС с Cu_1 и регулятором роста растений «Эпин» (2,56 и 2,61 мг/кг).

В таблице 5 приведены данные о влиянии различных форм КАС с модифицирующими добавками на содержание меди в растениях яровой пшеницы по фазам развития, при основной и дробной форме внесения азота.

При основном внесении азота в фазу кущения в базовом варианте средний показатель содержания меди в зеленой массе был равен 2,87 мг/кг. Характерно, что во всех других вариантах с новыми формами жидких азотных удобрений содержание меди было примерно на уровне базового варианта.

Таблица 4

Влияние КАС с модифицирующими добавками на содержание меди в корневых и пожнивных остатках яровой пшеницы, 2006-2008 гг.

Варианты	Содержание Cu, мг/кг																				
	Основное внесение азота						Дробное внесение азота														
	кущение		полная спелость		кущение		полная спелость		кущение		полная спелость										
	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.				
Контроль без удобрений	2,16	3,13	2,64	2,49	3,16	2,53	2,21	3,01	2,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
N ₁₀₇ , P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	2,10	3,24	2,67	2,41	3,40	2,61	2,27	3,13	2,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
N ₉₀ (КАС ст) + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки Cu и Mn – базовый вариант	2,15	3,26	2,70	2,44	3,25	2,56	2,29	3,18	2,46	2,13	3,14	2,62	1,88	2,34	3,20	2,47	1,90	2,40			
Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₁ + P ₆₀ K ₁₂₀	2,03	3,10	2,56	2,05	3,25	2,59	2,06	3,33	2,60	2,23	3,17	2,70	2,02	2,39	3,42	2,61	2,09	2,30	2,55		
Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ + регулятор роста растений "гидроумат" + P ₆₀ K ₁₂₀	2,22	3,19	2,70	2,03	3,16	2,53	2,00	3,16	2,52	2,20	3,30	2,75	2,11	2,20	3,25	2,52	2,05	2,27	2,51		
Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ + Mn ₁ + P ₆₀ K ₁₂₀	2,17	3,15	2,66	2,09	3,30	2,70	2,03	3,22	2,54	2,16	3,33	2,74	2,06	2,34	3,33	2,57	2,08	2,41	2,36	2,55	
Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ + Mn ₁ + регулятор роста растений "гидроумат" + P ₆₀ K ₁₂₀	2,26	3,60	2,93	2,08	3,12	2,50	2,09	3,16	2,54	2,24	3,21	2,72	2,00	2,37	3,20	2,52	2,10	2,43	2,30	2,52	
Фон + N ₉₀ КАС с Mn ₁ + P ₆₀ K ₁₂₀	2,33	3,22	2,77	2,40	3,16	-	-	3,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ и регулятор роста растений "Эпин" + P ₆₀ K ₁₂₀	2,21	3,17	2,69	2,13	3,21	2,59	2,06	3,28	2,56	2,26	3,36	2,81	2,03	2,40	3,24	2,55	2,14	2,40	2,30	2,61	
Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ + Mn ₁ + регулятор роста растений "Эпин" + P ₆₀ K ₁₂₀	2,19	3,28	2,72	2,05	3,17	2,52	2,11	3,15	2,54	2,17	3,34	2,75	2,10	2,41	3,27	2,59	2,09	2,38	2,30	2,55	
НСР ₀₅	0,15	0,19	0,22	0,10	0,06	0,16	0,12	0,17	0,11	0,14	0,13	0,16	0,11	0,15	0,20	0,17	0,13	0,11	0,10	0,10	0,19

Таблица 5

**Влияние КАС с модифицирующими добавками на содержание меди в растениях
(зеленая масса, стебли, солома) яровой пшеницы, 2006-2008 гг.**

