

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 633.31

doi: 10.55471/19973225_2022_7_1_38

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ АЗОТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ КАС**

Милюткин Владимир Александрович^{1✉}, Иванов Виталий Александрович², Попов Артем Владимирович³

^{1, 2, 3}Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

¹oiapp@mail.ru✉, <http://org/0000-0001-8948-4862>

^{2, 3}ssaa_ingener@mail.ru

Цель исследований – совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием инновационных сельскохозяйственных машин для внесения жидких азотных минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси. Агротехнические мероприятия с применением инновационных жидких азотных минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси (КАС) с добавлением серы по инновационным технологиям с применением инновационной техники являются важнейшими и перспективными факторами в сельскохозяйственном производстве растениеводческой продукции. Исследования инновационных способов и технических средств для внесения жидких удобрений КАС в течение ряда лет (2018-2021 гг.) проводились совместно со специалистами ПАО «КуйбышевАзот» и АО «Евротехника» на основных сельскохозяйственных культурах Поволжского региона (Самарская область) – пшеница (яровая и озимая), кукуруза, подсолнечник, соя – на полях Самарского ГАУ и агропредприятий Самарской, Волгоградской, Оренбургской, Ульяновской и Пензенской областей. Исследуемые в опытах технологии и технические средства обеспечивают возможность применения КАС различными способами: внутривредно, в виде некорневых подкормок, поверхностно по вегетирующей части растений и комбинированно. Систематизированы существующие технологии и технические средства внесения жидких азотных удобрений на основе КАС. Проведены сравнительные испытания по оценке преимуществ стандартного жидкого азотного удобрения КАС-32 (32% – N) и инновационного – азот-серосодержащего – КАС + S (24-26% – N и около 4% – S). Разработаны способы внесения жидких азотных удобрений на основе КАС. Полученные результаты исследований позволят агропредприятиям повысить урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур и их эффективность особенно в условиях недостаточного увлажнения с высокими атмосферными и почвенными температурами и при прогнозируемом глобальном потеплении.

Ключевые слова: сельхозкультура, технология, инновации, жидкие удобрения, урожайность.

Для цитирования: Милюткин В. А., Иванов В. А., Попов А. В. Перспективные инновационные техника и технологии для внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №1. С. 38–47. doi: 10.55471/19973225_2022_7_1_38

TECHNOLOGY, MEANS OF MECHANIZATION AND POWER EQUIPMENT
IN AGRICULTURE

Original article

**ADVANCED ENGINEERING AND TECHNOLOGY FOR APPLICATION OF LIQUID
NITROGEN CHEMICAL FERTILIZER CARBOMIDE-AMMONIA MIXTURE BASED**

Vladimir A. Milyutkin^{1✉}, Vitaly A. Ivanov², Artem V. Popov³

^{1, 2, 3}Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

¹oiapp@mail.ru[✉], <http://org/0000-0001-8948-4862>

^{2,3}ssaa_ingener@mail.ru

The purpose of the research is to improve cultivation technology of agricultural crops using innovative engineering designed for application of liquid nitrogen chemical fertilizers based on carbamide-ammonia mixture. Agrochemical measures with the use of innovative liquid nitrogen chemical fertilizers based on a carbamide-ammonia mixture (CAM) with addition of sulfur according to innovative engineering and technology are the most important and advanced factors in production of crop products. Research of innovative methods and technical means for applying fertilizer solution of the carbamide-ammonia mixture for a number of years (2018-2021) was carried out jointly with specialists of PJSC KuibyshevAzot and JSC Eurotehnika involving main agricultural crops of the Volga region (Samara region) – wheat (spring and winter), corn, sunflower, soy – in the fields of the Samara State Agricultural University and agricultural enterprises of the Samara, Volgograd, Orenburg, Ulyanovsk and Penza regions. The technologies and technical means studied during experiments provide the possibility of using carbamide-ammonia mixture in various ways: subsurface, in the form of foliage application, superficially along the vegetative part of plants and combined. The existing technologies and technical means of applying liquid nitrogen fertilizers based on carbamide-ammonia mixture were systematized. Comparative tests were carried out to assess the advantages of standard liquid nitrogen fertilizer CAM-32 (32% – N) and innovative nitrogen-sulfur-containing – CAM + S (24-26% – N and about 4% – S). Methods of applying liquid nitrogen fertilizers based on carbamide-ammonia mixture have been developed. The obtained research results will move agricultural enterprises to increase the yield of cultivated crops and their efficiency, especially in conditions of insufficient moisture with both high atmospheric and soil temperatures and taking into regard predicted global warming.

