

УДК 633.11:631.813:581.1

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ КАРБАМИДО-АММИАЧНОЙ СМЕСИ И МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ЗЕРНОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ

© 2017 г. О. С. Капитанская, О. О. Стасик,
Г. А. Прядкина, В. П. Оксем

*Институт физиологии растений и генетики
Национальной академии наук Украины
(Киев, Украина)*

В полевых экспериментах исследовали совместное влияние карбамидо-аммиачной смеси (КАС) и комплекса микроэлементов, хелатированных карбоновыми кислотами, при подкормке посевов по вегетации в фазе выхода в трубку на формирование фотосинтетического аппарата, продукционный процесс и урожайность озимой и яровой пшеницы. Для сравнения использовали вариант с фоновым питанием (контроль), вариант с подкормкой аммиачной селитрой и вариант с подкормкой КАС без микроэлементов. Установлено, что применение КАС в качестве азотной подкормки вместе с комплексом карбоксилатов микроэлементов способствовало сохранению большего количества продуктивных стеблей и лучшему развитию фотосинтетического аппарата посева. Отмечено повышение содержания хлорофилла в листьях, увеличение хлорофилльных индексов посевов в фазы цветения и молочно-восковой спелости зерна, а также хлорофилльного потенциала посева по сравнению с вариантом с фоновым питанием и вариантом с подкормкой аммиачной селитрой, однако различия с подкормкой КАС без микроэлементов были менее выраженными и зависели от сорта. Совместное применение КАС с комплексом микроэлементов повышало урожайность, как озимых, так и ярового сортов пшеницы по сравнению со всеми остальными вариантами и, тем самым, эффективность использования азота при внекорневой подкормке КАС.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, озимая и яровая пшеница, фотосинтез, карбамидо-аммиачная смесь, карбоксилаты микроэлементов, внекорневая подкормка

Пшеница – важнейшая сельскохозяйственная культура, составляющая пятую часть пищевого рациона человечества (Моргун, Прядкина, 2014). Одним из основных условий получения высоких урожаев пшеницы, наиболее полной реализации генетического потенциала продуктивности современных высокоинтенсивных сортов, является обеспечение растений необходимым и сбалансированным количеством макро- и микроэлементов (Моргун и др., 2010). В связи с ростом цен на энергоносители и удобрения, ухудшением режима питания растений, обусловленным изменениями климатических и эдафических условий, особо акту-

альными становятся вопросы улучшения эффективности минерального питания растений.

Для озимой пшеницы важным компонентом интенсивных технологий получения высоких урожаев является разделение дозы азотных удобрений и внесение основной их части в период весенней вегетации (Моргун та ін., 2015). Недостаток азота в период вегетативного роста угнетает ростовые процессы и формирование фотосинтетического аппарата растений, что, в свою очередь, ограничивает образование и развитие органов плодоношения и ведет к снижению урожая и уменьшению количества белка в зерне (Коць та ін., 2009; Barraclough et al., 2010).

Эффективным приемом обеспечения растений азотом в течение вегетации в современных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур считают использование жид-

Адрес для корреспонденции: Стасик Олег Остапович, Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, ул. Васильковская, 31/17, Киев, 03022, Украина;
e-mail: ostasik2@gmail.com

ких азотных удобрений, в частности карбамидо-аммиачных смесей (КАС) (Пасічник та ін., 2013; Завалин и др., 2014). Наличие трех форм азота – аммонийной, нитратной и амидной – обуславливает пролонгированный эффект усвоения азота растениями, поскольку каждая из указанных форм имеет свои особенности поведения в почве, доступности и усвоения. Потери азота при внесении КАС не превышают 10% от общего азота, в то время как при внесении гранулированных азотных удобрений в почву они достигают 30-40%.

Кроме того, КАС, как жидкие удобрения, удобно и эффективно вносить вместе с микроэлементами (Вильдфлуш и др., 1999; Yassen et al., 2010; Fernández et al., 2013). Современные высокопродуктивные сорта пшеницы требуют повышенных норм удобрений, но они также чувствительны к недостатку микроэлементов (Моргун та ін., 2015). Микроудобрения можно рассматривать как еще один важный фактор повышения продуктивности растений, способствующий активизации метаболических процессов в растении (Khoshgoftarmanesh et al., 2010). Микроэлементы являются кофакторами многих ферментов и участвуют в катализе окислительно-восстановительных реакций, они необходимы для протекания процессов фотосинтеза и дыхания, метаболизма макроэлементов, синтеза хлорофилла и других физиологически важных веществ (Коць та ін., 2009; Битюцкий, 2011; Pospisil, 2014).

Одновременное внесение азотных удобрений и микроэлементов способствует лучшему усвоению азота, активизации физиологических процессов и формированию высокой продуктивности посевов (Seadh et al., 2009). Кроме того, жидкая форма КАС является удобной для смешивания с микроудобрениями, а совмещение операций по внесению позволяет оптимизировать питание растений и снизить количество проходов техники по посевам и тем самым повысить экономическую эффективность от применяемых удобрений. Совместное внесение азотных удобрений с микроэлементами улучшает качество продукции, увеличивая содержание необходимых человеку микроэлементов (Aciksoz et al., 2011).