Варианты	Содержание Cu, мг/кг													
	Основное внесение азота						Дробное внесение азота							
	кущение (зеленая масса)		колошение (стебли)		полная спелость (солома)		кущение (зеленая масса)		колошение (стебли)		полная спелость (солома)			
2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2007 г.	2008 г.	2007 г.	2008 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	
Контроль без удобрений	2,71	3,01	2,86	1,76	1,92	1,94	1,87	2,00	1,87	-	-	-	-	-
$N_{107} P_{60} K_{120}$ (фон)	2,62	3,04	2,83	1,69	1,95	1,91	1,90	2,03	1,90	-	-	-	-	-
$-N_{90}$ (КАС ст) + $P_{60} K_{120}$ + некорневые подкормки Cu и Mn – базовый вариант	2,75	3,00	2,87	1,63	1,93	1,93	1,88	2,00	2,80	1,65	1,91	2,20	1,92	1,85
Фон + N_{90} КАС с Cu_1 + $P_{60} K_{120}$	2,66	3,08	2,87	1,74	1,89	1,90	1,89	2,13	2,84	1,81	1,97	2,20	1,99	1,94
Фон + N_{90} КАС с Cu_3 + регулятор роста растений "гидроумат" + $P_{60} K_{120}$	2,72	3,01	2,86	1,77	1,88	1,94	1,89	2,11	2,87	1,79	2,00	2,16	1,98	1,93
Фон + N_{90} КАС с $Cu_3 + Mn_1$ + $P_{60} K_{120}$	2,74	3,05	2,89	1,80	1,95	1,96	1,92	2,16	2,89	1,75	2,02	2,22	1,99	1,94
Фон + N_{90} КАС с $Cu_3 + Mn_1$ + регулятор роста растений "гидроумат" + $P_{60} K_{120}$	2,81	3,03	2,92	1,86	1,97	2,00	1,94	2,18	2,84	1,83	1,96	2,19	1,99	1,89
Фон + N_{90} КАС с Mn_1 + $P_{60} K_{120}$	2,35	3,04	2,69	-	1,99	2,21	-	1,94	-	-	-	-	-	-
Фон + N_{90} КАС с Cu_3 и регулятор роста растений "Эпин" + $P_{60} K_{120}$	2,58	3,04	2,81	1,82	2,00	2,20	1,95	2,20	2,78	1,89	1,93	2,20	2,00	1,91
Фон + N_{90} КАС с $Cu_3 + Mn_1$ + регулятор роста растений "Эпин" + $P_{60} K_{120}$	2,66	2,99	2,82	1,76	1,93	2,14	1,95	2,14	2,80	1,80	1,95	2,22	1,99	1,95
НСР ₀₅	0,10	0,11	0,22	0,12	0,11	0,15	0,14	0,11	0,21	0,08	0,08	0,09	0,08	0,10

В фазу колошения в стеблях и фазу полной спелости в соломе содержание меди в вариантах с использованием жидких азотных удобрений с модифицирующими добавками было выше, чем в базовых вариантах. Более высокое содержание меди в соломе при основном внесении азота было в вариантах с внесением КАС с медью и регулятором роста растений «Эпин» (1,95 мг/кг) и КАС с медью, марганцем и регулятором роста растений Гидрогумат или Эпин (1,94-1,95 мг/кг), при ее наличии в базовом варианте 1,88 мг/кг. Аналогичные закономерности по содержанию меди в зеленой массе, стеблях и соломе в зависимости от форм вносимых жидких азотных удобрений с модифицирующими добавками, наблюдались и при дробном внесении азота. Наибольшее содержание меди в соломе было отмечено в вариантах, где КАС применялся с медью, или медью и марганцем (1,94 мг/кг) и КАС с медью марганцем и регулятором роста растений «Эпин» (1,95 мг/кг), табл. 5.

Сравнительная оценка содержания меди в растениях яровой пшеницы на одном уровне минерального питания при разных способах внесения азотных удобрений свидетельствует, что значительное снижение содержания меди в растениях яровой пшеницы происходит от фазы кущения к фазе полной спелости.

Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют, что при основном внесении азота N_{90} кг/га д.в. в вариантах с новыми формами азотных удобрений с модифицирующими добавками содержание меди в колосьях выше на 0,05-0,11 мг/кг, а в зерне – на 0,01-0,08 мг/кг, чем в базовом варианте (вар.3).



Рис. 1. Содержание меди в колосьях (колошение) и зерне (полная спелость) яровой пшеницы при основном внесении азота, мг/кг (сухое вещество), 2006-2008 гг.

- 1 – Контроль без удобрений
- 3 – Фон + N_{90} (кас ст) + некорневые подкормки Cu и Mn
- 4 – Фон + N_{90} КАС с Cu1
- 5 – Фон + N_{90} КАС с Cu3+ регулятор роста растений Гидрогумат
- 6 – Фон + N_{90} КАС с Cu3+Mn1
- 7 – Фон + N_{90} КАС с Cu3+Mn1 + регулятор роста растений Гидрогумат
- 9 – Фон + N_{90} КАС с Cu3 и регулятор роста растений Эпин
- 10 – Фон + N_{90} КАС с Cu3+Mn1 + регулятор роста растений Эпин

Аналогичная тенденция наблюдалась и при дробном внесении азота N_{60+30} кг/га д.в. Это свидетельствует о том, что в процессе созревания пшеницы идёт накопление меди в колосьях и зерне. Максимальное накопление меди в зерне яровой пшеницы отмечено в вариантах с внесением КАС с Cu_1+Mn_1 (вар.6) и КАС с микроэлементами и регуляторами роста растений «Гидрогумат» или «Эпин» (вар. 5, 7, 9, 10).

Так как яровая пшеница возделывалась на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокой обеспеченностью медью и низкой обеспеченностью марганцем, то нами оценивалась возможность использования соломы на корм животных, а зерна – на продовольственные цели.

Существуют различные мнения относительно фоновых (нормальных) концентраций элементов в растениеводческой продукции. Например, согласно N.E. Bassaw и A. Thorman (цит. по В.Г. Минееву [14]), нормальным содержанием меди в продукции считают от 2 до 12 мг/кг сухого вещества со средним выносом растениями в год от 30 до 150 г/га; по С. Мэлстэду (цит. по В.Б. Ильину [15]) – нормальное содержание меди (для разных растений) – 3-40, предположительно максимальное – 150 мг/кг сухого веществ; по А. Котиньи (цит. по В.Б. Ильину [15]) – содержание меди для трав (райграс) дефицитное – меньше 5, нормальное – 6-15, и токсичное – больше 20 мг/кг сухого вещества. В Республике Беларусь оценка качества растениеводческой продукции, в том числе по меди, проводится по существующим нормативам их содержания в продукции разного целевого назначения. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) по меди в кормах для сельскохозяйственных животных составляет в зерне и зернофураже – 30, в грубых и сочных кормах – 30 мг/кг корма. Оптимальное содержание меди в кормах составляет 5-12 мг/кг сухой массы [16].

Нормы содержания меди в продуктах питания более жесткие, чем в кормах и, согласно медико-биологическим требованиям СанПиН 11 – 63 РБ-98, зерно, в т.ч. пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, кукуруза, рис, сорго, на продовольственные цели должно содержать не более 10 мг/кг меди (допустимый уровень) [17].

Данные таблицы 6 свидетельствуют, что содержание меди в корневых и пожнивных остатках самое высокое, по сравнению с ее содержанием в соломе и зерне яровой пшеницы. Это свидетельствует о том, что корневые остатки являются биологическим барьером для снижения фитотоксичности меди.

Содержание меди в зерне яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокой обеспеченностью медью, во всех вариантах с удобрениями, не превышало 2 мг/кг при допустимом уровне не более 10 мг/кг, в соломе – не более 2, т.е. не превышает допустимых значений. Следовательно, данное зерно может использоваться для продовольственных целей, а также в качестве корма для животных.

