

Р. Х. Хузиахметов, Ф. А. Абдрахманов, Ф.т. А. Абдрахманов,
Ф. К. Сингатуллин, В. А. Козлов, А. М. Сабиров

ТЕХНОЛОГИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ nMg – УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕМЕНТА СОРЕЛЯ И ОЦЕНКА ИХ АГРОХИМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Ключевые слова: карбонатное сырье, магнезит, термическое разложение, каустический магнезит, азотно-магниевое удобрение, нейтрализующая способность, почва, агрохимическая эффективность.

Разработана технология медленнорастворимых гранулированных щелочных азотно-магниевых удобрений путем затворения азотных удобрений цементом Сореля. Показано, что основными продуктами взаимодействия магнезального вяжущего (MgO) растворами солей магния $[MgSO_4, Mg(NO_3)_2]$ являются $nMg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot mH_2O$ и $nMg(OH)_2 \cdot Mg(NO_3)_2 \cdot mH_2O$ переменного состава. В вегетационных опытах с некоторыми зерновыми (пшеница, ячмень) и техническими культурами (суданская трава) прибавка зерна и зеленой массы при использовании предложенных удобрений достигает, соответственно, 25 % и 35 %.

Keywords: carbonate raw materials, magnesite, thermal decomposition, caustic magnesite, nitrogen-magnesium fertilizer, neutralizing capacity, soil, agrochemical efficiency.

Developed technology Slow dissolving granular alkali nitrogen- magnesium fertilizers by mixing nitrogen fertilizer Sorrel cement. It is shown that the main products of the interaction of magnesia binder (MgO) solutions of magnesium salts $[MgSO_4, Mg(NO_3)_2]$ are $nMg(OH)_2 \cdot MgSO_4 \cdot mH_2O$ and $nMg(OH)_2 \cdot Mg(NO_3)_2 \cdot mH_2O$ variable composition. In pot experiments with some grains (wheat, barley) and industrial crops (Sudan grass) growth of grain and green mass using the proposed fertilizer reaches, respectively, 25 % and 35 %.

Введение

Одним из основных недостатков наиболее крупнотоннажных азотных удобрений (карбамида – К и аммиачной селитры – АС) является их высокая растворимость (P_{H_2O} , г/100 г H_2O). С увеличением температуры эта величина возрастает практически линейно:

$$P_{H_2O(K)} = 4E-05x^4 - 0,007x^3 + 0,439x^2 - 7,723x + 129,7$$

(при 20°C $P_{H_2O(K)} = 107$ г/100 г H_2O);

$$P_{H_2O(AC)} = 0,037T^2 + 3,049T + 115,7$$

(при 20°C $P_{H_2O(AC)} = 192$ г/100 г H_2O).

Связанная с этим показателем высокая степень потерь азота и последующее загрязнение грунтовых вод, а также открытых водоемов азотными удобрениями приводит к глобальным экологическим проблемам (закисление почв, эвтрофикация водоемов и т.д.). По данным [1] в результате применения физиологически кислых азотных и фосфорных удобрений площадь кислых почв в Республике Татарстан достигла 1,43 млн га (44%), аналогичная картина наблюдается и в целом по стране. При этом для нейтрализации каждой тонны аммиачной селитры, например, необходимо более 700 кг известняковой муки. В то же время известно, что вследствие низкой растворимости $CaCO_3$ максимальная эффективность ее действия отмечается лишь после третьего года внесения в почву.

В качестве нейтрализаторов используют также другие нерудные минералы (мел, доломит и т.п.), а также отходы различных перерабатывающих отраслей (энергетической, пищевой и т.д.) [2-5]. Кроме того предлагаются использовать смеси различных нейтрализаторов (минералов и отходов промышленности) [6,7], жженую известь (CaO) [8] и т.д.

Одним из наиболее приоритетных направлений в технологии минеральных удобрений является разработка способов получения физиологиче-

ски нейтральных или щелочных азотных и фосфорных удобрений, взрывобезопасной аммиачной селитры (ИАС – известково-аммиачная селитра), азотных удобрений, содержащих все формы азота (КАС – карбамид-аммиачная селитра) и некоторые другие [9-11].