Наиболее эффективной формой микроудобрений считают хелатную (Moran, 2004; Битюцкий, 2011; Гуральчук та ін., 2011). В качестве хелатирующих лигандов могут использоваться как синтетические органические соединения (ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная, ЭДДЯ – этилендиаминдиянтарная кислоты),

так и природные, в том числе метаболиты, например, аминок- и карбоновые кислоты. Внекорневые подкормки хелатными комплексами микроэлементов находят все более широкое применение в агропроизводстве, поскольку имеют высокую экономическую эффективность вследствие улучшенной диффузии внутрь листа. Кроме того, внекорневое внесение микроэлементов не требует высоких норм применения и лишено такого недостатка как токсичность, характерного для солевых форм микроудобрений (Fernández et al., 2013).

Недавно разработан способ получения комплексных микроудобрений на основе карбоксилатов природных кислот с использованием методов нанотехнологий (Косінов, Каплушенко, 2009). Карбоксилаты металлов, полученные таким методом, характеризуются высокой химической чистотой, эффективностью поглощения и усвоения растительными клетками, не токсичны для растений, поскольку являются природными метаболитами растений. Данные комплексы имеют в своем составе наиболее важные для растительного метаболизма микроэлементы: цинк, магний, марганец, железо, медь, кобальт и молибден, хелатированные природными карбоновыми кислотами.

Нами показано, что опрыскивание посевов пшеницы микроэлементным комплексом, хелатированным природными карбоновыми кислотами, существенно повышает зерновую продуктивность озимой пшеницы (Соколовська-Сергієнко та ін., 2015).

Целью данной работы было изучение влияния совместного применения карбамидо-аммиачной смеси и комплекса карбоксилатов микроэлементов для подкормки посевов по вегетации на формирование фотосинтетического аппарата, продукционный процесс и урожайность озимой и яровой пшеницы. Для сравнения кроме фонового питания использовали опытный вариант с подкормкой аммиачной селитрой.

МЕТОДИКА

Исследования с тремя сортами мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) селекции Института физиологии растений и генетики НАН Украины и Мироновского Института им. В.М. Ремесло проводили в полевых экспериментах (пгт. Глеваха, Киевская область). Посев озимой пшеницы сортов Богдана и Дарунок Подиля проведен 20 сентября 2014 г., яровой – сорта Зимоярка – 10 апреля 2015 г., норма высева – 250 кг семян на гектар. Площадь учет-

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ КАРБАМИДО-АММИАЧНОЙ СМЕСИ

Таблица 1. Среднедекадные значения гидротермического коэффициента Селянинова в период репродуктивного развития пшеницы

Период	Май	Июнь	Июль
1-я декада	2,8	0	0,1
2-я декада	2,2	0,1	0,8
3-я декада	0,2	0,7	1,0

ных участков – 5 га. Почвы – дерново-подзолистые, суглинистые. Агротехника - общепринятая для посевов озимой пшеницы в лесостепной агроклиматической зоне. Растения выращивали на фоновом питании (контроль): 5 т/га куриного помета в основное внесение под вспашку и на посевах озимых сортов в фазе кушения при возобновлении вегетации весной (код по Международной классификации фаз развития пшеницы ВВСН 29) 100 кг/га аммиачной селитры (N₃₄).

В опытных вариантах растения дополнительно подкармливали в фазе выхода в трубку (ВВСН 32; 04.05.2015) аммиачной селитрой (N₃₅), КАС (N₃₅) и смесью КАС (N₃₅) с микроэлементным комплексом (МК) (100 мл/га). В состав МК, созданного с помощью нанотехнологических методов, входили 7 биогенных металлов (цинк, магний, марганец, железо, кобальт, бор и молибден) с лимонной кислотой в качестве хелатирующего лиганда (ООО «Аватар», Украина). Внесение КАС и смеси КАС с микроэлементным комплексом проводили путем опрыскивания растений в два приема: 4 апреля и 7 апреля 2015 по 50 л КАС (или КАС + МК) в растворе с 250 л воды на гектар. Опрыскивание проводили с 18 до 21 ч, в условиях переменной облачности, в отсутствие осадков, при температуре воздуха 13-16°C.

Определения густоты стояния растений в посевах пшеницы, а также фитометрических и биохимических показателей были проведены в два срока: начало фазы цветения (ВВСН 61-65) и в фазе молочно-восковой спелости зерна (ВВСН 75). Количество побегов, отбираемых в 4-кратной повторности из растений, растущих подряд, для морфометрических и биохимических определений составляло 20 (по пять в каждой повторности). Анализ структуры урожая проводили на 25 растениях для каждого из сортов. Гидротермический коэффициент рассчитывали по Г.Т. Селянинову (1937).