В последние годы особенно важное значение в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур приобретает применение хелатных соединений микроэлементов и жидких комплексных удобрений с хелатными формами микроэлементов при некорневых подкормках растений по вегетации.

Влияние жидких комплексных удобрений ($N:P:K = 8:4:9$ Cu и Mn в хелатной форме), а также хелатов Fe в чистом виде на содержание меди в корневых и пожнивных остатках, зеленой массе, стеблях и соломе, колосьях и зерне представлено в таблице 7.

Таблица 6

Содержание меди и марганца в растениях яровой пшеницы сорта Рассвет в фазу полной спелости, (мг/кг, среднее за 2006-2008 гг.)

Показатели	Контроль без удобрений	N ₉₀ (КАС) + P ₆₀ K ₁₂₀ (фон) - базовый вариант*	Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₁	Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₂	Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ и Гидргумат	Фон + N ₉₀ КАС с КАС с Cu ₃ и Эпин	Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ +Mn ₁	Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ +Mn ₁ и Гидрогумат	Фон + N ₉₀ КАС с Cu ₃ +Mn ₁ и Эпин
Урожайность (сухое вещество), ц/га									
Корневые и пожнив-ные остатки	31,3	32,5	34,0	35,3	33,5	34,0	34,1	33,6	34,0
солома	40,9	48,5	48,6	46,4	46,4	55,5	48,7	49,3	49,8
зерно	29,3	43,9	45,0	43,3	48,0	46,8	46,1	49,4	49,1
Содержание меди, мг/кг									
корневые и пожнив-ные остатки									
Cu	2,39	2,46	2,60	2,63	2,52	2,56	2,54	2,54	2,54
	солома								
	1,87	1,88	1,89	1,92	1,89	1,95	1,92	1,94	1,95
	зерно								
	1,57	1,55	1,56	1,65	1,59	1,61	1,63	1,63	1,60

Таблица 7

Влияние различных форм ЖКУ на содержание меди в различных частях растений яровой пшеницы, 2007-2008 гг.

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)								
	кущение			колошение			Полная спелость		
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года
корневые и пожнив-ные остатки									
Контроль без удобрений	2,16	3,13	2,65	2,49	3,16	2,83	2,21	3,01	2,61
N ₉₀ (КАС ст) + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки Cu и Mn* - базовый вариант	2,15	3,26	2,71	2,44	3,25	2,85	2,29	3,18	2,74
N ₉₀ (КАС ст) + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки ЖКУ, 3 л/га	2,20	3,20	2,70	2,50	3,33	2,92	2,26	3,10	2,68
N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки ЖКУ, 6 л/га	2,20	3,23	2,72	2,57	3,39	2,98	2,25	3,17	2,71
N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки хелатом Fe, 3 л/га	2,22	3,19	2,71	2,61	3,43	3,02	2,28	3,20	2,74
HCP ₀₅	0,05	0,08	0,11	0,09	0,08	0,13	0,05	0,08	0,10

Варианты	Содержание Cu, мг/кг (сухое вещество)								
	кущение			колошение			Полная спелость		
	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года	2007 г.	2008 г.	среднее за 2 года
	зеленая масса			стебли			солома		
Контроль без удобрений	2,71	3,01	2,86	1,92	2,16	2,04	2,00	2,00	2,00
N ₉₀ (КАС ст) + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки Cu и Mn* – базовый вариант	2,75	3,00	2,88	1,93	2,24	2,09	1,97	2,00	1,99
N ₉₀ (КАС ст) + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки ЖКУ, 3 л/га	2,68	3,08	2,88	1,96	2,19	2,08	2,10	2,08	2,09
N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки ЖКУ, 6 л/га	2,72	3,11	2,92	1,94	2,20	2,07	2,13	2,06	2,10
N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки хелатом Fe, 3 л/га	2,75	3,06	2,91	1,97	2,17	2,07	2,11	2,12	2,12
HCP ₀₅	0,03	0,05	0,13	0,05	0,03	0,08	0,03	0,07	0,08
				колосья			зерно		
Контроль без удобрений	-	-	-	1,54	1,87	1,71	1,55	1,79	1,67
N ₉₀ (КАС ст) + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки Cu и Mn* – базовый вариант	-	-	-	1,58	1,81	1,70	1,51	1,80	1,66
N ₉₀ (КАС ст) + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки ЖКУ, 3 л/га	-	-	-	1,55	1,92	1,74	1,60	1,90	1,75
N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки ЖКУ, 6 л/га	-	-	-	1,62	1,90	1,76	1,58	1,94	1,76
N ₉₀ КАС ст + P ₆₀ K ₁₂₀ + некорневые подкормки хелатом Fe, 3 л/га	-	-	-	1,60	1,89	1,75	1,56	1,85	1,71
HCP ₀₅				0,06	0,05	0,10	0,03	0,06	0,08