Keywords: agricultural crop, technology, innovations, fertilizer solution, yield.

For citation: Milutkin, V. A., Ivanov, V. A. & Popov, A. V. (2022). Advanced engineering and technology for application of liquid nitrogen chemical fertilizer carbamide-ammonia mixture based. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 1, 38–47 (in Russ.). doi: 10.55471/19973225_2022_7_1_38

Эффективность сложнейшего процесса производства сельскохозяйственной продукции зависит от множества факторов, одним из которых является уровень плодородия почвы и его поддержание для необходимого питания, роста и развития растений с целью получения максимально-возможной урожайности высокого качества. Агрохимические мероприятия с применением инновационных жидких азотных минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси (КАС) с добавлением остро-необходимой для роста и развития растений серы (S) по инновационным технологиям с применением инновационной техники являются одним из важнейших и перспективнейших факторов в сельскохозяйственном производстве растениеводческой продукции [1-3, 6, 7, 9].

Заключение ученых о критическом недостатке продовольствия в мире (особенно в развивающихся странах) требует значительного увеличения количества продуктов питания, соответственно, сельскохозяйственной продукции, в странах, имеющих резерв как в земельных угодьях, так и в возможностях значительного повышения эффективности технологий производства [10-15].

К таким странам, в первую очередь, относится Россия, которая за счет коренного реформирования сельского хозяйства в последние годы занимает лидирующее место по экспорту зерна пшеницы, семян подсолнечника и других сельскохозяйственных продуктов.

На сегодняшний день совместно с сотрудниками ведущих, территориально близких к Самарскому государственному аграрному университету, сельхозмашиностроительных предприятий (АО «Евротехника» и ООО «Пегас-Агро») и химических заводов (ПАО «Куйбышев Азот» и «Тольяттиазот») систематизированы и протестированы основные способы и специальные агрегаты для эффективного применения жидких удобрений КАС при возделывании сельхозкультур (рис. 1) [2-6, 8].

Цель исследований – совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием инновационных сельскохозяйственных машин для внесения жидких азотных минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси.

Задачи исследований – систематизировать существующие технологии и технические средства внесения жидких азотных удобрений на основе КАС; провести сравнительные испытания по оценке преимуществ стандартного жидкого азотного удобрения КАС-32 (32% – N) и инновационного – азот-серосодержащего – КАС + S (24-26% – N и около 4% – S); разработать оптимальные способы внесения жидких азотных удобрений на основе КАС и эффективного применения инновационных сельскохозяйственных машин и оборудования для внесения жидких азотных минеральных удобрений на основе КАС при возделывании различных сельскохозяйственных культур.

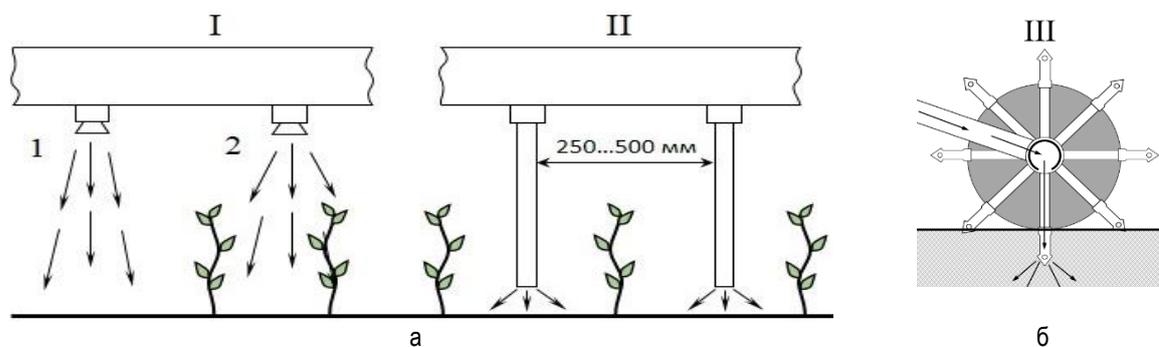


Рис. 1. Техничко-технологические схемы внесения жидких минеральных удобрений КАС:
 а) I – опрыскивателем через крупнокапельные форсунки: 1 – на поверхность почвы; 2 – на растения;
 II – шлангами-удлинителями на поверхность почвы; б) мульти-инжектором внутривреденно

Материалы и методы исследований. Исследования инновационных способов и технических средств для внесения жидких удобрений КАС в течение ряда лет (2018-2021 гг.) проводились совместно со специалистами ПАО «КуйбышевАзот» и АО «Евротехника» на основных сельскохозяйственных культурах Поволжского региона (Самарская область) – пшеница (яровая и озимая), кукуруза, подсолнечник, соя – на полях Самарского ГАУ и агропредприятий Самарской, Волгоградской, Оренбургской, Ульяновской и Пензенской областей.