Определение содержания хлорофилла проводили по методике А.Р. Wellburn (Wellburn, 1994) экстракцией пигментов из листьев диметилсульфоксидом с последующим

определением коэффициентов поглощения полученных растворов на спектрофотометре СФ-26 («ЛЮМО», Россия). Показатели фотосинтетического аппарата посева, характеризующие мощность его развития, определяли по Ю.Е. Андриановой и И.А. Тарчевскому (2000). Хлорофилльный индекс (ХлИ) посева в отдельные фазы развития рассчитывали как произведение содержания хлорофилла в средней пробе листьев на их массу и количество побегов на 1 м². Хлорофилльный фотосинтетический потенциал (ХлФП) вычисляли как сумму хлорофилльных индексов за период цветения – молочно-восковая спелость зерна.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ Microsoft Excel по оценке существенности различий выборочных средних по t-критерию Стьюдента, корреляционный анализ – по стандартной методике (Доспехов, 1973), существенность тесноты корреляций оценивали по критерию Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Достаточно высокое увлажнение почвы и умеренные температуры, превышающие многолетнюю норму, в зимний период и ранней весной обеспечили хорошую перезимовку озимых посевов и активное возобновление вегетации. Это способствовало формированию хороших посевов с достаточной плотностью побегов. Определенное негативное влияние на рост и развитие растений озимой пшеницы и формирование всходов яровой имел засушливый период в апреле. Однако, он был компенсирован благоприятными условиями мая с близкой к средней климатической температурой воздуха и большим количеством осадков. Вместе с тем, в июне и июле, в период формирования и налива зерна, количество осадков было значительно ниже климатической нормы (18 и 62%, соответственно), а средние температуры воздуха, наоборот, превышали ее (на 1,9 и 1,3°C). Гидротермический коэффициент Селянинова, который характеризует естественное обеспечение территории влагой, в первые две декады мая более чем в два раза превышал оптимальное значение (1,0), но в третьей декаде мая, а также

Таблица 2. Густота продуктивного стеблестоя (побегов/м²) в посевах пшеницы при разных формах подкормок азотом

Вариант	Богдана		Дарунок Подилля		Зимоярка	
	Начало цветения (26.05.15)	Молочно-восковая спелость (23.06.15)	Начало цветения (06.06.15)	Молочно-восковая спелость (03.07.15)	Начало цветения (17.06.15)	Молочно-восковая спелость (09.07.15)
Контроль	667±67	489±30	823±67	834±11	600±44	578±22
Селитра	700±33	623±44a	889±67	889±67	634±33	611±77
КАС	834±33a	745±55a	967±78	912±44a	667±67	656±33a
КАС + МК	789±78	811±11a	967±33a	934±89a	678±11a	667±59a

Примечание. Различия достоверны при $P \geq 0,05$: а – с контролем, b – между вариантами КАС и КАС+МК.

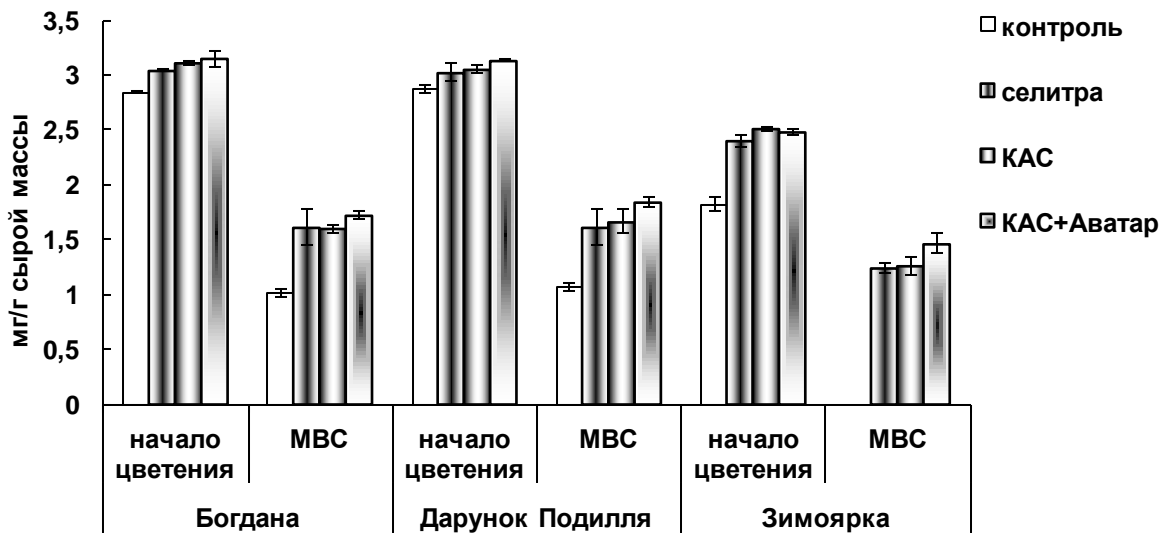


Рис. 1. Влияние разных форм подкормок азотом на содержание хлорофилла (мг/г сырой массы) в листьях пшеницы.

в течение июня и в начале июля был гораздо ниже него (табл. 1). Это свидетельствует о недостаточной обеспеченности влагой в указанный период и вероятном влиянии засухи на продукционный процесс и урожайность пшеницы.

В начале фазы цветения количество продуктивных, несущих колос, стеблей на 1 м² посева у сорта Богдана достоверно превышало контроль в варианте с внесением КАС, а у сортов Дарунок Подилля и Зимоярка – в варианте с совместным внесением КАС и микроэлементов (табл. 2). В фазе молочно-восковой спелости зерна количество продуктивных побегов в посевах, как правило, уменьшалось во всех вариантах, однако в вариантах с внесением КАС и КАС + МК оно оставалось достоверно выше, чем в контроле у всех трех сортов. То есть,

применение в качестве азотной подкормки КАС и КАС в комплексе с карбоксилатами микроэлементов способствовало сохранению большего количества продуктивных стеблей и их меньшей элиминации в ходе развития в засушливых условиях вегетации.

