

УДК 631.84

Магистрант Н.С. Дашко; студ. Н.И. Зубко
Науч. рук. доцент А.Ф. Минаковский
(кафедра ТНВиОХТ, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ В СИСТЕМЕ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-(NH}_4)_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}$

В последние годы мировое производство жидких удобрений (ЖУ) стабильно растет. Активно ведется разработка новых композиций жидких удобрений на основе нитрата аммония и мочевины, содержащих несколько питательных элементов, с целью создания комплексных удобрений, обладающих более широким спектром свойств.

Жидкие удобрения обладают рядом преимуществ перед твердыми как в производстве, так и при хранении и использовании: получение по более простой схеме без энергоемких стадий упарки и грануляции; сведение до минимума выброса вредных веществ в атмосферу; равномерное внесение и распределение питательных элементов в почве; меньшая себестоимость благодаря экономии на капитальных и энергетических затратах; исключение использования дефицитной и дорогой мешкотары; отсутствие необходимости в громоздких складских помещениях; полная механизация работ по погрузке, выгрузке и внесению в почву. Не смотря на все достоинства, есть и недостатки: выпадение солей из растворов при пониженных температурах, что обуславливает сезонный характер производства и доставки потребителю (март-ноябрь); потери азота из-за большого равновесного давления аммиака над жидким аммиаком и аммиакатами; сооружение резервуаров большой емкости; создание специального оборудования для внесения в почву и парка цистерн для перевозки; корродирующее действие; небольшие расстояния транспортировки (60-200 км).

К жидким удобрениям относятся: жидкие азотные удобрения; жидкие комплексные удобрения (ЖКУ), которые подразделяются на базисные (основные) растворы с соотношением $\text{N:P}_2\text{O}_5 \approx 1\text{-}3$ и растворы ЖКУ, уравновешенные до требуемого соотношения $\text{N:P}_2\text{O}_5\text{:K}_2\text{O:nMЭ}$ (микроэлементы) методом горячего или холодного смешения.

Технические требования (ТУ) к ЖУ наряду с высоким содержанием питательных элементов предусматривают низкие температуры кристаллизации и замерзания (не выше 0°C) и возможность восстановления свойств растворов при разморозании.

Помимо основных питательных элементов (азот, фосфор, калий) растениям необходимы мезо- (кальций, магний, натрий, сера) и микроэлементы (бор, кобальт, медь, железо, марганец, молибден, цинк и другие). Достаточное количество калия в питании растения необходимо для развития стволов, стеблей и листьев полноценными и крепкими; повышения растением сопротивляемости заболеваниям; водного дыхания и других водных обменных процессов; процесса фотосинтеза. Дефицит калия приводит к замедлению роста растений, особенно в вегетативной стадии; растения могут быстро развиваться, но будут длинными и слабыми; подавлению передвижения углеводов; снижению интенсивности фотосинтеза, восстановления нитратов и синтеза белка.

Сера играет важную роль в росте корней, питании и образовании хлорофилла и растительных белков, также является очень важным элементом для стадии вегетативного роста растения. При дефиците серы в растениях наблюдается снижение урожайности; ухудшение качества возделываемых культур; нарушение структуры, а также функционирования ферментов и белков в тканях листьев и семенах; уменьшение эффективности использования азота из удобрений растениями.

Для разработки расширенного ассортимента жидких удобрений необходимо изучить растворимость систем, содержащих помимо азота и иные питательные элементы, при температурах 0°C и более низких. Поэтому получение новых видов ЖУ на основе карбамида, имеющих в своем составе калий и серу, позволит значительно повысить спрос на них наряду с решением рентабельного использования сульфата аммония, побочного продукта производства капролактама, а также ввиду использования в качестве удобрения сульфата калия, не содержащего хлора.

Так как в литературных источниках данные о растворимости в системе «карбамид-сульфат аммония-сульфат калия-вода» при 0°C отсутствуют, то целью исследования является изучение растворимости в водно-солевой системе «карбамид-сульфат аммония-сульфат калия-вода» при 0°C .

Поставленная цель требует решения следующих задач – исследовать кинетику установления равновесия в системе « $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - K_2SO_4 - H_2O »; изучить растворимость в системе « $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - K_2SO_4 - H_2O »; установить возможные марки жидких удобрений.

В литературных источниках [1,2] присутствуют данные по растворимости при 0°C в системах « $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - H_2O » и

«CO(NH₂)₂-K₂SO₄-H₂O». Однако отсутствуют данные по растворимости при данной температуре в системе «(NH₄)₂SO₄-K₂SO₄-H₂O».

