

ТЕХНОЛОГИЯ КАРБАМИДО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ УДОБРЕНИЙ И ОЦЕНКА ИХ АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ВЕГЕТАЦИОННЫХ ОПЫТАХ

Хузиахметов Рифкат Хабибрахманович

Доктор технических наук, доцент кафедры

«Технология неорганических веществ и материалов»,

Казанский национальный исследовательский

технологический университет,

[*gafiat2013@mail.ru*](mailto:gafiat2013@mail.ru)

Ахмедов Султан Мукарамович

Кандидат химических наук, доцент,

Кокандский государственный университет

[*amaton2@gmail.com*](mailto:amaton2@gmail.com)

Аннотация. Представлены результаты исследований по получению пролонгированных карбамидоформальдегидных удобрений (КФУ). В вегетационных опытах показано, что при использовании КФУ выход зеленой массы рапса значительно выше (относительно карбамида), при этом 1 доза азота, внесенного с КФУ, равносильно внесению 1,5 доз азота карбамида.

Annotatsiya. Uzaytirilgan karbamid-formaldegidli o'g'itlar (KFO) olish bo'yicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Vegetatsiya tajribalarida ko'rsatilishicha, KFU qo'llanilganda raps o'simligining yashil massasi hosildorligi sezilarli darajada yuqori bo'ladi (karbamidga nisbatan), bunda KFU bilan kiritilgan 1 doza azot karbamid azotining 1,5 dozasini kiritishga teng keladi.

Annotation. The results of research on the production of long-acting urea-formaldehyde fertilizers (CFCs) are presented. In vegetation experiments, it was shown that when using CFCs, the yield of rapeseed green mass is significantly higher (relative to carbamide), while 1 dose of nitrogen introduced from CFCs is equivalent to 1.5 doses of carbamide nitrogen.

Ключевые слова: карбамид, формальдегид, удобрения, аммиачная селитра, скоростью растворения, метилендикарбамид, монометилолкарбамид, влагопоглощение, прочность гранул.

Kalit soʻzlar: karbamid, formaldegid, oʻgʻitlar, ammiakli selitra, erish tezligi, metilendikarbamid, monometilolkarbamid, namlikni yutish, granularlar mustahkamligi.

Keywords: carbamide, formaldehyde, fertilizers, ammonium nitrate, dissolution rate, methylene dicarbamide, monomethylolcarbamide, moisture absorption, strength of granules.

Производство и применение аммиачной селитры (АС) и карбамида (Кмд), из-за их высокой растворимости, приводят к загрязнению артезианской воды и эвтрофикации открытых водоемов. Потери азота указанных удобрений, в зависимости от количества осадков, достигают ~ 50-70 % [1]. В связи с этим растет интерес к пролонгированным (или стабилизируемым) удобрениям, т.е. с контролируемым выделением питательных веществ [2].

Одним из наиболее изученных видов пролонгированных удобрений является КФУ, получаемое путем взаимодействия карбамида с формалином, положительное влияние которого показано на развитие различных зерновых и кормовых культур [3-4].

Целью данной работы была разработка способа получения КФУ с регулируемой скоростью растворения и оценка его влияния на развитие рапса на различных типах почв, характерных для Республики Татарстан.

Основными продуктами реакции взаимодействия карбамида с формальдегидом (ФГд) при соотношении «Кмд:ФГд» > 1 моль являются метилендикарбамид – МДК (N = 42,4 %, растворимость P = 1,3 г/100 г воды) и монометилкарбамид – ММК (N = 31,1 %, P = 40 г/100 г воды):



Образцы КФУ получали путем смешения раствора или расплава карбамида с формалином: смесь нагревали, высушивали для удаления избыточной влаги, а образовавшуюся густую массу гранулировали в экструдере. При этом основные физико-механические свойства (скорость растворения гранул, прочность и т.д.) определяли стандартными методами [5].

Теоретически в составе КФУ, получаемого при соотношении Кмд:ФГд = 1:(0,1÷0,5) моль, могут присутствовать МДК и ММК (а также остаточный карбамид). Так, например, при соотношении «Кмд:ФГд» = 1:0,4 моль, КФУ теоретически представляет собой смесь «Кмд+МДК» = 18,1%+81,5% (соотношение $N_{\text{NH}_2(\text{Кмд})}:N_{\text{МДК}} = 8,4 \%:34,3 \%$). Однако экспериментальные данные составов, в зависимости от условий получения (рН, температура, время и т.д.), обычно отличаются от расчетных, иногда в значительной степени.

