УДК 631.84 :631.8.022.3: 631.816.31: 631.816.353
https://doi.org/10.31251/pos.v8i2.303

Check for updates

Эффективность разных форм азотных удобрений на черноземе обыкновенном в южной лесостепи Барабы

© 2025 С. А. Колбин, Г. И. Ткаченко, Л. М. Самохвалова

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, ул. Центральная, 2б, Новосибирская область р.п. Краснообск, 630501, Россия. E-mail: KolbinSA@sfsca.ru

Цель исследования. *Сравнительная оценка эффективности внесения твердых и жидких минеральных азотных удобрений посевным комплексом Bourgault 3330 в условиях южной лесостепи Барабы на черноземе обыкновенном в посевах яровой пшеницы.*

Место и время проведения. *Экспериментальная часть исследований была проведена в 2021 г. в южно-лесостепном Барабинском агроландшафтном районе Новосибирской области.*

Методы. *Исследования проводили методом полевого опыта; агрохимический анализ почвы и растительных образцов осуществляли по общепринятым методикам. Для внесения удобрений и посева яровой пшеницы сорта Тобольская использовали посевной комплекс Bourgault 3330; в технологии возделывания пшеницы применяли комплекс средств интенсификации: гербициды, фунгициды, инсектициды и регуляторы роста растений. Учет фактической урожайности пшеницы проводили комбайном JohnDeere 9570 STS с автоматической цифровой системой взвешивания (ActiveYield); одновременно определялась биологическая урожайность сноповым методом. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа.*

Основные результаты. *Сравнили эффективность локального внесения двух форм азотного удобрения: твердого – гранулированная аммонийная (аммиачная) селитра и жидкого – карбамидо-аммиачная смесь (КАС-32). В контрольном варианте (без внесения удобрений) урожайность пшеницы составляла 2,79 т/га, на фоне с внесением диаммофоски в рядок с семенами она увеличивалась на 8%, а в вариантах с совместным применением диаммофоски и аммонийной селитры или КАС-32 между рядами семян пшеницы она повышалась на 16%. В вариантах с внесением жидких и твердых азотных удобрений имелись различия в формировании продуктивности растений: при внесении аммонийной селитры урожайность повышалась за счет большего количества продуктивных стеблей, а в варианте с КАС-32 увеличивалось количество зерен в колосе и масса 1000 зерен. Вынос азота растениями пшеницы и коэффициент использования азота удобрений (36%) были более высокими при внесении аммонийной селитры.*

Заключение. *В полевом опыте на черноземе обыкновенном в южной лесостепи Новосибирской области агрономическая эффективность твердого и жидкого азотного удобрения была одинаковой. При внесении аммонийной селитры вынос азота растениями и коэффициент использования азота удобрений были максимальными, что было связано с более высоким выносом азота соломой в сравнении с вариантом КАС-32. Однако физиологическая эффективность – прибавка зерна за счет дополнительного выноса 1 кг азота удобрения – при внесении аммонийной селитры была в 1,3 раза ниже, чем в варианте КАС-32. Эффективность использования азота удобрения и почвы урожаем зерна пшеницы, при внесении КАС-32 и аммонийной селитры составляла 54%. Внесение твердых и жидких азотных удобрений способствовало улучшению качества зерна яровой пшеницы, особенно в варианте с применением КАС-32, где содержание клейковины повышалось до 30%.*

Ключевые слова: *чернозем обыкновенный; яровая пшеница; твердые удобрения (аммонийная селитра); жидкие удобрения (КАС-32); эффективность; качество зерна.*

Цитирование: *Колбин С.А., Ткаченко Г.И., Самохвалова Л.М. Эффективность разных форм азотных удобрений на черноземе обыкновенном в южной лесостепи Барабы // Почвы и окружающая среда. 2025. Том 8. № 2. e303. DOI: 10.31251/pos.v8i2.303*

ВВЕДЕНИЕ

Первостепенное значение в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур принадлежит минеральным удобрениям. Интенсификация технологии возделывания зерновых культур предполагает дальнейший рост объемов их применения. В Новосибирской области в период с 2016 по 2020 гг. приобретение минеральных удобрений повысилось с 12,5 до 41,6 тыс. т. По информации Министерства сельского хозяйства региона, планируемый объем применения удобрений в 2025 г. должен составить 61,7 тыс. т д.в. (О ходе приобретения …, 2020). На черноземных почвах Сибирского региона в первом минимуме для растений среди макроэлементов находится азот (Гамзиков, 2013), а наиболее востребованным твердым минеральным азотным удобрением в земледелии России является

аммиачная селитра, которая содержит азот в аммонийной и нитратной формах. В последние годы существенно увеличился объем применения жидких форм азотных удобрений. Известно, что они широко применяются более чем в 70 странах мира (Маткаш, Абрамов, 2023; Current world …, 2011). Обусловлено это тем, что жидкие удобрения обладают целым рядом свойств, обеспечивающих преимущество при производстве, хранении и внесении в почву по сравнению с твердыми удобрениями. Наибольшее распространение в практике земледелия получила карбамидо-аммиачная смесь (КАС), где содержание азота, в зависимости от марки, варьирует от 28 до 32%. Водный раствор КАС является смесью мочевины – $CO(NH_2)_2$ и аммонийной селитры – NH_4NO_3. Аммонийная, нитратная и амидная формы азота содержатся примерно в равных пропорциях. Наличие таких форм азота в удобрении обеспечивает их пролонгированное действие. Помимо этого, снижаются газообразные потери продуктов денитрификации и внутрипочвенная миграция легкоподвижных форм азота. Еще одно преимущество жидких азотных удобрений обусловлено меньшей стоимостью в сравнении с их твердыми аналогами. За счет механизации процессов погрузки и внесения жидких удобрений трудозатраты снижаются примерно в 2–3 раза, по сравнению с внесением твердых удобрений (Ягодин и др., 2002).