Исследования выполнялись на установке, представляющей собой герметично закрытую колбу с мешалкой, термостатируемую при 0°С в течение произвольного интервала времени. При изучении кинетики установления равновесия по достижению заданной температуры и через каждые 30 минут отбирали пробы жидкой фазы и определяли содержание азота в аммонийной форме в системе аналитическим методом. Равновесие считается наступившим, если два следующих друг за другом анализа жидкой фазы, взятых через установленные промежутки времени, совпадают в пределах ошибки опыта (± 0.02 % масс.). Суммарная продолжительность экспериментов составила 4 часа.

Результаты изучения кинетики установления равновесия в системе «CO(NH₂)₂-(NH₄)₂SO₄-K₂SO₄-H₂O» представлены на рисунке 1.

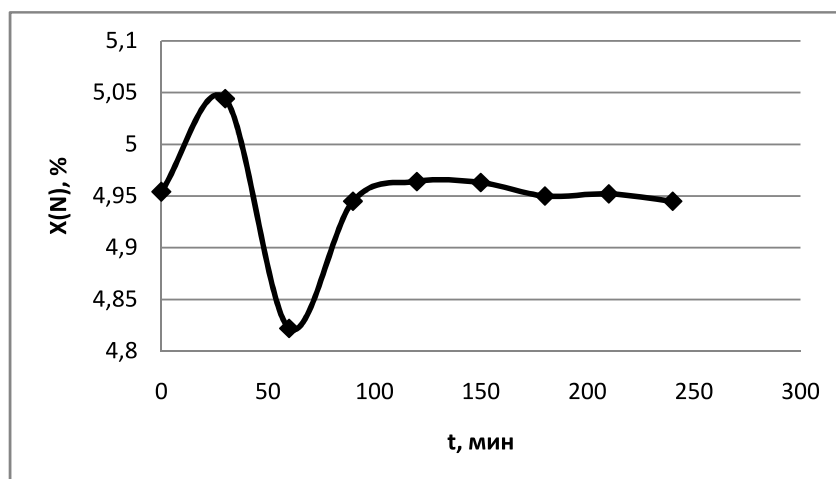


Рисунок 1 – Зависимость содержания азота в системе «CO(NH₂)₂-(NH₄)₂SO₄-K₂SO₄-H₂O» (%) от продолжительности эксперимента

Как видно из графика в системе равновесие установилось спустя 2-2,5 часа после начала эксперимента.

Системы состава «CO(NH₂)₂-(NH₄)₂SO₄-K₂SO₄-H₂O» и «(NH₄)₂SO₄-K₂SO₄-H₂O» выдерживали при перемешивании при 0°С в течение промежутка времени, необходимого для достижения состояния равновесия. Затем перемешивание прекращали и отбирали пробу жидкой фазы, в которой определяли содержание азота в аммонийной и амидной формах и ионов SO₄²⁻, K⁺. Данные по растворимости в исследуемой системе приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Растворимость в системе при 0°С в системе
«CO(NH₂)₂-(NH₄)₂SO₄-K₂SO₄-H₂O»**

Система	Содержание компонентов, масс. %			
	(NH ₄) ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	CO(NH ₂) ₂	H ₂ O
CO(NH ₂) ₂ -(NH ₄) ₂ SO ₄ -K ₂ SO ₄ -H ₂ O	23,4	2,44	25,41	48,75
CO(NH ₂) ₂ -(NH ₄) ₂ SO ₄ - H ₂ O	28,8	–	31,2	40,0
CO(NH ₂) ₂ -K ₂ SO ₄ -H ₂ O	–	28,8	37,8	33,4
K ₂ SO ₄ -(NH ₄) ₂ SO ₄ -H ₂ O	28,87	10,18	–	60,95

Полученные данные могут выступать в качестве справочных для разработки оптимальных составов жидких удобрений.

Согласно результатам исследования можно получить следующие марки удобрений, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Возможные марки удобрений

Марка удобрения	Содержание питательных элементов, %		
	N	K ₂ O	S
21-0-7	21	-	7
18-16-5	18	16	5
6-6-9	6	6	9
17-1-6	17	1	6

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучерявый В.И. Синтез и применение карбамида/ В.И. Кучерявый, В.В. Лебедев// Изд-во: «Химия», 1953. – С. 28-31.
2. Коган В.Б. Справочник по растворимости тройных многокомпонентных систем/ В.Б. Коган, В.М. Фридман, В.В. Кафаров// Москва: Изд-во Академии наук СССР. 1963, Т. 2. Кн. 1. – С.364.
3. Дашко, Н.С. Перспективные составы серосодержащих жидких азотных удобрений / Н.С. Дашко, А.Ф. Минаковский // Международная междисциплинарная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых “Science and Scientists”. – Днепрпетровск, 2015. – С. 197-200.
4. Дашко, Н.С. Прогнозирование марок серосодержащих жидких азотных удобрений / Н.С. Дашко, Н.И. Зубко, А.Ф. Минаковский // 69-я всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. – Ярославль, 2016. – С.109-112.