

ЭКОЛОГО-АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО КАРБАМИДА В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**Н.В. Сухова, ООО «ЕвроХим Трейдинг Рус»
г. Москва, e-mail: Nadezhda.Sukhova@eurochem.ru**

Приведены результаты полевого опыта по оценке эффективности биомодифицированного карбамида в посевах озимой пшеницы. Показано преимущество нового вида удобрения перед традиционным карбамидом. Установлено достоверное положительное влияние биомодифицированного карбамида в сравнении с традиционным на формирование урожайности, получена прибавка зерна 3,1 ц/га.

Ключевые слова: карбамид, озимая пшеница, микробиологический препарат, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Сухова Н.В. Эколого-агрономическая эффективность биомодифицированного карбамида в посевах озимой пшеницы // Плодородие. – 2022. – №4. – С. 19-22. DOI: 10.25680/S19948603.2022.127.06.

В решении проблемы повышения плодородия почв, сокращения потерь азота и получения стабильной и экологически безопасной продукции растениеводства актуально применение биомодифицированных удобрений, созданных на основе эффективных штаммов микроорганизмов нового поколения во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии [1, 2]. Применение таких удобрений может существенно снизить дозы вносимых минеральных удобрений, их энергоемкость за счет увеличения коэффициента использования из них растениями питательных элементов [3-5]. Использование микроорганизмов в производстве новых форм удобрений не может привести к избыточному накоплению их в почве и нарушить экологическое равновесие [6].

Способ биомодификации минеральных удобрений основан на нанесении на поверхность их гранул микробиологического препарата БисолбиФит, созданного на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13, что позволяет увеличить коэффициент полезного действия агрохимикатов на 15-50% [7, 8]. Оптимальный титр бактериальной суспензии для получения биопрепарата БисолбиФит составляет 10^7 КОЕ/мл. Отмечается, что бактерии *Bacillus subtilis* Ч-13 могут переводить атмосферный азот в доступные для усвоения растениями формы, что улучшает их азотное питание, повышает устойчивость к заболеваниям.

Биомодифицированные удобрения могут применяться в технологии выращивания различных сельскохозяйственных культур (яровые и озимые зерновые, зернобобовые, овощные, картофель и др.) [8, 9]. Действие этих удобрений в системе почва – растение – биоудобрение обеспечивает улучшение питания растений, оптимизацию усвоения азотных и фосфорных труднодоступных соединений, подавление развития болезней и стрессовых реакций у растений, увеличение урожайности культур, повышение плодородия почвы и др. [10].

Озимая пшеница – одна из основных зерновых культур России. Ведущим направлением повышения её урожайности являются соблюдение комплекса агротехнических мероприятий и рациональная система удобрения.

Цель исследований – дать сравнительную оценку эффективности и перспективности использования биомодифицированного карбамида для подкормки посевов во время вегетации пшеницы.

В качестве объекта исследований использовали озимую пшеницу сорта Безенчукская 380, который выведен методом индивидуального отбора по зимостойкости и качеству зерна из линии Лютеценс 246 (F1 Мироновская 808 х Северокубанка) х Мироновская 808. Сорт характеризуется высокой засухоустойчивостью.

Полевой опыт был заложен в 2018 г. в Белгородской области на черноземе типичном тяжелосуглинистом слабосмытом с содержанием гумуса 5,0-5,2%, гидролитической кислотностью почвы 2,7-3,0 мг-экв/100 г почвы, $pH_{\text{кол.}}$ 5,8-6,0, суммой поглощенных оснований 34,2-36,4 мг-экв/100 г почвы, содержанием подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову), соответственно, 65 и 112 мг/кг почвы.

Среднемесячная температура воздуха в 2018 г. в течение периода вегетации пшеницы была выше средне-многолетних значений: в июне – на 2,5°C, в июле – на 3,2°C, в августе – на 3,1°C. В мае отклонений от средне-многолетних значений не наблюдалось. Осадки в течение вегетации выпадали неравномерно: в мае 148,1%, в июне 123,0, в июле 34,8, в августе 92,5% от среднемноголетнего количества. ГТК за период вегетации составил 0,9 (90% от среднемноголетнего по Белгородскому району).

Норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Площадь делянок 50 м². Повторность – 4-кратная. Размещение вариантов рендомизированное. До посева вносили нитроаммофоску (NPK=16:16:16) в физическую массу 200 кг/га, при посеве – аммофос, 50 кг/га. Подкормки проводили карбамидом стандартным и карбамидом БИО. 1-я подкормка проводилась при возобновлении вегетации пшеницы, 2-я – в фазе выхода растений в трубку. Агротехника в опыте – общепринятая для озимой пшеницы.

Схема опыта включала варианты:

- 1) Контроль,
- 2) Фон – $N_{32}P_{32}K_{32}$,
- 3) Фон + Карбамид (1-я подкормка N_{30} + 2-я подкормка N_{30}),
- 4) Фон + Карбамид БИО (1-я подкормка N_{30} + 2-я подкормка N_{30}).

По фазам вегетации на всех делянках проводили отбор почвенных и растительных образцов для определения содержания азота, фосфора и калия, а также параметров роста растений. Перед уборкой отбирали растения для биометрического анализа. Урожайность куль-

туры учитывали путем отбора растений с площади 1 м² в трех точках каждой делянки. Уборку проводили в фазе полной спелости зерна. Массу зерна пересчитывали на стандартные влажность и чистоту.

Аналитические работы выполняли согласно ГОСТу 29269–91, содержание аммонийного азота – колориметрическим методом с реактивом Несслера в вытяжке 0,1 н. КС1 (ГОСТ 26489–85), нитратного азота – по методу Грандваль–Ляжу (ГОСТ 26951–86), подвижного фосфора и обменного калия – по методу В.Ф. Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205–91), гидролитическую кислотность (Н_г) — ГОСТ 26212–91, емкость катионного обмена (ЕКО) — ГОСТ 17.4.01–84. Содержание NPK в растениях определяли методом мокрого озоления в серной кислоте с перекисью водорода: азот – по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4–93), фосфор – колориметрически (ГОСТ 26657–97), калий – на пламенном фотометре.

Результаты и их обсуждение. В фазе кущения растений после проведения азотной подкормки содержание в почве нитратного и аммонийного азота по сравнению с контролем увеличилось на 42,0–53,6 и 41,6–46,1% соответственно. При использовании модифицированного карбамида в почве отмечено наибольшее количество минерального азота (табл. 1).

1. Динамика содержания минерального азота в почве на посевах озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации					
	кущение		выход в трубку		полная спелость	
	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄	N-NO ₃	N-NH ₄
Контроль (б/у)	11,2	15,4	9,8	11,3	13,0	13,8
Фон (Ф) – NPK	14,3	18,2	10,3	13,9	14,1	14,8
Ф + Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	15,9	21,8	11,2	15,4	14,9	15,7
Ф + Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	17,2	22,5	11,5	16,8	15,9	16,7
НСР ₀₅	0,7	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8

К фазе выхода в трубку различия по содержанию минерального азота в почве вариантов с подкормкой и контроля уменьшаются. В большей мере это наблюдалось в отношении нитратного азота, что обусловлено, вероятно, большим потреблением его растениями.

На содержание аммонийного азота формы карбамида влияли в разной степени. Больше всего его содержалось в почве при подкормке карбамидом Био (на 48,7% больше, чем на контроле). На фоне применения обычного карбамида в почве аммонийного азота содержалось существенно меньше, чем при подкормке модифицированным карбамидом.

По завершении вегетации озимой пшеницы в почве в вариантах с подкормками минерального азота содержалось больше, чем на контроле: нитратного на 14,6–22,3%, аммонийного – на 13,8–21,7%. Наибольшее и практически одинаковое их количество отмечено в ва-

риантах с применением модифицированной формы карбамида.

Анализируя динамику содержания в почве подвижного фосфора, установили отсутствие существенных различий между вариантами с подкормками и контролем (табл. 2). Однако, наблюдается тенденция к снижению по сравнению с контролем количества подвижного фосфора в почве при подкормках карбамидом в фазе кущения на 1,6–1,9%, выхода в трубку – 1,6–1,8, полной спелости зерна – на 2,7–3,5%. Меньше всего подвижного фосфора в почве содержалось при проведении подкормок карбамидом БИО.