В исследованиях опрыскиватели АО «Евротехника» (рис. 2, а) для обработки зерновых культур КАС (рис. 2) комплектовались крупнокапельными струйными (рис. 2, б) и дефлекторными (рис. 2, в) форсунками и шлангами-удлинителями для внекорневых подкормок зерновых и пропашных культур с целью исключения их «ожогов» (рис. 3) и обеспечения необходимого качества технологического процесса и высокой производительности машинно-тракторных агрегатов. Отличительной особенностью КАС является содержание в нем азота в трех формах: нитратный – 8%, аммонийный – 8%, амидный – 16%, что определяет пролонгированное действие удобрения и обеспечивает его повышенную эффективность за счет разного по времени действия на развитие растения. Опытами доказана наилучшая эффективность КАС при дробном его внесении из-за разных составляющих по азоту: 1) внутривреденно перед весенней культивацией опрыскивателями и мультиинжекторами; 2) листовая подкормка опрыскивателями с крупнокапельными форсунками и внекорневая подкормка опрыскивателями с удлинительными шлангами; 3) обработка раствором КАС по колосу опрыскивателями с крупнокапельными форсунками.

Так как листо-стеблевой частью растений усваивается только амидный азот, которого в КАС содержится только 16%, а аммонийные и нитратные формы азота, составляющие 16% (8 и 8 %), усваиваются корневой системой растений, то при обработке удобрениями растений опрыскивателями с крупнокапельными форсунками КАС, частично стекая с листьев и попадая на землю, впитывается в почву в виде внекорневой подкормки после атмосферных осадков, также усваивается растениями через корневую систему через определенное время в зависимости от погодных условий. В связи с этим при дробном внесении КАС для ускорения питания растений предусматривалось предпосевное внесение КАС до 30% и более от нормы внесения, что в целом повышает его эффективность (рис. 4).

Для эффективного применения КАС, главным образом, на пропашных – кукуруза, подсолнечник – на поздних фазах развития культур для исключения «ожогов» растений применялись

удлинительные шланги в различном конструктивно-технологическом исполнении: с одним отверстием на конце (рис. 3) или несколькими отверстиями (немецкая фирма Lechler) – для большей эффективности по площади внесения.



а



б



в

Рис. 2. Опрыскиватель (а) с дефлекторными (б) и струйными (в) форсунками



а



б

Рис. 3. Подкормка опрыскивателем с удлинительными штангами (а), следы внесенного КАС (двукратно – за два прохода) в междурядья кукурузы (б)

Результаты исследований. Проведенные сравнительные полевые опыты дали возможность оценить влияние на урожайность исследуемых сельхозкультур как жидких минеральных удобрений на базе КАС в чистом виде – КАС-32 (N – 32%) в сравнении с твердыми минеральными удобрениями – аммиачной селитрой (рис. 4), так и эффективность жидких азотных удобрений в чистом виде КАС-32 в сравнении с азот-серосодержащими жидкими минеральными удобрениями КАС + S (N – 24-26%, S – до 4%), то есть определить влияние серы при добавлении ее в КАС в соотношении 1:6. Так жидкие минеральные удобрения на базе КАС по сравнению с твердыми в среднем повышают урожайность: твердой яровой пшеницы – на 30%, подсолнечника – на 16%, кукурузы – на 33%, сои – на 47%. В новом жидком минеральном удобрении КАС + S добавкой серы снижается доля азота относительно стандартного удобрения КАС-32 от 32 до 24-26%. В опытах на каждой культуре удобрения по азоту N вносились в равных эквивалентных нормах на 1 гектар, а сера – из расчета 5 кг/га. Данные нормы обеспечиваются как при разовом внесении полной нормы, так и при дробном

внесении: за несколько внесений – проходов опрыскивателя (независимо от их количества), что обеспечивает установленный объем внесения удобрений, как и в варианте с твердыми удобрениями – разбрасывателем.