Результаты опытов по оценке скорости растворения КФУ показывают, что в зависимости от соотношения «Кмд:ФГд» для гранул средних размеров ($d=2,5\pm 0,5$ мм) величина τ_{90} (время растворения на 90 %) значительно увеличивается: при «Кмд:ФГд» = 1:0,3 моль – $\tau_{90} = 70$ мин (для карбамида $\tau_{90} = 5$ мин). Влагопоглощение гранул КФУ в комнатных условиях и при повышенной влажности значительно меньше, а прочность гранул КФУ по сравнению с исходным карбамидом больше примерно в 1,5-2 раза (табл. 1).

Таблица 1 – Основные показатели качества КФУ («Кмд:ФГд» = 1:0,4 моль)

	карбамид	КФУ-0,4
Время растворения гранул на 50 % (τ_{50}), мин	2	20

рН 1 %-ного раствора	6,5	6,4
Влагопоглощение, % (при влажности воздуха 90 %)	153	57
Прочность, кг/гранула (d=2-3 мм)	1,2	2,5

Вегетационные опыты по оценке агрохимической эффективности образцов КФУ были проведены на характерных для Республики Татарстан серой лесной почве (ПСЛ) и дерново-подзолистой суглинистой почве (ПДПСг) при внесении азота в количестве $N = 0,15$ г/кг почвы (емкость сосудов – 7 дм³; масса почвы – 6 кг; повторность – 3-х кратная). Обеспеченность серой лесной почвы азотом и калием при этом была низкой, фосфором – высокой (рН = 5,7; $N = 52$ мг/кг; $P_2O_5 = 157$ мг/кг; $K_2O = 68$ мг/кг).

Общеизвестно, что при возделывании кормовых культур на зеленую массу в первую очередь необходимы азот и калий: средний биологический вынос $N:P_2O_5:K_2O = (25 \div 30):(5 \div 6):(13 \div 22)$ кг/т или $(5 \div 6):1:(3 \div 5)$ мас. Расчеты показывают, что при внесении в серую лесную почву по 1 дозе главных элементов питания их соотношение меняется в следующих пределах:

исходное 1 доза N 1 доза K_2O 1 доза P_2O_5

$N:P_2O_5:K_2O = 0,33:1:0,43 \rightarrow 1,3:1:0,43 \rightarrow \mathbf{1,3:1:1,1} \rightarrow 0,8:1:0,65$.

Видно, что внесение 1 дозы азота и 1 дозы K_2O смещает соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ в оптимальную область. Следовательно, в первую очередь можно ожидать прибавки массы от внесения азотных удобрений.

В вегетационных опытах изучали агрохимический эффект внесения не только 1 дозы азота, но и 1,5 доз азота с карбамидом и аммиачной селитрой, а также комплексного NPK-удобрения (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние промышленных азотных удобрений и КФУ на выход зеленой массы рапса (сорт «Ратник») на серой лесной почве

Вариант (удобрение)	Масса, г/сосуд	
	сырая масса	сухая масса

	1 укос	2 укос	сумма	1 укос	2 укос	сумма
1. Контроль	27	2	28 (-83 %)	5,4	0,3	6 (-78 %)
2. АС (1 доза азота)	161	18	179(+6 %)	24,6	2,7	27(+6 %)
3. АС (1,5 дозы азота)	187	49	236(+40 %)	24,8	7	32(+22 %)
4. Карбамид (1 доза азота)	157	12	169(±0 %)	24	1,8	26(±0 %)
5. Карбамид (1,5 дозы азота)	160	26	186(+10 %)	23	4	27(+4 %)
6. КФУ-0,2 (N=43%)	159	19	177(+5 %)	23,7	2,8	27(+3 %)
7. КФУ-0,3 (N=41 %)	190	20	210(+24 %)	29	2,9	32(+24 %)
8. NPK (10:10:10) аммофоска	202	30	232(+37 %)	29	4	33(+29 %)

Как и ожидалось, при возделывании кормовых культур использование аммиачной селитры, по сравнению с карбамидом, более эффективно (благодаря наличию NO_3 - и NH_4 -форм азота). В зависимости от состава КФУ, на серой лесной почве прибавка сухой массы рапса достигает +24 % (относительно карбамида). При внесении 1,5 дозы азота соотношение N: K_2O в почве становится более оптимальным ($\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 1,76:1:1,1$ мас.) и в случае 1,5 доз аммиачной селитры прибавка сырой массы рапса резко возросла (однако прибавка сухой массы была лишь на уровне внесения 1 дозы азота с КФУ). Внесение 1,5 доз карбамида приводит лишь к небольшому увеличению массы рапса (прибавка сырой массы составила +10 %, сухой массы – всего +4 %).