Основным достоинством ИАС, например, является взрывобезопасность, а также наличие в его составе $CaCO_3$, способного нейтрализовать закисляющий эффект NH_4NO_3 . Однако при этом содержание азота в ИАС уменьшается пропорционально количеству вводимого $CaCO_3$: к примеру, в доломитово-аммиачной селитре, выпускаемой НАК «Азот» (г. Новомосковск), содержание $N_{общ} \sim 27\%$, $pH \sim 6$ (10% раствор) [11].

Основным достоинством жидкой КАС (к примеру, выпускаемой ООО «Азот», г. В.Новгород, $N_{общ} \sim 28-32\%$), является наличие в его составе всех основных форм азота (NH_4^+ , NO_3^- , NH_2^+), необходимых для развития растений. Однако для хранения жидкой КАС необходимо наличие больших резервуаров, значительные трудности возникают также при ее транспортировке в зимнее время.

Относительно незначительная доля ИАС и КАС в общем объеме производства азотных удобрений связано, в первую очередь, указанными выше недостатками. Следовательно, в настоящее время сельскохозяйственные производители продолжают использовать преимущественно аммиачную селитру и карбамид, но при этом в большинстве случаев не обращают должного внимания на необходимость одновременной нейтрализации закисляющего эффекта аммиачной селитры [1].

Следует отметить, что несмотря на наличие значительного количества патентов на способы получения медленнорастворимых азотных удобрений, в них практически не приводятся результаты агро-

химических исследований, подтверждающих их превосходство над известными видами удобрений.

С учетом вышесказанного, целью данной работы является разработка способов получения модифицированных азотных удобрений, превышающих карбамид и аммиачную селитру по всем основным показателям.

Экспериментальная часть

Объектами исследований являются медленнорастворимые NMg-удобрения на основе промышленных азотных удобрений – карбамида (КМУ), смеси карбамида с аммиачной селитрой (КАС) и с аммиачной селитрой (АСМУ), затворяемые цементом Сореля.

Азотно-магниевые удобрения получали на основе карбамида (ГОСТ 2081-2010, ОАО «Минудобрения», г.Пермь) и аммиачной селитры (ГОСТ 2-85, ООО «Менделеевсказот»). В качестве магниезаляющего вяжущего использовали каустический магnezит (марки ПМК и МКМ: $MgO = 80-85\%$, $MgCO_3 = 5-10\%$), затворитель – технический $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (ТУ2141-073-00206457–2006, Химзавод им. Л.Я. Карпова, г.Менделеевск).

Опыты проводили по схеме, представленной на рис. 1. При этом количество исходных компонентов, состав получаемых удобрений и теоретический выход продуктов рассчитывали с помощью универсального материального баланса, разработанного нами (в EXCEL).

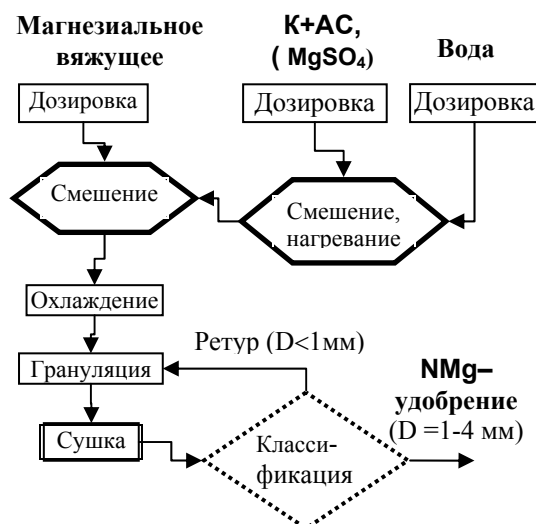


Рис. 1 - Блок-схема получения NMg-удобрений

Расчетные количества сырьевых компонентов (удобрений и затворителя) растворяли в воде (в случае неполного растворения смесь подогревали). Горячий раствор быстро смешивали с магниезаляющим вяжущим, выливали суспензию на поддон (толщина слоя 1-4 мм) и охлаждали.