Подкормки посевов азотом повышали содержание основного фотосинтетического пигмента – хлорофилла – в начале фазы цветения на 5-11% в листьях озимой пшеницы и на 32-38% в листьях яровой, по сравнению с соответствующим контролем (рис. 1). В дальнейшем онтогенетическом развитии растений содержание хлорофилла в листьях всех вариантов существенно снижалось, отражая интенсивное старение их фотосинтетического аппарата. Падение уровня хлорофилла в листьях было

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ КАРБАМИДО-АММИАЧНОЙ СМЕСИ

Таблица 3. Хлорофилльный индекс листьев посева (г хлорофилла/м²) в отдельные фазы вегетации и хлорофилльный фотосинтетический потенциал (г хлорофилла/м²•сут.) за период от начала цветения до молочно-восковой спелости зерна при подкормках растений различными формами азотных удобрений

Вариант	Хлорофилльный индекс в фазы		Хлорофилльный фотосинтетический потенциал
	начало цветения	молочно-восковая спелость	
<i>Богдана</i>			
Контроль	1,53±0,10	0,08±0,01	20,1±1,2
Селитра	2,01±0,09a	0,22±0,02a	27,9±1,0a
КАС	3,04±0,10a,b	0,33±0,08a	42,1±2,1a
КАС + МК	2,64±0,15a,b	0,39±0,08a	37,9±1,4a
<i>Дарунок Подилля</i>			
Контроль	2,71±0,13	0,13±0,01	38,4±3,8
Селитра	3,30±0,32a	0,32±0,04a	48,9±2,4a
КАС	3,62±0,36a	0,36±0,05a	53,6±2,6a,b
КАС + МК	4,19±0,43a	0,43±0,03a	62,4±2,0a,b
<i>Зимоярка</i>			
Контроль	0,31±0,01	0	3,4±0,6
Селитра	0,56±0,01a	0,04±0,01a	6,2±0,4a
КАС	0,98±0,04a,b	0,07±0,03a,b	11,2±0,8a,b
КАС + МК	0,72±0,02a,b	0,16±0,01a,b	8,3±1,9a,b

Примечание. Различия достоверны при $P \geq 0,05$: а – с контролем, b – между вариантами КАС и КАС+МК.

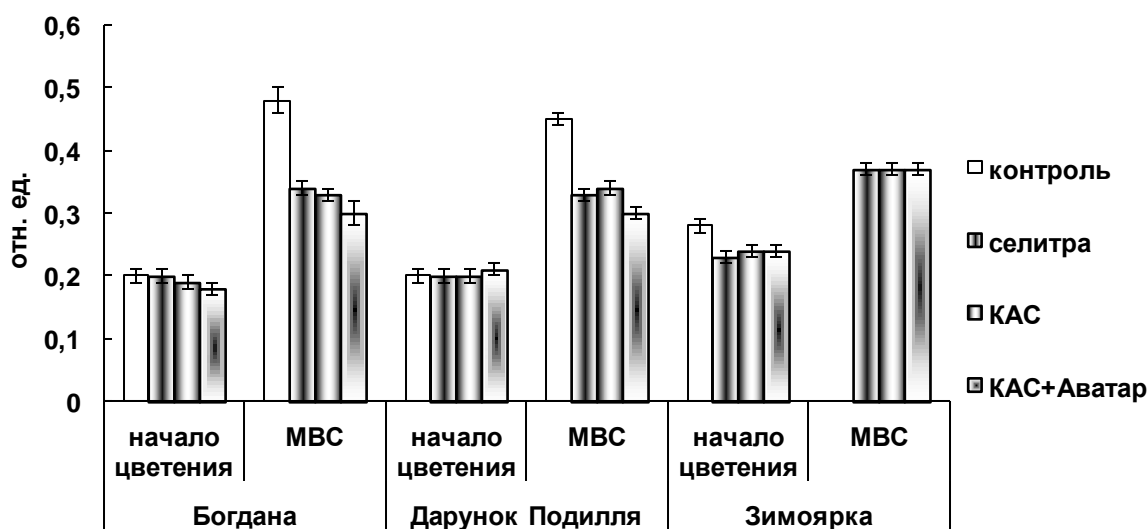


Рис. 2. Влияние разных форм подкормки азотом на соотношение каротиноидов и хлорофиллов в листьях пшеницы.

большим в контрольном варианте по сравнению с вариантами с подкормками растений.

В фазе молочно-восковой спелости зерна у озимых сортов содержание хлорофилла в вариантах с подкормками было на 50-72% выше, чем в контроле. В то же время у ярового сорта Зимоярка в листьях растений контрольного варианта в фазе молочно-восковой спелости хло-

рофилла уже практически не было. Быстрое старение листового аппарата и деструкция фотосинтетических структур были обусловлены повышенными температурами на фоне дефицита влаги в почве. Подкормка посевов азотом существенно тормозила процессы старения и разрушения хлорофилла: в варианте с селитрой его содержание в фазе молочно-восковой спелости составило около 40% от уровня, отме-

ченного в фазе цветения, а при подкормке КАС и КАС совместно с микроэлементами – более 60%.