Следует подчеркнуть, что КФУ позволяет увеличить выход зеленой массы во 2 укосе (критерий, позволяющий оценивать увеличение продолжительности «зеленого конвейера» для животных в осенний период). В опыте с карбамидом соотношение «1 укос:2 укос» = 157 г:12 г = 1:0,007 мас., при внесении КФУ эти величины более высокие (вариант №6: «1 укос:2 укос» = 159 г :19 г = 1:0,12 мас.; вариант №7: «1 укос:2 укос» = 190 г:20 г = 1:0,11 мас.).

Как видно из таблицы 2, внесение значительного количества комплексного NPK-удобрения (массой примерно в 3 раза больше массы азотных удобрений), обеспечило более высокий выход сырой массы (+37 %), однако выход сухой

массы был практически на уровне использования КФУ (+29 %). Этот результат подтверждает предположение об отсутствии потребности внесения фосфора и калия в данную почву, т.к. при этом соотношение $N:P_2O_5:K_2O$ становится не оптимальным ($N:P_2O_5:K_2O = 0,8:1:0,7$ или $N:K_2O \sim 1:0,9$ мас.).

Последующие опыты были проведены аналогичным образом также на дерново-подзолистой суглинистой почве, обеспеченность азотом которой была низкой, обеспеченность фосфором – очень высокой, а калием – высокой ($pH = 5,8$; $N_{\text{щг}} = 50$ мг/кг; $P_2O_5 = 270$ мг/кг; $K_2O = 240$ мг/кг). При этом максимальная прибавка зеленой массы с внесением КФУ различного состава достигла +17 % для сырой массы и +14 % для сухой массы.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

– установлены основные параметры (соотношение «Кмд:Фгд», температура, соотношение «Ж:Т» и т.д.), обеспечивающие значительное уменьшение скорости растворения гранул КФУ (в 5-50 раз меньше, чем гранулы карбамида); отмечается также, что при этом улучшаются и другие физико-механические свойства гранул (прочность гранул выше, влагопоглощение меньше);

– показано, что КФУ способствуют значительному увеличению выхода зеленой массы рапса (прибавка сухой массы на серой лесной почве возрастает до +24 % относительно карбамида);

– предлагаемые удобрения за счет большего выхода зеленой массы во 2 укосе позволяют обеспечивать равномерность работы «зеленого конвейера» в осенний период;

– КФУ следует применять при возделывании культур, нуждающихся в азоте в течение продолжительного периода (кормовые культуры для получения нескольких укосов, газонная трава, декоративные растения и т.д.).

Список литературы

1. Фадькин, Г. Н. Коэффициент использования азота удобрений в зависимости от длительности их применения на серой лесной

тяжелосуглинистой почве / Г. Н. Фадькин // Вестник Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2014. – №3. С. 10–13.

2. ТУ 113-03-33-01-85. Карбамидоформальдегидные удобрения (опытные партии). – Введ.09.01.86.

3. Синолиций В. Г. Разработка безотходной технологии мочевиноформальдегидного удобрения: автореф. дис.... канд. техн.. наук / В. Г. Синолиций. – Ташкент, 1985. – 20 с.

4. Пат. РФ 2457666, МПК С05С 9/02. Способ возделывания кормовых культур и медленнорастворимое азотное удобрение для его осуществления / А.М. Сабиров, Р.Х. Хузиахметов; – № 2010100514/13; заявитель и патентообладатель Казанский гос. аграр. ун-т; заявл. 11.01.2010; опубл. 10.08.2012.

5. Хузиахметов Р. Х. Физико-химические основы переработки нетрадиционного агрорудного сырья на пролонгированные комплексные минеральные удобрения: автореф. дис... докт. техн.. наук / Р.Х.Хузиахметов. – Казань, 2017. – 40 с.

6. Ahmedov S. M. Coordinated polymers: synthesis, structure properties and potential applications. / American Journal of Pedagogical and Educational Research. Volume 34, |March – 2025. ISSN (E): 2832-9791- 5 с.