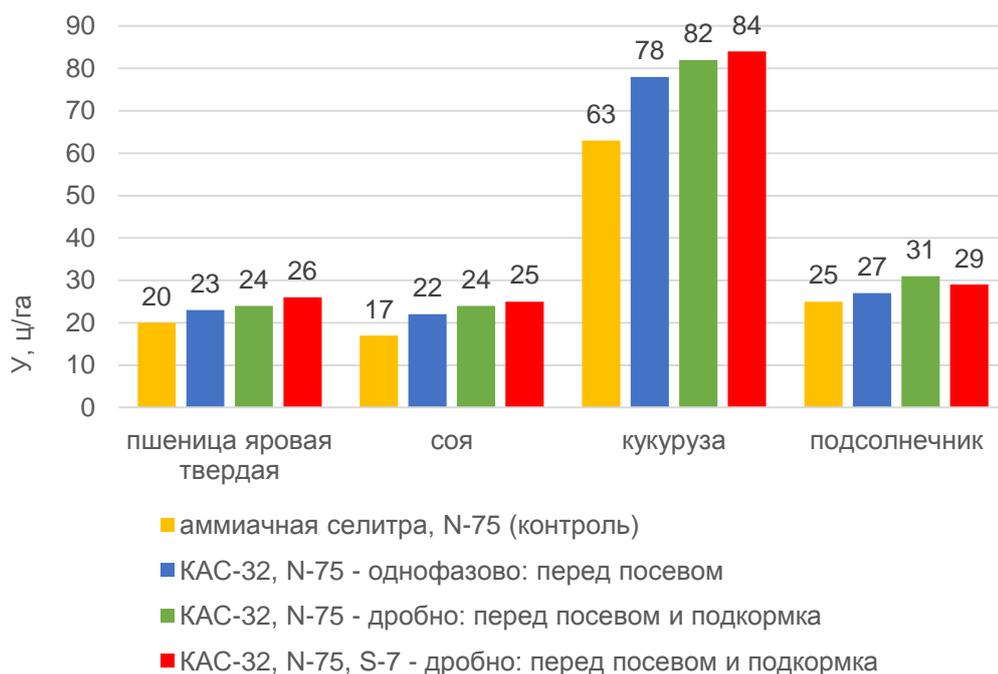
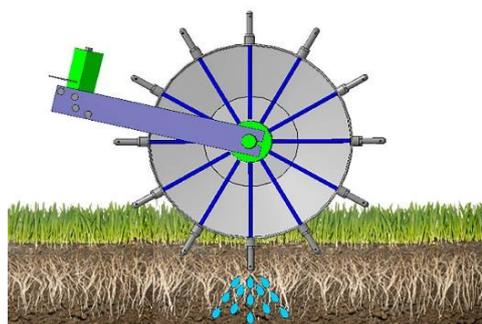


Рис. 4. Сравнительная (средняя за 2018-2020 гг.) урожайность (ц/га) яровой пшеницы, сои, кукурузы, подсолнечника при внесении жидких минеральных удобрений на базе КАС в сравнении с твердыми (аммиачная селитра)

Для повышения эффективности жидких минеральных удобрений в полевых исследованиях на озимой пшенице сорта Базис селекции Самарского НИИСХ применялся мультиинжектор ООО «Пегас-Агро» (рис. 5), что позволило получить существенную прибавку урожая (рис. 6). В междурядьях шириной 25 см и на расстоянии 13 см в рядке с помощью длинных игл с отверстиями на конце КАС вводится на нужную глубину (рис. 4) и под давлением впрыскивается в почву в корнеобитаемый слой, быстро усваивается азот нитратный и аммонийный и позже – азот амидный.



а



б

Рис. 5. Мультиинжектор ООО «Пегас-Агро»:
а – внешний вид; б – схема внесения КАС

В результате проведенных исследований с мультиинжектором ООО «Пегас-Агро» при внесении КАС на посевах озимой пшеницы в стадии кущения была получена значительно большая

урожайность, чем в опытах с применением опрыскивателя с крупнокапельными дефлекторными и струйными форсунками (рис. 6).