2. Динамика содержания подвижного фосфора и калия в почве, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации					
	кущение		выход в трубку		полная спелость	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	64,2	204,3	57,2	192,2	51,6	182,6
Фон (Ф) – NPK	63,6	204,3	56,7	191,7	50,9	181,5
Ф+Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	63,2	204,2	56,3	191,3	50,2	180,4
Ф+Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	63,1	203,8	56,3	190,0	50,0	180,0
НСР ₀₅	3,8	12,2	3,4	13,4	3,1	12,7

После завершения вегетации выявленная тенденция по сравнению с контролем высокой и средней обеспеченности растений фосфором и повышенной по минеральному азоту свидетельствует о необходимости сбалансировать соотношение N:P:K в минеральном питании озимой пшеницы.

Различий по влиянию карбамида на содержание обменного калия в почве не выявлено (см.табл. 2). При этом присутствует слабовыраженная тенденция к снижению содержания обменного калия в почве на посевах озимой пшеницы при их подкормках.

Определение содержания в почве азота, фосфора и калия показало лучшую обеспеченность растений этими элементами при подкормке модифицированным карбамидом по сравнению как с контролем, так и с традиционным карбамидом. Насколько эти различия существенны для роста растений пшеницы озимой можно судить по накоплению ими сухого вещества.

После первой подкормки карбамидом различия с контролем по сухой массе растений отмечены в фазе весеннего кущения. Они составляли 17,1–22,9 % (табл. 3).

3. Динамика накопления сухого вещества растениями озимой пшеницы, г/растение

Вариант	Фаза отбора образцов			
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
Контроль (б/у)	0,35	0,48	3,11	3,17
Фон (Ф) – NPK	0,38	0,54	3,19	3,25
Ф + Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	0,41	0,55	3,29	3,34
Ф + Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	0,43	0,57	3,34	3,38
НСР ₀₅	0,02	0,02	0,18	0,19

Наибольшая сухая масса растений была в варианте с подкормкой карбамидом Био. В фазе выхода в трубку различия с контролем вариантов с подкормкой по сухой

массе растений несколько сократились и составили 14,6–18,8%. Наиболее благоприятные условия для биосинтеза сухого вещества складывались при подкормке биомодифицированным карбамидом.

В фазе колошения отличия по сухой массе растений вариантов с подкормкой и контроля сокращались до 5,8–7,4%. В фазе полной спелости сухая масса растений вариантов с подкормками была, как и на протяжении всего онтогенеза, больше, чем на контроле. Наибольшая величина показателя отмечалась в вариантах с подкормкой карбамидом Био.

4. Динамика содержания азота и фосфора в растениях озимой пшеницы, % сухой массы

Вариант	Фаза отбора образцов							
	весеннее кущение		колошение		полная спелость			
					зерно		солома	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Контроль	3,20	0,35	1,89	0,30	2,11	0,69	0,62	0,21
Фон (Ф) – NPK	4,05	0,35	1,91	0,31	2,15	0,69	0,62	0,20
Ф+Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	4,41	0,36	2,00	0,32	2,21	0,69	0,63	0,20
Ф+Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	4,44	0,38	2,12	0,34	2,22	0,74	0,63	0,19

Содержание фосфора в растениях пшеницы озимой также зависело от азотной подкормки, что вполне объяснимо, так как в метаболизм азот и фосфор включаются в строго определенном соотношении. Поэтому у растений, лучше обеспеченных азотом, и, следовательно, содержащих его в большем количестве, повышается потребность в фосфоре. Растения вариантов с подкормкой проявляли высокую потребность в фосфоре, интенсивнее извлекали его из почвы, на что указывает содержание этого элемента в вегетативных органах (см. табл. 4). Меньше всего фосфора содержали растения, подкормленные традиционным карбамидом, больше – карбамидом Био.

В динамике содержания калия в растениях и влиянии на него подкормок различными формами карбамида отмечены аналогичные с азотом и фосфором закономерности (табл. 5).

5. Динамика содержания калия в растениях озимой пшеницы, % сухой массы

Вариант	Фаза отбора образцов			
	весеннее кущение	колошение	полная спелость	
			зерно	солома
Контроль	2,88	1,78	0,50	1,41
Фон(Ф) - NPK	2,91	1,81	0,51	1,42
Ф + Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	2,99	1,85	0,51	1,42
Ф + Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	3,01	1,87	0,53	1,44

Внесение в две подкормки 60 кг д.в/га азота обеспечивало увеличение урожайности озимой пшеницы на 6,8–9,9 ц/га, или на 10,2–15,0% (табл. 6).