Важно подчеркнуть, что у всех сортов содержание хлорофилла в варианте с совместным применением КАС и микроэлементного комплекса было выше, чем в варианте с селитрой. Статистически достоверная разница отмечена у сорта Богдана в начале цветения, у сорта Дарунок Подиля – в обе фазы и у сорта Зимоярка – в фазе молочно-восковой спелости. В большинстве случаев в фазе молочно-восковой спелости у растений, подкормленных КАС с микроэлементами, содержание хлорофилла в листьях было выше, чем в варианте с одним КАС.

Информативным показателем степени поврежденности фотосинтетического аппарата при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды, а также в процессе старения является величина соотношения содержания каротиноидов и хлорофиллов (Киризий и др., 2014). Чем оно выше, тем больше повреждений, обусловленных старением и стрессовыми факторами. Как видно из рис. 2, величина этого отношения в фазе молочно-восковой спелости была значительно больше, чем в начале цветения. Более резкое увеличение соотношения содержания каротиноидов и хлорофиллов было характерным для контрольного варианта. Данные по сорту Зимоярка не приведены, поскольку в контроле в этой фазе зеленых листьев у нее не осталось. У растений, подкормленных азотом, соотношение содержания каротиноидов и хлорофиллов в ходе репродуктивного развития росло меньше, что свидетельствует о более медленном старении листьев и о большей продолжительности функционирования их фотосинтетического аппарата.

Показателями фотосинтетического аппарата посева, позволяющими охарактеризовать мощность его развития, являются хлорофилльный индекс (ХЛИ) листьев и их хлорофилльный фотосинтетический потенциал (ХлФП). Фотосинтетический аппарат посева пшеницы достигает своего максимального развития в фазе цветения, чему соответствуют наиболее высокие значения ХЛИ. В этот период в наших опытах отмечались наибольшие различия между сортами по данному показателю (табл. 3).

Подкормка азотом в 1,5-2 раза увеличивала ХЛИ в начале цветения у сорта Богдана, в 1,2-1,5 – у сорта Дарунок Подиля и в 1,8-3,2 – у сорта Зимоярка. Наибольший эффект для сор-

тов Богдана и Зимоярка был зафиксирован при подкормке КАС, а для сорта Дарунок Подиля – при совместном применении КАС и микроэлементного комплекса. Повышение величины ХЛИ в посевах вариантов с подкормками происходило благодаря как увеличению массы листьев единичного побега и содержания хлорофилла в них, так и росту числа побегов на единицу площади посева.

Значения ХЛИ резко падали в фазе молочно-восковой спелости зерна за счет уменьшения площади зеленых листьев и содержания хлорофилла в них. У растений озимых сортов без подкормки ХЛИ снижался в 20 раз по сравнению с фазой цветения, а у Зимоярки – падал до нуля. В то же время, у опытных (подкормленных) растений озимой пшеницы снижение было более чем вдвое меньшим по сравнению с контролем. В отличие от неподкормленных растений, в опытных вариантах сорта Зимоярка в данной фазе сохранялся определенный уровень функциональности фотосинтетического аппарата.

Очевидно, уменьшение мощности фотосинтетического аппарата в фазе молочно-восковой спелости было усилено засушливыми погодными условиями. Однако подкормка азотом способствовала его сохранению. При этом эффективность подкормки КАС с микроэлементами была выше по сравнению с селитрой. Так, у озимых сортов, подкормка аммиачной селитрой увеличивала величину ХЛИ в среднем в 2,6, КАС – в 3,4 и КАС совместно с МК – в 4,1 раза, по сравнению с контролем. Сохранение мощного фотосинтетического аппарата во время налива зерна имело важное значение для формирования урожая.

В соответствии с изложенными выше данными, интегральный показатель мощности фотосинтетического аппарата посева – хлорофилльный фотосинтетический потенциал – существенно возрастал в посевах, подкормленных азотом. Как видно из табл. 3, эффект КАС был выше, чем действие аммиачной селитры. Совместное внесение комплекса микроэлементов не изменяло эффект у сорта Богдана, усиливало действие КАС у сорта Дарунок Подиля и несколько уменьшало у сорта Зимоярка. Максимальные значения ХлФП зафиксированы в варианте КАС + МК у сорта Дарунок Подиля, что было обусловлено большими продолжительностью периода налива зерна (на 2-5 дней), количеством продуктивных стеблей (табл. 2) и содержанием хлорофилла (рис. 3). Этот же ва-

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ КАРБАМИДО-АММИАЧНОЙ СМЕСИ

Таблица 4. Влияние подкормок разными формами азотных удобрений на урожайность посевов сортов озимой и яровой пшеницы, ц/га

Сорт	Вариант				НСР _{0,05}
	Контроль	Селитра	КАС	КАС + МК	
Богдана	52,7	67,9 (129)	68,1 (129)	70,7 (134)	6,2
Дарунок Подилля	52,4	66,2 (126)	67,1 (128)	73,9 (141)	6,4
Зимоярка	23,5	29,6 (126)	29,8 (127)	33,2 (141)	3,1

Примечание. В скобках приведена прибавка урожая в % от контроля.