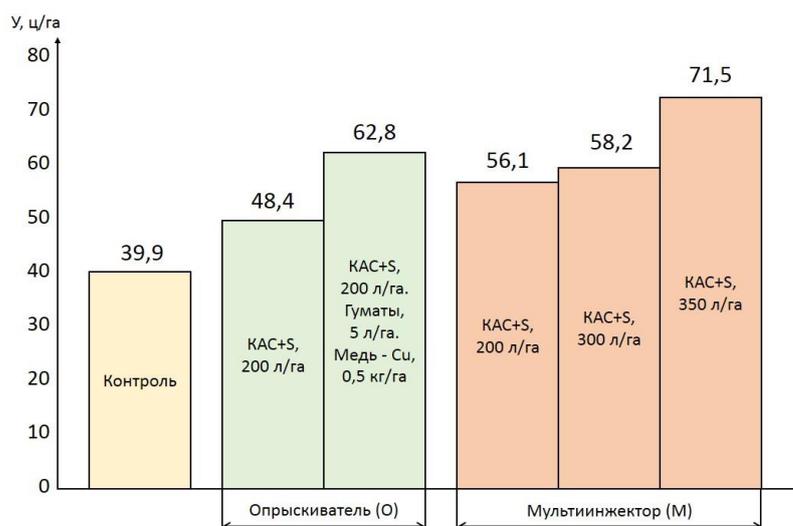


Рис. 6. Урожайность (ц/га) озимой пшеницы сорта Базис в зависимости от применения инновационных технологий внесения жидких азотных серосодержащих минеральных удобрений на базе КАС с микроэлементами (медь – Cu) и гуматом калия: поверхностно в фазу кущения – опрыскивателем (О) с крупнокапельными дефлекторными форсунками и внутрипочвенно – мультиинжектором (М) по сравнению с контролем (без удобрений)

Для внесения КАС одновременно с обработкой почвы и посевом АО «Евротехника» разработало, серийно выпускает и поставляет агропредприятиям инновационный агрегат FDC, состоящий из самой машины FDC 6000 и сельхозмашин – сеялок (CONDOR, EDX и DMC) (рис. 7), а также почвообрабатывающих агрегатов: культиватора Senius, дисковых борон Catros и Certos и иньектора собственной конструкции компании «AMAZONEN-Werke».



Рис. 7. Агрегат FDC 6000 для оборудования технологических комплексов – сеялок различного типа и назначения компании «AMAZONEN-Werke» для одновременного внесения жидких минеральных удобрений при посеве

Агрегат FDC 6000 имеет различные возможности применения с сеялками АО «Евротехника», как для точного высева пропашных культур (подсолнечник, кукуруза, соя и т.п.) – EDX 9000-ТС, так

и для зерна – высокопроизводительными сеялками для прямого, мульчирующего и традиционного посевов – DMC 9000 и DMC 12000 и высокопроизводительными сеялками для прямого мульчирующего и традиционного посевов – Condor 12000 и Condor 15000 (рис. 8). Особенно эффективны последние сеялки при посеве озимых при недостаточной влажности почвы.



Рис. 8. Варианты агрегатирования FDC 6000 с зерновыми и пропашными сеялками АО «Евротехника»: пропашная сеялка точного высева EDX 9000-TC, зерновые сеялки для классических технологий и No-Till, Mini-Till: DMC 9000; DMC 12000; Condor 12000; Condor 15000

Для прямого и мульчированного посева на примере широко распространенной в России высокопроизводительной сеялки Primera DMC (рис. 8, 9) представляется система внесения жидких удобрений КАС одновременно с посевом через отдельно-комплектующее приспособление сзади долотовидного сошника с возможным также внесением твердых минеральных удобрений. При внесении жидких минеральных удобрений одновременно с высевом семян и возможным внесением твердых минеральных удобрений жидкие удобрения под давлением из универсального агрегата FDC 6000 по специальной гидротрассе подаются за долотовидные сошники и впрыскиваются в почву (рис. 8).