Примечание: * – 200 г/га сульфата меди и 220 г/га – сульфата марганца.

Анализ данных таблицы 7 показывает, что содержание меди в корневых и пожнивных остатках, а также в зеленой массе растений в фазу кущения находится примерно на одинаковом уровне во всех вариантах. После проведения некорневой подкормки в фазу первого узла растений яровой пшеницы жидкими комплексными удобрениями или хелатами железа в чистом виде содержание меди к фазе колошения увеличивается в корневых и пожнивных остатках, а также в колосьях в вариантах с внесением 3-6 л/га ЖКУ и 3 л/га хелата железа. В фазу полной спелости эти удобрения не оказали влияние на изменение содержания меди в корневых и пожнивных остатках и увеличили ее содержание в соломе и зерне яровой пшеницы по сравнению с вариантом, где применялись некорневые подкормки микроэлементами в форме сульфатов.

Приведенные данные по анализу роли влияния доз, форм жидких азотных удобрений, ЖКУ и хелатов на содержание меди в различных частях растений

яровой пшеницы по фазам развития (кущение, колошение и полная спелость) позволяют сделать следующие выводы.

ВЫВОДЫ

1. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия, средней и высокой обеспеченностью подвижной формой меди и низкой обеспеченностью марганцем увеличение доз жидкого азотного удобрения КАС с N_{60} до N_{120} кг/га д.в. не оказывало существенного влияния на изменение содержания меди в корневых и пожнивных остатках в период вегетации яровой пшеницы. Отмечено незначительное увеличение содержания меди в зеленой массе (кущение), стеблях и колосьях (колошение), соломе и зерне (полная спелость) при дозе N_{90} , по сравнению с N_{60} , а при дозе N_{120} эти показатели оставались на уровне внесения азота в дозе N_{90} .

2. Применение жидкого азотного удобрения КАС с добавками микроэлементов (меди и марганца) и регуляторов роста растений способствовало как при основном, так и дробном внесении азота на фоне $P_{60}K_{120}$ увеличению содержания меди к фазе полной спелости яровой пшеницы в корневых и пожнивных остатках (на 0,06-0,14 (основное внесение азота) – 0,11-0,20 мг/кг – дробное), к фазе колошения и полной спелости – повышению содержания меди в стеблях, соломе, колосьях (на 0,05-0,11 мг/кг) и зерне (на 0,01-0,08 мг/кг), по сравнению с базовым вариантом (КАС стандартный с некорневыми подкормками сульфатом меди и сульфатом марганца). Максимальное накопление меди в зерне яровой пшеницы отмечено в вариантах с внесением КАС с Cu и Mn и КАС с Cu, Mn и регуляторами роста растений «Гидрогумат» или «Эпин».

3. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с высокой обеспеченностью медью при внесении КАС с добавками меди, меди и марганца, или меди, марганца и регуляторов роста растений в дозе N_{90} кг/га д.в. (с которой вносились от 0,45 до 1,20 кг/га меди) не выявлено превышения содержания меди в соломе и зерне яровой пшеницы выше допустимых уровней.