В случае относительно небольшой скорости твердения тестообразной реакционной массы (при наличии остаточной свободной влаги) ее гранулировали с помощью экструдера. В отсутствии свободной влаги в реакционной смеси ее твердение проис-

ходило в течение нескольких минут (по мере остывания до 60-80°C).

Отвердевшую плитку удобрений гранулировали различными способами (молотковой и шнековой дробилкой). Измельченные гранулы классифицировали (1-4 мм) и мелкую часть (около 5-10 %) снова отправляли на гранулирование.

Полученные образцы удобрений далее анализировали на содержание азота стандартными химическими методами [12]. Кроме того, оценивали их основные физико-химические свойства: величину pH растворов, прочность гранул (через 2-4 недели), кинетику их растворения, скорость водопоглощения и некоторые другие показатели.

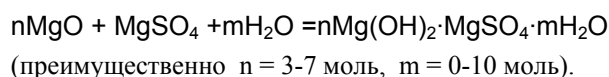
Агрохимическая эффективность разработанных нами NMg-удобрений оценивали в вегетационных опытах на некоторых зерновых и технических культурах. Опыты проводили на дерново-подзолистой слабокислой почве, характерной для Республики Татарстан ($pH_{KCl} = 4,8$), азот вносили из расчета 0,15 г/кг почвы.

В качестве основных критериев оценки в вегетационных опытах были выбраны:

- масса урожая зерновых (пшеница, ячмень);
- изменение массы зерна и соломы (по отношению к варианту с карбамидом);
- выход сырой массы суданской травы (по отношению к карбамиду).

Обсуждение результатов

В литературе данных о возможности получения медленнорастворимых азотных удобрений путем затворения различных исходных удобрений цементом Сореля не обнаружены. Цемент Сореля (продукт взаимодействия MgO с растворами солей магния, например, $MgSO_4$) представляет собой малорастворимые в воде гидроксидсульфаты (ГОС) переменного состава:



Выбор цемента Сореля в качестве связующего обусловлен его способностью быстро затвердевать на воздухе и хорошо связывать относительно большие количества примешиваемых к ней наполнителей (как минеральных, так и органических веществ). Образующиеся при этом медленнорастворимые щелочные не слеживающиеся NMg – удобрения, по сравнению с известными промышленными, имеют значительные преимущества, основными из которых являются:

- значительное сокращение потерь азота удобрений (следовательно, увеличение коэффициента использования азота растениями);
- возможность увеличения нормы внесения азота в почву при возникновении такой необходимости (не допуская загрязнения почв и грунтовых вод избытком азота);
- возможность внесения всей дозы азота в один прием (следовательно, не потребуется подкормки в летний период);
- постепенная нейтрализация избыточной кислотности почв [благодаря наличию $Mg(OH)_2$].

Кроме того, можно предполагать, что благодаря увеличению коэффициента использования азота растениями, разрабатываемые новые удобрения будут способствовать также:

- увеличению урожайности сельскохозяйственных, овощных и плодовых культур (благодаря наличию двух основных элементов питания);
- увеличению урожая даже при пониженных дозах удобрений (по сравнению с К и АС);
- получению несколько укосов зеленой массы технических культур, обеспечивая зеленый конвейер до глубокой осени (благодаря возможности регулирования скорости растворения удобрений).

Однако эти предположения требуют проверки в вегетационных и полевых опытах с различными культурами в реальных климатических условиях каждого региона.

При получении NMg –удобрений основными критериями были следующие показатели:

- содержание общего азота $N_{\text{общ}}$ – (не менее 20 %);
- содержание MgO;
- соотношение $N_{\text{общ}}:\text{MgO}$ (для большинства культур оптимально $N_{\text{общ}}:\text{MgO} = 1:0,2-0,6$ мас.).