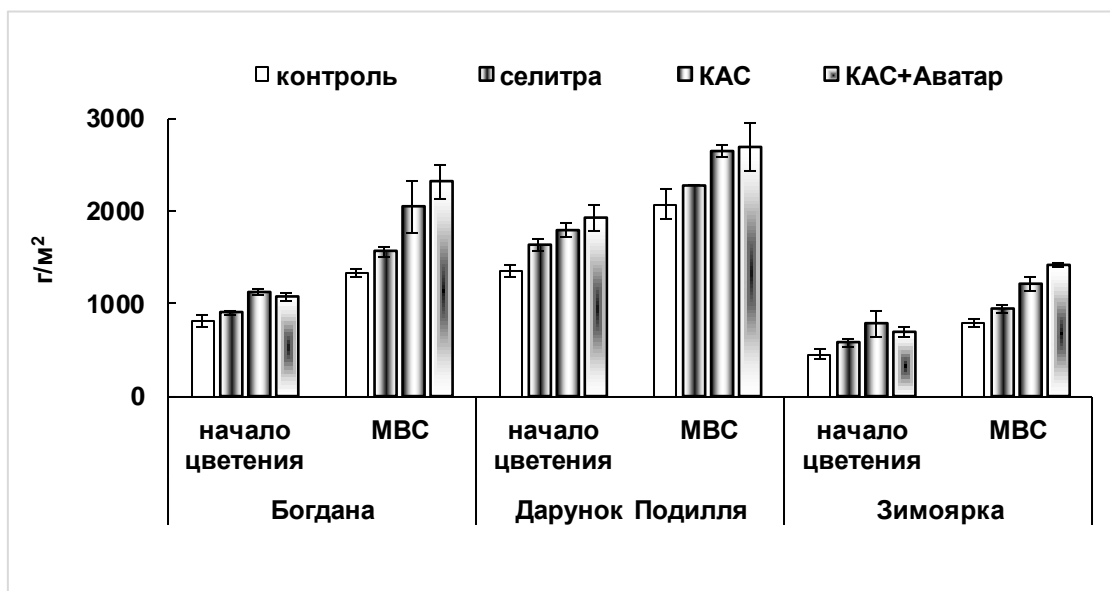


Рис. 3. Накопление биомассы растений в посевах сортов озимой и яровой пшеницы (г сухого вещества/м² посева) при подкормках разными формами азота в фазе выхода в трубку.

риант отличался наибольшей зерновой продуктивностью (табл. 4).

Рост мощности фотосинтетического аппарата посева при подкормке азотом обуславливал большую биологическую продуктивность. Уже в начале фазы цветения накопление общей надземной биомассы растений на единицу площади посева (1 м²) в расчете на сухое вещество у всех трех сортов в вариантах с подкормкой азотом было на 10 - 50% больше, чем в контрольном (рис. 3). Эффект КАС и КАС с микроэлементами был несколько большим, чем отмеченный для селитры, но различия были не всегда статистически достоверными. В фазе молочно-восковой спелости зерна накопление надземной биомассы растений в вариантах с подкормками КАС и КАС + МК было достоверно большим не только в отношении контроля, но и по сравнению с подкормкой селитрой. Существенных различий по величине этого показателя между посевами, подкормленными КАС и КАС в сочетании с микроэлементным комплексом, не было, за исключением сорта яровой пшеницы Зимоярка в фазе молочно-восковой спелости зерна.

Таким образом, совместная подкормка посевов озимой и яровой пшеницы КАС с микроэлементным комплексом способствовала лучшему развитию фотосинтетического аппарата посевов – повышала содержание хлорофилла, увеличивала хлорофилльные индексы и хлорофилльный потенциал, что привело к удлинению продолжительности его функционирования по сравнению с контрольными посевами и посевами, подкормленными аммиачной селитрой. Вместе с тем, действие сочетания КАС с микроэлементами на фотосинтетический аппарат в сравнении «чистым» КАС не всегда было выраженным и существенно зависело от сорта и фазы развития растений.

Увеличение мощности фотосинтетического аппарата посева при подкормке азотом сопровождалось повышением урожайности (табл. 4). Подкормка аммиачной селитрой увеличила урожайность изучаемых сортов на 26-29%, КАС – 27-29% и КАС совместно с микроэлементами – на 34-41% по сравнению с контролем. По сравнению с традиционной для хозяйства подкормкой аммиачной селитрой, внесение КАС увеличило урожайность на 2,9% у

КАПИТАНСКАЯ и др.

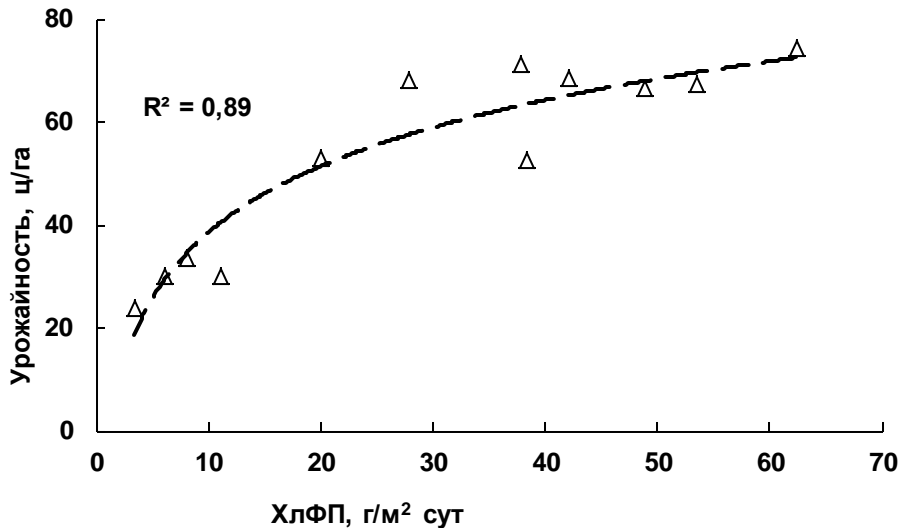


Рис. 4. Зависимость между величиной хлорофилльного фотосинтетического потенциала посева за период от цветения до молочно-восковой спелости зерна и урожайностью посевов озимой и яровой пшеницы при подкормках посевов разными формами азотных удобрений.