4. Применение жидких комплексных удобрений (ЖКУ) с хелатными формами микроэлементов (N:P:K = 8:4:9 с Cu и Mn в хелатной форме) и хелатов Fe в фазу первого узла яровой пшеницы обеспечивало увеличение содержания меди к фазе колошения в корневых и пожнивных остатках на 0,07-0,17 мг/кг (2,5-6,0%), в колосьях – на 0,04-0,06 мг/кг (2,4-3,5%) и зерне – на 0,05-0,10 мг/кг (3,0-6,0%), по сравнению с вариантом, где некорневые подкормки проводились в форме сульфатов микроэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микроэлементный состав растениеводческой продукции Беларуси и его качественная оценка / И.Р.Вильдфлуш [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – №4. – С.23-24.

2. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / М.В. Рак [и др.]. – Минск, 2006. – 26 с.

3. Анспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Анспок – 2-е издание; перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

4. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А.Кабата-Пендиас, А.Х.Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 376 с.
5. Вакуленко, В.В. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве / В.В Вакуленко, О.А. Шаповал // Плодородие. – 2001. – №2. – С. 23-26.
6. Mutinsky, J. Karalna hnojiva s pozvolne pusobicim busikem / J. Mutinsky, J. Svehla // Agrochemia. Bratislava.- 1986. – Т. 26 . – №3. – S. 71-74.
7. Kranz, P. Ausnutzung von Ammonium-Deport durch Gemusekulturen / P. Kranz, F. Lenz // Forshungsber / Rheinische Fridrich-Wilhelms-Univ. Landwirtschaftliche Fak. Bonn, 1991. – Н. 1. – S. 132-139.
8. Lamon, G.P. Nutritional Studies of Christmas Bell / G.P. Lamont, G.C. Gresswell, G.J. Griffith // Hort-Science. – 1990 – Vol. 25, №11. – P. 1401-1402.
9. Безлюдный, Н.Н. Применение нового азотного удобрения КАС на посевах зерновых колосовых культур: рекомендации / Н.Н. Безлюдный [и др.] – Минск: Ураджай, 1990. – 16 с.
10. Применение карбамид-аммиачной смеси под основные сельскохозяйственные культуры: рекомендации / Ф.Н. Леонов [и др.]. – Минск, 2004. – 12 с.
11. Вильдфлуш, И.Р. Эффективность комплексного применения жидкого азотного удобрения и средств защиты растений на дерново-подзолистой почве / И.Р. Вильдфлуш // Агрохимия. – 2005. – № 6. – С. 34-36.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
13. Агрохимические методы исследования почв. М., Наука, 1975. – 656 с.
14. Минеев, В.Г. Агрохимия и биосфера / В.Г. Минеев. – М.: Колос, 1984. – 245 с.
15. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 132 с.
16. Антонов, Б.И. Лабораторные исследования в ветеринарии. Химико-токсикологические методы / Б.И. Антонов. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 303 с.
17. Гигиенические требования к качеству безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов // 2.3.5. Продовольственное сырье и пищевые продукты: Санитарные правила и нормы СанПиН 11-63 РБ-98. – Мн., 2000. – 218 с.

THE INFLUENCE OF LIQUID NITROGEN FERTILIZERS ON CUPPER ACCUMULATION IN SPRING WHEAT PLANTS ON LUVISOL SANDY LOAM SOIL

H.V. Pirahouskaya, A.G. Ganusevich, E.B. Ovchinnikov

Summary

The influence of doses and forms of liquid N-fertilizers amended by microelements (Cu and Mn) and biologically active substances applied both by basal and partial fertilizing as well as liquid complex fertilizers containing the chelate forms of microelements (including Fe) applied by foliar nutrition on the transfer of Cu in the spring wheat plants (cultivar Rassvet) under tillering, earing, ripeness was considered in the paper.

Поступила 9 октября 2009 г.