Расчет состава удобрений с указанными параметрами методом постепенных приближений является достаточно сложным и занимает много времени (причем при отсутствии баланса сырья и продуктов необходимо делать перерасчет). Предложенная нами методика расчета материального баланса в EXCEL позволяет находить все требуемые параметры по целевому продукту ($N_{\text{общ}}$, $N_{\text{общ}}:\text{MgO}$) путем простого подбора исходных компонентов и концентрации MgSO_4 . В качестве примера ниже в табл. 1-4 приведена методика расчета состава КАС с заданным соотношением $N_{\text{общ}}:\text{MgO} = 1:0,4$ мас. с использованием магниезального вяжущего ПМК-85 ($\text{MgO} - 85\%$). В указанных таблицах приведены все искомые расчетные параметры по сырью (масса компонентов, количество добавляемой воды) и целевому продукту (состав удобрений; соотношение элементов питания, выход продукта; масса удаляемого пара и т.д.).

Расчеты начинаются с внесением в табл. 1 необходимых исходных данных:

- масса магниезального вяжущего (ПМК-85);
- условный оксидный состав вяжущего ($\text{MgO} - \text{X1}$, $\text{CaO} - \text{X2}$, ППП – X3, примеси – X4);
- состав заданного ГОС (например, ГОС-3);
- концентрация MgSO_4 (в пределах 15-100 %);
- заданное соотношение $\text{MgO}_{(\text{КАС})}:\text{N}$ (0,2-1 мас.);
- реальная масса продукта (ячейка № I 11 – экспериментальные данные).

Сущность всех расчетов (масса сырьевых компонентов и состав продукта с заданным соотношением элементов питания) в таблице EXCEL заключается в подборе величины $\text{MgO}_{(\text{ПМК})}:\text{N}$, масс. таким образом, чтобы удовлетворялись условия:

$$\text{MgO}_{(\text{КАС})}:\text{N} = 0,4:1 \text{ мас. и } m_{\text{ПАР}} \approx 10\%.$$

В рассматриваемом примере это достигается путем постановки числа 0,15 в ячейку № I 15 и числа 20 в ячейку № I 16:

т.е. при $\text{MgO}_{(\text{ПМК})}:\text{N} = 0,15$ мас. и $P_{(\text{MgSO}_4)} = 20\%$

величина $\text{MgO}_{(\text{КАС})}:\text{N} = 0,4:1$ мас. и $m_{\text{ПАР}} \approx 10,4\%$.

Таблица 1 – Исходные данные и основные реакции

1A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2									
3	Дано:	Масса ПМК-85, г						100	
4		Состав, %:	MgO	85				X1	
5			CaO	0				X2	
6			ППП	0				X3	
7			примеси	15				X4	
8		Тип ГОС –		3					
9		$\text{MgO}_{(\text{КАС})}:\text{N}$, мас. =		0,4					
10		K :AC, мас. =		0,5					
11		Масса продукта, г		1735				$m_{\text{КАС(экс)}}$	
12	Найти:								
13							$W_{\text{КАС}} =$	...? %	
14	Решение:								
15		Подбор $\text{MgO}_{(\text{ПМК})}:\text{N}$		0,15				(0-1 мас.)	
16		Подбор $P_{(\text{MgSO}_4)}$, %		20				(15-100%)	
17		120 г 120г 198г 438 г							
18		$3\text{MgO} + \text{MgSO}_4 + 11\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$							

Расчеты проводятся в соответствующих таблицах EXCEL:

- материальный баланс получения КАС (из 100 г вяжущего) – [табл. 2 (приход) и 3 (расход)];
- условный оксидный состав продуктов (табл. 4).

При допустимом минимальном содержании азота в NMg–удобрениях (около 20 %), максимально допустимое соотношение $N_{\text{общ}}:\text{MgO} = 1:0,6$ мас. (при этом $N_{\text{общ}} \approx 22\%$; $\text{MgO} \approx 13\%$). Для сравнения были получены также образцы удобрений при других соотношениях $N_{\text{общ}}:\text{MgO} = 1:0,2$ и $1:0,4$ ($N_{\text{общ}} \approx 37-30\%$; $\text{MgO} \approx 7-12\%$, соответственно) (табл. 4).

Скорость растворения гранул NMg–удобрений в зависимости от количества добавляемого магниезального вяжущего – М ($M = \text{MgO} : \text{N} = 0,2 \div 0,6$ мас.) уменьшается в десятки раз (рис.2).