сорта Богдана, на 1,6% у сорта Дарунок Подиля и на 6,8% у сорта Зимоярка. Включение в КАС микроэлементного комплекса обеспечило прибавку урожая зерна, по сравнению с «чистым» КАС, на 2,6 ц/га (3,8%) у сорта Богдана, на 6,8 ц/га (10%) у сорта Дарунок Подиля и на 3,4 ц/га (11,4%) у сорта Зимоярка.

Тесная позитивная корреляция урожая пшеницы с величиной ХлФП посева за период от цветения до молочно-восковой спелости зерна (рис. 4) свидетельствует о том, что одним из важнейших факторов формирования урожая является сохранение функциональной активности фотосинтетического аппарата в период налива зерна.

Таким образом, применение КАС вместе с комплексом микроэлементов, хелатированных карбоновыми кислотами, для подкормок посевов озимой и яровой пшеницы повышает урожайность и эффективность использования КАС. Эффективность действия микроэлементов при включении их в схему подкормок КАС зависит от сорта, но достаточно четко проявляется как у озимых, так и у яровых форм. Повышение урожайности озимой и яровой пшениц при подкормках КАС с микроэлементным комплексом обусловлено ростом мощности фотосинтетического аппарата посева и длительности его функционирования.

ЛИТЕРАТУРА

Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. – М.: Наука, 2000. – 135 с.

Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та. – 2011. – 368 с.

Вильдфлуш И.Р. Эффективность комплексного применения КАС с микроэлементами при возделывании озимых ржи, пшеницы и тритикале на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 1999. – Т. 4. – С. 42-46.

Гуральчук Ж.З., Трач В.В., Гринюк С.А. Эффективность использования микроудобрив і перспективи розробки нових їх видів // Вісн. Львів. нац. аграрн. ун-ту. – 2011. – № 15 (2). – С. 98-103.

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 336 с.

Завалин А.А., Ефремов Е.Н., Алферов А.А., Самойлов Л.Н. Преимущества и проблемы применения жидких азотных удобрений в земледелии // Агрохимия. – 2014. – № 5. – С. 20-25.

Кірізіій Д.А., Шадчина Т.М., Стасик О.О., Прядкіна Г.О., Соколовська-Сергієнко О.Г., Гуляев Б.І., Ситник С.К. Особливості фотосинтезу і продукційного процесу у високоінтенсивних генотипів озимой пшениці. – К.: Основа, 2011. – 416 с.

Киризиій Д.А., Стасик О.О., Прядкіна Г.А., Шадчина Т.М. Фотосинтез: ассимиляция CO₂ и механизмы ее регуляции. – Т. 2. – Киев: Логос, 2015. – 480 с.

Косінов М. В. Каплуненко В. Г. Патент України на корисну модель № 38391. Спосіб отримання карбоксилатів металів «Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів». МПК (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/126 (2008.01), C07C 53/10 (2008.01), A23L 1/00, B82B 3/00. Опубл. 12.01.2009, бюл. № 1/2009.