Наибольшая прибавка урожая зерна получена при подкормке карбамидом Био. Урожайность повышалась, главным образом, вследствие большей выживаемости растений в весенний период от возобновления вегетации до колошения, повышения озерненности колоса и его массы (табл. 7).

Содержание азота в вегетативных органах растений, получивших подкормку азотом, было больше, чем на контроле в фазе кущения на 1,21–1,24%. К фазе колошения эти различия уменьшались до 0,11–0,23%, а при созревании – в зерне азота было больше на 0,10–0,11%, а в соломе – практически отсутствовали (0,01%). На протяжении всей вегетации наибольшее количество азота содержалось в растениях, получивших азот с модифицированным удобрением (табл. 4).

6. Урожайность озимой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка			
		общая, ц/га	%	к фону, ц/га	%
Контроль (б/у)	36,0	–	–	–	–
Фон (Ф) – NPK	66,4	30,4	84,4	–	–
Ф + Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	73,2	37,2	103,3	6,8	10,2
Ф + Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	76,3	40,3	111,9	9,9	15,0
HCP ₀₅	2,1				

7. Элементы структуры урожая озимой пшеницы

Вариант	Число продуктивных стеблей на 1 м ²	Масса, г		Число зерен в колосе
		1000 зерен	зерна с 1 колоса	
Контроль (б/у)	498	40,1	1,34	33,2
Фон (Ф) – NPK	501	40,1	1,37	34,9
Ф + Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	514	40,1	1,44	35,9
Ф + Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	515	40,7	1,51	37,1
HCP ₀₅	12	1,2	0,10	2,7

Качество зерна пшеницы, подкормленной карбамидом, значительно повышалось: возрастало содержание клейковины и белка соответственно на 1,0–1,1 и 1,2–1,3%, улучшалось качество клейковины, ИДК увеличился на 9,0–10,5 ед. (табл. 8).

Затраты на производство зерна пшеницы в 2018 г. составили 46410 руб/га, себестоимость – 6390 руб/т, средняя цена реализации 8140 руб/т, прибыль – 17504 руб/га, рентабельность – 42,1%.

Затраты на удобрения в соответствии со схемой минерального питания представлены в таблице 9. Применение удобрений увеличивает затраты на 1 га посева на 8340 руб. на фоне традиционного карбамида и на 8600 руб. – биомодифицированного. Полученная урожайность компенсирует затраты и обеспечивает полу-

чение чистого дохода. Возделывание озимой пшеницы без подкормки не компенсирует понесенных затрат – убыток составил 4314 руб/га (табл. 10).

8. Качество зерна озимой пшеницы

Вариант	Клей-ковина	Белок	Стекло-видность	ИДК, ед.	Сбор белка, ц/га
Контроль (б/у)	21,4	11,2	54,1	54,1	743,7
Фон (Ф) – НРК	21,7	11,7	54,1	60,1	776,9
Ф + Карбамид (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	22,4	12,4	53,2	63,1	907,7
Ф + Карбамид Био (1-я подкормка N ₃₀ + 2-я подкормка N ₃₀)	22,4	12,5	54,4	64,2	953,8
НСР ₀₅	0,58	0,12	1,20	0,95	-

9. Экономическая эффективность производства озимой пшеницы при подкормке растений карбамидом БИО

Показатель	Ед. изм.	Без удобрений	Карбамид (N ₃₀ + N ₃₀)	Карбамид БИО (N ₃₀ + N ₃₀)
Сумма затрат на 1 га	руб/га	33618	41958	42218
Заработная плата и налоги	руб/га	8331	8631	8631
Семена	руб/га	2895	2895	2895
СЗР	руб/га	2903	2903	2903
Минеральные удобрения	руб/га	0	7240	7500
ТСМ	руб/га	5100	5900	5900
Амортизация	руб/га	4046	4046	4046
Прочие затраты	руб/га	10343	10343	10343
Урожайность в бункерном весе	т/га	3,65	7,42	7,74
Урожайность в зачетном весе	т/га	3,6	7,32	7,63
Себестоимость продукции	руб/т	9210	5655	5455
Цена реализации	руб/т	8140	8140	8140
Выручка	руб/га	29304	59585	62108
Прибыль	руб/га	-4314	17627	19890
Рентабельность	%	-12,8	42,0	47,1

Высокий экономический эффект от выращивания озимой пшеницы получен при подкормках биомодифицированным карбамидом. Чистый доход от реализации зерна пшеницы при его использовании был больше на 2263 руб/га чем при подкормках традиционным карбамидом.