Рис. 9. Универсальный агрегат FDC 6000 с сеялкой Primera DMC 9000, оборудованной системой подачи жидких удобрений под анкерный сошник

При решении проблемы внесения жидких минеральных удобрений КАС одновременно с посевом компания «AMAZONEN-Werke» выбрала наиболее эффективную конструктивно-технологическую схему использования созданного и серийно изготавливаемого в России (г. Самара) на предприятии АО «Евротехника» агрегата FDC 6000 в комплектации с зерновыми и пропашными сеялками, выпускаемыми на предприятии АО «Евротехника», то есть машинно-тракторные посевные комплексы с универсальным агрегатом FDC 6000 для жидких удобрений и сеялками: пропашными (EDX 9000-ТС) и зерновыми (DMC 9000, DMC 12000, Condor 12000 и Condor 15000) с бункерами для семян и твердых минеральных удобрений. Эти машинно-тракторные посевные комплексы дают возможность обеспечить за один проход благоприятные условия для семян сельскохозяйственных культур, высеваемых с одновременным внесением как твердых, так и жидких минеральных удобрений, включающих различные основные макроэлементы – N, P, K, мезоэлемент серу – S и микроэлементы в твердой и жидкой формах, что естественным образом способствует интенсивному развитию сельскохозяйственных культур с получением продукции высокого качества и большей урожайности. Заправочные емкости агрегата FDC 6000 для технологических сред: для жидких минеральных удобрений имеют объем 6000 литров, сеялочный агрегат EDX 9000-ТС для пропашных культур имеет бункер для твердых минеральных удобрений объемом 800 литров и для семян – 5000 литров, зерновая сеялка DMC 9000 – соответственно, 1050 и 3150 литров, сеялка DMC 12000 – соответственно, 1500 и 4500 литров, сеялки Condor 12000 и Condor 15000 имеют одинаковые по вместимости для удобрений и семян – соответственно, 3000 и 5000 литров, что обеспечивает планирование высокой производительности агрегатов при минимальном количестве заправок и технологических остановок.

Разработанная номограмма (рис. 10) соотношения объемов емкостей для технологических сред – семена высеваемых культур, вносимые различного вида удобрения (жидкие, твердые) – при установленных нормах применения дают возможность обеспечивать эффективную логистику при подготовке агрегатов к посеву при их заправке удобрениями и семенами, и планировать проведение посевных работ с возможно меньшими технологическими остановками при дозаправке агрегатов в процессе эксплуатации, то есть с максимально-возможной производительностью и выработкой машинно-тракторного агрегата [9].

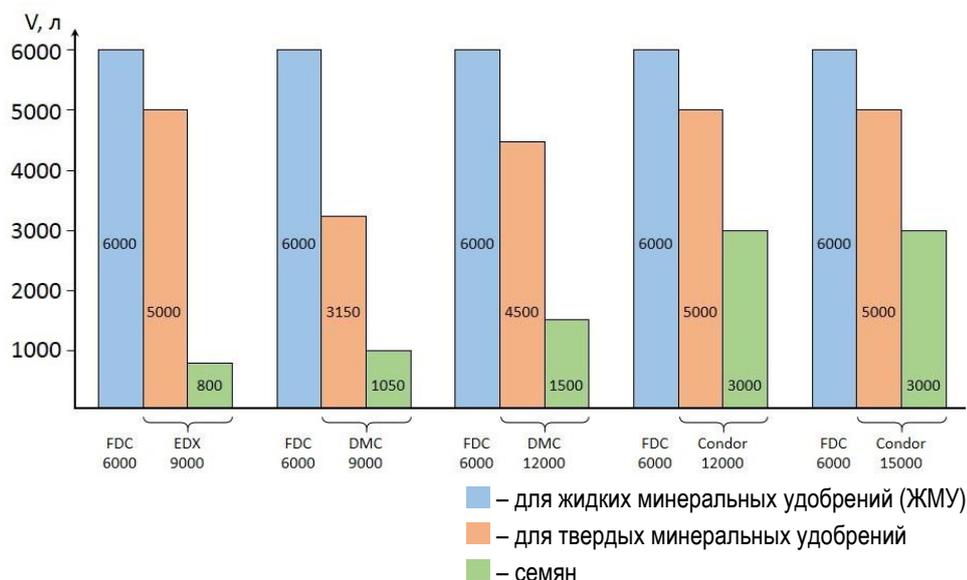


Рис. 10. Емкости бункеров в удобрительно-посевных комплексах FDC 6000 с сеялками EDX 9000-ТС, DMC 9000, DMC 12000, Condor 12000, Condor 15000

Заключение. Исследуемые в опытах технологии и технические средства обеспечивают возможность применения КАС различными способами: внутривредно, в виде некорневых подкормок, поверхностно по вегетирующей части растений и комбинированно. Систематизированы существующие технологии и технические средства внесения жидких азотных удобрений на основе

КАС; проведены сравнительные испытания по оценке преимуществ стандартного жидкого азотного удобрения КАС-32 (32% – N) и инновационного – азот-серосодержащего – КАС + S (24-26% – N и около 4% – S); разработаны оптимальные способы внесения жидких азотных удобрений на основе КАС. Полученные положительные результаты исследований позволят агропредприятиям повысить урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур и их эффективность особенно в условиях недостаточного увлажнения с высокими атмосферными и почвенными температурами и при прогнозируемом глобальном потеплении.