При этом время растворения гранул ($\tau_{0,5}$ и $\tau_{0,9}$) равно:

$$\tau_{0,5} = 3000 \cdot M^2 - 150 \cdot M + 45, \text{ мин};$$

$$\tau_{0,9} = 400 \cdot M + 60, \text{ мин}.$$

Таким образом, изменяя массу добавляемого MgO (и эквивалентное количество MgSO_4) можно получить NMg–удобрения с регулируемой скоростью растворения.

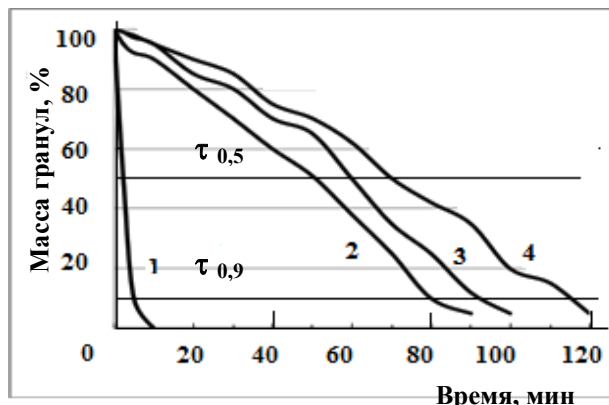


Рис. 2 – Кинетика растворения КМУ: 1 – карбамид; 2 – КМУ-1; 3 – КМУ-2; 4 – КМУ-3

Таблица 2 – Материальный баланс (приход)

22	B	C	D	E	F	G
23	ПРИХОД					Обозначение
24	Наименование	Масса, г				
25		сырье	вещество	примеси		
26		1. ПМК-85	100			
27	в т.ч. MgO		85		4,4	
28	в т.ч. CaO		0		0	
29	в т.ч. примеси			15	0,8	X4
30	2. Эпсомит	174			9,0	Y1
31	в т.ч. MgSO ₄		85		4,4	
32	в т.ч. H ₂ O			89	4,6	
33						
34	3. Вода	251	251	0	12,9	Y2
35	4. Карбамид	606		0	31,2	Y3
36	в т.ч. N _(K)		283			
37	5. AC	810		0	41,6	Y4
38	в т.ч. N _(AC)		283			
39	Сумма, г	1944	1840	104		
40	Сумма, %				100	

Полученные NMg-удобрения не слеживаются и не требуют герметичной упаковки. При 100% влажности воздуха в течение 2 мес. карбамид и AC поглощали около 70 % воды от своей массы (полностью растворились), а образцы КМУ – лишь 34-49 %.

Все виды NMg-удобрений являются щелочными (рН растворов ~10,5), следовательно, при постоянном внесении их в почву можно ожидать также дополнительной прибавки урожая за счет нейтрализации избыточной кислотности почв. Прочность КМУ в зависимости от количества добавляемого MgO составляет 2-3,2 кг на гранулу (по сравнению с прочностью исходного карбамида выше в 2-3 раза), что существенно уменьшает пылеобразование удобрений.

Таблица 3 – Материальный баланс (расход)

22	Н	И	Ж	К	Л	М	Н
23	РАСХОД				Обозначение	% от КАС	Обозначение
24	Наименование	Масса, г		%			
25		Продукт (mКАС(расч))	компоненты				
26		1. КАС	1741				
27	в т.ч. ГОС		310	15,9	Y5	17,8	Z1
28	в т.ч. Mg(OH) ₂		123	6,3	Y6	7,1	Z2
29	в т.ч. MgSO ₄		85	4,4	Y7	4,9	Z3
30	в т.ч. Н ₂ O		102	5,2	Y8	5,9	Z4
31	в т.ч. примеси		15	0,8	X4	0,9	Z5
32	в т.ч. карбамид		606	31,2	Y3	34,8	Z6
33	в т.ч. АС		810	41,6	Y4	46,5	Z7
34	в т.ч. N _(К)		283			16,3	Z6 ₍₁₎
35	в т.ч. N _(АС)		283			16,3	Z7 ₍₁₎
36	в т.ч. MgO		113			6,5	Z1 ₍₁₎
37	в т.ч. S		23			1,3	Z1 ₍₂₎
38	2. Газы	203		10,4			
39	Сумма, г	1944	1944				
40	Сумма, %			100		100	

Таблица 4 – Состав NMg – удобрений (ГОС-3, Mg(OH)₂:MgSO₄ = 3:1 мас.)