Модифицированный карбамид показал высокую агрономическую эффективность применения. Каждый внесенный килограмм д.в. окупился 21,44 кг прибавки урожая, а при использовании традиционного карбамида – 19,78 кг. Эффективность от применения карбамида БИО была выше, чем от традиционного карбамида (табл. 10).

10. Агрономическая эффективность применения карбамида в посевах озимой пшеницы

Показатель	Карбамид (N ₃₀ + N ₃₀)	Карбамид БИО (N ₃₀ + N ₃₀)
Урожайность, т/га	7,32	7,63
Внесено НРК, кг д.в/га	188	188
Прибавка, т/га	3,72	4,03
Цена реализации, руб/т	8140	8140
Стоимость удобрений, руб/га	7240	7500
Стоимость прибавки, руб/га	30280,8	32804,2
Эффективность удобрений от применения 1 кг д. в., кг	19,79	21,44
Эффективность от применения удобрений (разница стоимости прибавки и удобрений), руб.	23040,8	25304,2

Заключение. Установлено достоверное положительное влияние биомодифицированного карбамида в сравнении с традиционным, получена прибавка урожая зерна 3,1 ц/га. Карбамид Био – агрономически и экономически эффективное азотное удобрение, обеспечивающее формирование наибольшего урожая зерна, чистого дохода и рентабельности производства озимой пшеницы.

Литература

1. Чеботарь, В.К. Применение биомодифицированных минеральных удобрений: монография / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, А.Г. Ариткин. – М.: ВНИИА; Ульяновск: УлГУ, 2014. – 142 с.
2. Никитин С.Н. Оценка эффективности применения биопрепаратов в Среднем Поволжье. – Ульяновск: Изд-во ИПК «Венец» УлГУ, 2014. – 135 с.
3. Алферов, А.А. Эффективность применения эндофитных биопрепаратов и азотного удобрения/А.А. Алферов, Л.С. Чернова, А.А. Завалин, В.К. Чеботарь //Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 5. – С. 21-24.
4. Compant, S. Endophytes of Grapevine Flowers, Berries, and Seeds: Identification of Cultivable Bacteria, Comparison with Other Plant Parts, and Visualization of Niches of Colonization /S. Compant, B. Mitter, J. G. Colli...Mull, et al // Microbial Ecology. 2011. V. 62. № 1. P. 188-197.
5. Щербаков, А.В. Эндофитные бактерии сфагновых мхов как перспективные объекты сельскохозяйственной микробиологии/ А.В. Щербаков, А.В. Брагина, Е.Ю. Кузьмина и др.//Микробиология. – 2013. – Т. 82. – № 3. – С. 312-322.
6. Чеботарь, В.К. Эндофитные бактерии – основа комплексных микробных препаратов для сельского и лесного хозяйства /В.К. Чеботарь, А.В. Щербаков, С.Н. Масленникова, и др.//Агрохимия. – 2016. – № 11. – С. 65-70.
7. Завалин, А.А. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур/ А.А. Завалин, А.А. Алферов, Л.С. Чернова // Агрохимия. – 2019. – № 8. – С. 83-96.
8. Никитин, С.Н., Влияние средств химизации и биологизации на экономическую и биоэнергетическую эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте/ С.Н. Никитин, А.И. Якунин//Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. – № 11. – С. 28-33.
9. Жученко, А.А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика)/А.А. Жученко. – М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. -1109 с.
10. Завалин, А.А. Применение биопрепаратов при возделывании полевых культур /А.А. Завалин //Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 9- 11.

UDK 631.847.22:332.66

ECOLOGICAL AND AGRONOMIC EFFICACY OF BIOMODIFIED UREA IN WINTER WHEAT CROPS

Sukhova N.V.

The results of field experience in assessing the effectiveness of biomodified urea in winter wheat crops are given. The advantage of a new type of fertilizer in comparison with traditional urea is shown. A reliable positive effect of biomodified urea in comparison with the traditional one on the formation of yield was established, an increase of 3.1 c /ha of grain was obtained.

Keywords: urea, winter wheat, microbiological preparation, yield, grain quality.