СОВМЕШНОЕ ВЛИЯНИЕ КАРБАМИДО-АММИАЧНОЙ СМЕСИ

- Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. – К.: Логос, 2009. – 182 с.
- Моргун В.В., Прядкіна Г.А. Эффективность фотосинтеза и перспективы повышения продуктивности озимой пшеницы // Физиология растений и генетика. – 2014. – Т. 46, № 4. – С. 279-301.
- Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В. Клуб 100 центнерів. Сорти озимої пшениці Інституту фізіології рослин і генетики НАН України та система захисту компанії «Сингента». – К.: Логос, 2015. – 146 с.
- Моргун В.В., Швартау В.В., Киризиї Д.А. Физиологические основы формирования высокой продуктивности зерновых злаков // Физиология и биохимия культ. растений. — 2010. — Т. 42, № 5. — С. 371-392.
- Пасічник Н.А., Марчук І.У. Застосування КАС для підживлення пшениці озимої на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті // Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. – 2013. – № 1. – С. 140-143.
- Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. – Л.: Гидрометеоздат, 1937. – С. 5-27.
- Соколовська-Сергієнко О.Г., Прядкіна Г.О., Капітанська О.Г. Активність фотосинтетичного апарату та продуктивність озимої пшениці за обробки хелатованим добривом і стимулятором росту // Физиология растений и генетика. – 2015. – Т. 47, № 4. – С. 321-329.
- Aciksoz S.B., Yazici A., Ozturk L., Cakmak I. Biofortification of wheat with iron through soil and foliar application of nitrogen and iron fertilizers // Plant Soil. – 2011. – V. 349. – P. 215-225.
- Bameri M., Abdolshahi R., Mohammadi-Nejad G.H., Yousefi K.H., Tabatabaie S.M. Effect of different microelement treatment on wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield // Int. Res. J. Appl. Basic Sci. – 2012. – V. 3 (1). – P. 219-223.
- Barraclough P.B., Howarth J.R., Jones J., Lee Bellido A., Parmar S., Shepherd C.E., Hawkesford M.J. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement // Eur. J. Agron. – 2010. – V. 33, № 1. – P. 1-11.
- Fernández, V., Sotiropoulos T., Brown P. Foliar fertilization: Scientific principles and field practices. – Paris: IFA, 2013. – 144 p.
- Khoshgofarmanesh A.H., Schulin R., Chaney R.L., Daneshbakhsh B., Afyuni M. Micronutrient-efficient genotypes for crop yield and nutritional quality in sustainable agriculture. A review // Agron. Sustain. Dev. – 2010. – V. 30, № 1. – P. 83-107.
- Moran K. Micronutrient product types and their development // International Fertiliser Society. Proceedings. – 2004. – V. 545. – P. 1-24.
- Pospisil P. The role of metals in production and scavenging of reactive oxygen species in Photosystem II // Plant Cell Physiol. – 2014. – V. 55, № 7. – P. 1224-1232.
- Seadh S.E., El-Abady M.I., El-Ghamry A.M., Farouk S. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed // J. Biol. Sci. – 2009. – V. 9, № 8. – P. 851-858.
- Wellburn A.P. The spectral determination of chlorophyll *a* and *b*, as well as carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution // J. Plant. Physiol. – 1994. – V. 144, № 3. – P. 307-313.
- Yassen A., Abou El-Nour E.A.A., Shedeed S. Response of heat to foliar spray with urea and micronutrients // J. Amer. Sci. – 2010. – V. 6, № 9. – P. 14-22.

Поступила в редакцію
05.05.2017 з.

COMBINED EFFECT OF CARBAMIDE-AMMONIA MIXTURE AND MICROELEMENT COMPLEX ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND GRAIN PRODUCTIVITY OF WHEAT

O. S. Kapitanska, O. O. Stasik, G. A. Pryadkina, V. P. Oksem

*Institute of Plant Physiology and Genetics
of National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)
E-mail: ostasik2@gmail.com*

In field experiments, the effects of combined use of a carbamide-ammonium mixture (CAM) and a complex of microelements chelated with carboxylic acids to feed the crop at the stage of stem elongation on photosynthetic apparatus development, the production process and the productivity of winter and spring wheat were studied. For comparison, we used a basal feeding (control), additional ammonium nitrate feeding and CAM top-dressing without micronutrients. It has been found that the use of CAM as nitrogen fertilizer together with a complex of microelements' carboxylates promoted

the formation of plants with more productive stems and better development of the photosynthetic apparatus. An increase in the chlorophyll content in leaves, an increase in the crops chlorophyll indexes at the flowering and milk-wax ripeness stages, as well as the chlorophyll crop potential, compared with the basal feeding and ammonium nitrate fertilizing were observed, however, differences between CAM top-dressing with and without trace elements were less pronounced and depended on the variety. The combined use of CAM with a complex of microelements increased the yield of both winter and spring wheat varieties in comparison with all treatments studied and, thereby, the efficiency of nitrogen use at CAM foliar top-dressing.

Key words: *Triticum aestivum, winter and spring wheat, photosynthesis, carbamide-ammonium mixture, carboxylates of microelements, foliar top-dressing*

СУМІСНИЙ ВПЛИВ КАРБАМІДНО-АМІАЧНОЇ СУМІШІ І МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО КОМПЛЕКСУ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ АКТИВНІСТЬ І ЗЕРНОВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ

О. С. Капіганська, О. О. Стасик, Г. О. Прядкіна, В. П. Оксьом

*Інститут фізіології рослин і генетики
Національної академії наук України
(Київ, Україна)
E-mail: ostasik2@gmail.com*

У польових експериментах досліджували вплив сумісного застосування карбамідо-аміачної суміші (КАС) та комплексу мікроелементів, хелатованих карбоновими кислотами, для підживлення посівів по вегетації в фазі виходу в трубку на формування фотосинтетичного апарату, продукційний процес і урожайність озимої та ярої пшениці. Для порівняння використовували варіант з фоновим живленням (контроль), варіант з підживленням аміачною селітрою і варіант з підживленням КАС без мікроелементів. Встановлено, що застосування КАС як азотного підживлення разом з комплексом карбоксилатів мікроелементів сприяло збереженню більшої кількості продуктивних стебел і кращому розвитку фотосинтетичного апарату посіву. Відзначено підвищення вмісту хлорофілу в листках, збільшення хлорофільних індексів посівів у фазі цвітіння і молочно-воскової стиглості зерна, а також хлорофільного потенціалу посіву порівняно з варіантом з фоновим живленням і варіантом з підживленням аміачною селітрою, однак відмінності з підживленням КАС без мікроелементів були менш вираженими і залежали від сорту. Спільне застосування КАС з комплексом мікроелементів підвищувало урожайність, як озимих, так і ярої сортів пшениці порівняно з усіма іншими варіантами і, тим самим, ефективність використання азоту при позакореновому підживленні КАС.

Ключові слова: *Triticum aestivum, озима та яра пшениця, фотосинтез, карбамідо-аміачна суміш, карбоксилати мікроелементів, позакоренево підживлення*