Удобрение	N _{общ} : MgO, мас.	K : AC, мас.	ГОС в продукте, %	Условный (оксидный) состав продукта, %		
				N _{общ}	MgO	Сумма NMg
КМУ(ГОС)-1	0,2	1	20,2	36,8	7,4	44,2
КАС(ГОС)-1		0,5	17,7	32,5	6,5	39
АСМУ(ГОС)-1		0	15,8	29,2	5,8	35
КМУ(ГОС)-2	0,4	1	33,3	30,4	12,2	42,6
КАС(ГОС)-2		0,5	29,9	27,4	10,9	38,3
АСМУ(ГОС)-2		0	27,1	25,1	9,9	35
КМУ(ГОС)-3	0,6	1	42,5	25,9	16	41,4
КАС(ГОС)-3		0,5	38,9	23,7	14,2	37,9
АСМУ(ГОС)-3		0	35,9	21,8	13,1	34,9

Как уже отмечалось, агрохимическая эффективность разрабатываемых удобрений может быть доказана только экспериментальным путем (в вегетационных и полевых опытах). С целью подтверждения указанных выше предположений о преимуществах NMg-удобрений были проведены вегетационные опыты с некоторыми зерновыми и техническим культурами (табл. 5 и 6). Учитывая, что обеспеченность почвы фосфором и калием была достаточной (P₂O₅ = 130 мг/кг почвы, K₂O = 70 мг/кг) в почву вносили лишь азотные удобрения.

Как видно из табл. 5, в контрольном опыте (без удобрений) урожайность зерновых очень мала. Азотные удобрения повышают выход массы зерна в 1,5-2,5 раза, при этом аммиачная селитра приводит к значительному возрастанию лишь в опытах с пшеницей (+12 %), в случае с ячменем разница практически отсутствует.

Таблица 5 – Влияние NMg-удобрений на урожайность зерновых культур (N = 0,15 г/кг)

Варианты опытов	Масса сухая, г			
	Ячмень (2009г)		Пшеница (2010г)	
	зерно (14%влаж.)	солома	зерно (14%влаж.)	солома
1. Контроль	7,1 (-61%)	8,3	9,3 (-23 %)	7,4
2. AC	18 (-3 %)	14	13,4(+12%)	10,6
3. K	18,4(±0 %)	14,4	12,0 (±0%)	9,4
4. КМУ-1 (MgO:N=0,2)	20,8(+13%)	16,7	15,2(+26%)	11,0
5. КМУ-2 (MgO:N=0,4)	23,3(+26%)	16,1	14,8(+23%)	11,2
6. КМУ-3 (MgO:N=0,6)	21,2(+15%)	15,6	15,1(+25%)	10,0

Внесение NMg-удобрений способствует возрастанию урожайности ячменя и пшеницы на 13-26% по сравнению с карбамидом (соответственно, в 1,6 раза и в 3,3 раза по сравнению с контролем).

В опытах с суданской травой при использовании NMg-удобрений удалось получить зеленую массу даже в 3 укосе поздней осенью (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние NMg-удобрений на выход зеленой массы суданской травы в 2009-10 гг (числитель – почва 8 кг, знаменатель – 15 кг)