Список источников

1. Wilson W., Shakya S., Dahl B. Dynamic changes in spatial competition for the nitrogen fertilizer industry in the United States. *Agricultural Systems*. 2015. Vol. 135. P. 10–19.
2. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Техничко-агрохимическое обеспечение повышения урожайности и качества сельхозпродукции внесением жидких минеральных удобрений // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства : сборник статей IV Международной научно-практической конференции. Пенза, 2018. С. 122–127.
3. Милюткин В. А., Длужевский Н. Г., Длужевский О. Н. Техничко-технологическое обоснование эффективности жидких минеральных удобрений на базе КАС-32, целесообразность и возможность расширения их использования // *АгроФорум*. 2020. № 2. С. 47–51.
4. Милюткин В. А., Канаев М. А. Совершенствование технических средств для внесения удобрений // *Аграрная наука – сельскому хозяйству* : сборник статей. Барнаул, 2016. С. 36–37.
5. Милюткин В. А., Буксман В. Э. Высокоэффективный агрегат для внутрпочвенного внесения удобрений XTender с культиватором Ceniux-TX (Amazonen-Werke, АО «Евротехника») в технологиях NO-TILL, MINI-TILL и гребне-рядовых // *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК* : материалы XIV Международной научной конференции. Брянск, 2017. С. 488–493.
6. Аристархов А. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2016. № 5. С. 39–47.
7. Лазарев В. И., Гаврилова Т. В. Эффективность применения препарата КАС-32 на посевах яровой пшеницы // *Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов* : сборник докладов Международной научно-практической конференции. Курск, 2020. С. 56–60.
8. Аканов Э. Н., Визирская М. М., Аканова Н. И. Агроэкологическая оценка эффективности применения тиосульфата аммония в смеси с КАС-32 // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2019. № 5. С. 4–7.
9. Милюткин В. А., Милюткин А. В., Беляев М. А. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений комбинированным агрегатом при энерго-ресурсосберегающих технологиях // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2011. № 4. С. 73–74.
10. Айзинова И. М. проблемы продовольственной безопасности в сфере потребления: региональный аспект // *Проблемы прогнозирования*. 2015. № 6 (153). С. 124–135.
11. Милащенко Н. З., Самойлов Л. Н., Трушкин С. В. Проблемы интенсификации производства зерна пшеницы и их решение // *Плодородие*. 2018. № 2 (101). С. 21–25.
12. Самойлов Л. Н., Чернова Л. С., Трушкин С. В. Комплекс факторов, влияющих на производство и качество зерна пшеницы // *Плодородие*. 2018. № 6 (105). С. 12–16.
13. Шаповал О. А., Вознесенская Т. Ю. Влияние новых инновационных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном // *Плодородие*. 2020. № 6 (117). С. 6–10.
14. Потапов Д. В., Саниев Р. Н., Васин В. Г. Урожайность и масличность гибридов подсолнечника при применении удобрений в условиях лесостепи Среднего Поволжья // *Актуальные вопросы кормопроизводства. Состояние, проблемы, пути решения* : сборник научных трудов Национальной научно-практической конференции, посвящённой памяти Заслуженного деятеля науки РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ельчаниновой Надежды Николаевны. Кинель, 2019. С. 167–171.
15. Васин В. Г., Бурунов А. Н., Кошелева И. К., Адамов А. А. Формирование урожая яровой пшеницы и кукурузы при применении удобрений и стимуляторов роста // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20, № 2-2 (82). С. 320–329.

References

1. Wilson, W., Shakya, S. & Dahl, B. (2015). Dynamic changes in spatial competition for the nitrogen fertilizer industry in the United States. *Agricultural Systems*, 135, 10–19.
2. Milyutkin, V. A. & Buxman, V. E. (2018). Engineering and agrochemical support for increasing the yield and quality of agricultural products by applying liquid chemical fertilizers. *Resource-saving technologies and technical means for*

the production of crop products and animal husbandry '18: *collection of articles of the IV International Scientific and Practical Conference*. (pp. 122–127). Penza (in Russ.).