Вариант (удобрение)	Зеленая масса, г				N _(NO₃) (2укос), мг/кг
	1 укос	2 укос	3 укос	сумма	
1.Контроль	<u>60</u> 118	<u>10</u> 140	<u>отс.</u> 5	<u>71 (-63%)</u> 263(-36%)	<u>—</u> 263
2.AC	<u>128</u> 146	<u>63</u> 267	<u>отс.</u> 26	<u>191 (+1%)</u> 440(+7%)	<u>—</u> 346
3.K	<u>119</u> 144	<u>71</u> 255	<u>отс.</u> 11	<u>189(±0%)</u> 410(±0%)	<u>—</u> 707
4.КМУ-1 (MgO:N=0,2)	<u>141</u> —	<u>105</u> —	<u>отс.</u> —	<u>246(+30%)</u> —	—
5. КМУ-2 (MgO:N=0,4)	<u>140</u> 139	<u>102</u> 305	<u>отс.</u> 31	<u>242(+28%)</u> 475(+16%)	<u>—</u> 376
6. КМУ-3 (MgO:N=0,6)	<u>159</u> 129	<u>97</u> 304	<u>отс.</u> 28	<u>256(+35%)</u> 462(+13%)	<u>—</u> 278

Максимальная прибавка массы в 2009 г достигла 35%, а в последующий год – лишь 16%. Такое существенное снижение эффективности NMg-удобрений объясняется тем, что в первый год вместе с урожаем из почвы выносятся значительное количество калия и фосфора, следовательно, в последующие годы их тоже необходимо вносить в эквивалентном количестве.

Необходимо обратить внимание на то, что при внесении КМУ содержание нитратов в сырой массе суданской травы было значительно меньше, в то время как при внесении карбамида эта величина превышала ПДК (ПДК_{NO₃} = 600 мг/кг сырой массы).

Следует отметить, что значительные прибавки урожайности зерновых (13-26%) и зелёной массы кормовых культур (13-30 %) связаны не только с увеличением коэффициента использования азота, но и наличием в NMg-удобрениях магния и нейтрализующем эффектом Mg(OH)₂.

Кроме того необходимо подчеркнуть, что результаты вегетационных опытов носят предвари-

тельный характер и их следует проверять в полевых опытах в реальных климатических условиях.

Выводы

Таким образом, на основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. разработаны способы получения NMg-удобрений на основе карбамида, аммиачной селитры и цемента Сореля (N–26-38%, MgO–7-17 %), меняя соотношение между которыми можно уменьшить скорость растворения гранул в значительных пределах (примерно в 2-20 раз по сравнению с карбамидом);

2. показано, что разработанные щелочные медленнорастворимые азотные удобрения не гигроскопичны, не слеживаются, имеет высокую прочность и величину pH > 10, при этом сумма питательных элементов NMg ≈ 30-40 %;

3. в вегетационных опытах показано, что применение NMg-удобрений позволяет увеличить урожайность зерновых на 13-25%, а выход зеленой массы некоторых технических культур – на 15-35 %;

Литература

1. Н.Ф. Губайдуллин, Р.М. Миннуллин, Г.С. Вафин. *Нива Татарстана*, 2-3, 14-17 (2013).
2. ТУ-21-10-73-90. Мел природный комовый, дробленый и молотый. 1990.
3. Р.Х. Хузиахметов, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 16, 7, 101-107 (2013).
4. Р.Х. Хузиахметов, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 16, 21, 69-73 (2013).
5. Патент РФ 2.078.067 (1997)
6. Патент РФ 2.165.400 (2001)
7. ТУ 9112-005-00008064-95. Дефекат
8. ГОСТ 9179-77. Жженая известь
9. ТУ 2189-064-05761643-2003. Известково-аммиачная селитра. Новомосковск, 2003.
10. Патент РФ 2.223.934 (2004)
11. Патент РФ 2.209.194 (2002)
12. А.С. Пискунов. *Методы агрохимических исследований*. КолосС, Москва, 2004. 312 с.

© Р. Х. Хузиахметов – канд. хим. наук, доц. каф. технологии неорганических веществ и материалов КНИТУ, romanova_rg@mail.ru; Ф. А. Абдрахманов – ген. дир. ООО «Менделеевскаэот»; Фт. А. Абдрахманов – нач. отдела эконом. развития того же предприятия; Ф. К. Сингатуллин, – гл. инженер того же предприятия; В. А. Козлов – нач. произв.-техн. отдела того же предприятия; А. М. Сабиров – д-р с-х. наук, проф. каф. экологии и природообустройства КГАУ.