3. Milyutkin, V. A., Dluzhevsky, N. G. & Dluzhevsky, O. N. (2020). Engineering and technological effect of liquid chemical fertilizers based on CAM-32, expediency and possibility of expanding its use. *AgroForum (AgroForum)*, 2, 47–51 (in Russ.).

4. Milyutkin, V. A. & Kanaev, M. A. (2016). Improvement of technical means for fertilizer use. *Agrarian science-agriculture '16: collection of articles*. (pp. 36–37). Barnaul (in Russ.).

5. Milyutkin, V. A. & Buksman, V. E. (2017). XTender Powerful unit for subsurface fertilizer supply with cultivator Cenius-TX (Amazonen-Werke, Eurotechnika) in technologies NO-TILL, MINI-TILL and spur garden. *Agri-environmental aspects of sustainable development of agro-industrial complex '17: proceedings of the XIV International Scientific Conference*. (pp. 488–493). Bryansk (in Russ.).

6. Aristarkhov, A. (2016). Sulfur in agricultural ecosystems of Russia: monitoring of content in soils and effectiveness of its application. *Mezhdunarodnyi seliskhoziajstvennyi zhurnal (International Agricultural Journal)*, 5, 39–47 (in Russ.).

7. Lazarev, V. I. & Gavrilova, T. V. (2020). The effectiveness of use of CAM-32 fertilizer for spring wheat crops // Problems and prospects of scientific and innovative support of agro-industrial complex of regions: *collection of reports of the International scientific and practical conference*. (pp. 56–60). Kursk (in Russ.).

8. Akanov, E. N., Vizirskaya, M. M. & Akanova, N. I. (2019). Agroecological assessment of effectiveness of use of ammonium thiosulfate in a CAM-32 mixture. *Mezhdunarodnyi seliskhoziajstvennyi zhurnal (International Agricultural Journal)*, 5, 4–7 (in Russ.).

9. Milyutkin, V. A., Milyutkin, A. V. & Belyaev M. A. (2011). Efficiency of discriminatory application of liquid chemical fertilizers by a combined multiple unit with energy and resource-saving technologies. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 73–74 (in Russ.).

10. Aizinova, I. M. (2015). Problems of food safety at the consumption end: a regional aspect. *Problemy prognozirovaniya (Problems of forecasting)*, 6 (153), 124–135 (in Russ.).

11. Milashchenko, N. Z., Samoilo, L. N. & Trushkin, S. V. (2018). Problems of intensification of wheat grain production and their solution. *Crop producing power. Plodorodie (Plodorodie)*, 2 (101), 21–25 (in Russ.).

12. Samoilo, L. N., Chernova, L. S. & Trushkin, S. V. (2018). Complex of factors affecting the production and quality of wheat grain. *Crop producing power Plodorodie (Plodorodie)*, 6 (105), 12–16 (in Russ.).

13. Shapoval, O. A. & Voznesenskaya, T. Yu. (2020). Influence of new innovative fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain cultured on leached chernozem. *Plodorodie (Plodorodie)*, 6 (117), 6–10 (in Russ.).

14. Potapov, D. V., Saniev, R. N. & Vasin, V. G. (2019). Crop yield and oil content of sunflower trihybrid under applying fertilizers within the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. *Topical issues of fodder production. Status, problems, solutions '19: collection of scientific papers of the National Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor Nadezhda Nikolaevna Yelchaninova*. (pp. 167–171). Kinel (in Russ.).

15. Vasin, V. G., Burunov, A. N., Kosheleva, I. K. & Adamov, A. A. (2018). The formation of the harvest of spring wheat and corn with the use of fertilizers and growth stimulants. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo centra Rossiiskoi akademii nauk (Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences)*, 20, 2-2 (82), 320–329 (in Russ.).

Информация об авторах

В. А. Милюткин – доктор технических наук, профессор;

В. А. Иванов – аспирант;

А. В. Попов – аспирант.

Information about the authors

V. A. Milyutkin – Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. A. Ivanov – postgraduate student;

A.V. Popov – postgraduate student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 4.12.2021; одобрена после рецензирования 12.01.2022; принята к публикации 9.03.2022.

The article was submitted 4.12.2021; approved after reviewing 12.01.2022; accepted for publication 9.03.2022.