Многочисленными опытами в разных почвенно-климатических зонах России установлено, что эффективность внесения в почву эквивалентного количества жидких азотных удобрений равна, а в отдельных случаях – выше, чем твердых (Завалин и др., 2014; Есаулко и др., 2020; Блинова, Милюткин, 2020; Латарцев, Антонова, 2020). Результаты исследований по данному вопросу в Сибирском регионе противоречивы. Так, в полевых опытах на черноземе выщелоченном в Новосибирской области КАС-32 и аммиачная селитра оказали одинаковое действие на урожайность и качество зерна яровой пшеницы (Петров и др., 2017; 2019). В то же время, исследования, проведенные в этих же условиях, показали, что поверхностное внесение под предпосевную культивацию аммиачной селитры в дозе N30 обладало большей эффективностью, чем внесение эквивалентной дозы КАС-32 с помощью опрыскивателя; при увеличении дозы твердых или жидких удобрений до N60 урожайность пшеницы снижалась, а эффективность внесения различных видов удобрений была примерно одинаковой (Галеева, 2019). Другие исследователи отмечают, что в условиях Алтайского Приобья внесение КАС-32 в междурядье растений в эквивалентной дозе с твердым удобрением в рядок с семенами обеспечивало получение более высокого сбора семян льна масличного (Антонова, Латарцев, 2018).

Можно констатировать, что обзор литературных данных не позволяет сделать однозначный вывод о более высокой эффективности жидких форм азотных удобрений по сравнению с твердыми гранулированными. Так же необходимо отметить, что исследования по данной тематике, в основном, проведены в «модельных» опытах, где жидкие удобрения вносили опрыскивателями (в том числе и ранцевыми), а твердые формы удобрений разбрасывали вручную по поверхности почвы, либо их внесение производили техникой, переоборудованной кустарными методами. Вследствие этого такие исследования имеют большое теоретическое значение, но, по нашему мнению, не позволяют оценить многие аспекты эффективности внесения различных форм минеральных удобрений в условиях их практического применения в интенсивных технологиях с использованием высокопроизводительной техники. В РФ исследования по сравнению эффективности внесения данных форм удобрений специализированной техникой, в основном зарубежного производства, крайне малочисленны. При этом повышение объемов применения жидких удобрений обусловливает актуальность изучения агрономической эффективности внесения в почву твердых и жидких минеральных удобрений с использованием новых промышленных образцов техники в различных почвенно-климатических условиях Западной Сибири.

Цель исследования – сравнительная оценка эффективности внесения твердых и жидких форм азотных минеральных удобрений посевным комплексом Bourgault 3330 в условиях южной лесостепи Барабы на черноземе обыкновенном в посевах яровой пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевой опыт проведен в 2021 г. в ООО «Рубин» Краснозерского района Новосибирской области в производственных условиях, с использованием общепринятой в хозяйстве технологии прямого посева. Хозяйство расположено в южно-лесостепном Барабинском агроландшафтном регионе. Почва опытного поля – чернозем обыкновенный малогумусный супесчаный имеет следующие агрохимические показатели: содержание гумуса – 3,3%, общего азота – 0,16%, подвижного фосфора (по Чирикову) – 111 мг/кг (среднее), реакция почвенного раствора близка к нейтральной (pH – 6,5). Стартовые запасы нитратного азота в 0–40 см слое почвы были очень низкими – 12 кг/га, в 0–100 см

слое – 28 кг/га. Стартовые запасы продуктивной влаги в 0–100 см слое почвы были удовлетворительные – 103 мм. В 2021 г. сумма осадков за май–август составила 147 мм (80% от среднемноголетней нормы), ГТК Селянинова за этот период – 0,67 (в мае – 0,13; в июне–июле – 0,97; в августе – 0,63); в целом условия увлажнения вегетационного периода пшеницы были засушливыми.

В опыте применялись имеющиеся в хозяйстве минеральные удобрения в дозах, рассчитанных на планируемую урожайность пшеницы (3 т/га). На основании результатов агрохимического анализа почвы необходимо было внести 60 кг N и 23 кг P_2O_5 на 1 га. Использовали следующие удобрения: азотные – аммиачная селитра (N34,4) и КАС-32 (N32), фосфорные – диаммофоска (N12P23K23). Варианты опыта: 1 – контроль (без удобрений); 2 – диаммофоска 90 кг ф.м./га в рядок с семенами; 3 – диаммофоска 90 кг ф.м./га с семенами + аммиачная селитра в междурядье 150 кг ф.м./га; 4 – диаммофоска 90 кг ф.м./га с семенами + КАС-32 в междурядье 150 л ф.м./га. Размер опытной делянки – 100 × 13 м (0,13 га), учетная площадь – 4,6 × 54 м (0,025 га), расположение делянок систематическое, повторность опыта трехкратная. Яровую пшеницу сорта Тобольская с нормой высева 4 млн/га всхожих семян возделывали по интенсивной технологии по зерновому предшественнику (пшенице). Для посева и внесения удобрений по технологии прямого посева (без механической обработки почвы) использовали посевной агрегат Bourgault 3330 с трактором John Deere 9430. Посевной комплекс оборудован установкой для раздельного внутрипочвенного внесения двух форм(твердых или жидких) минеральных удобрений; для дозирования удобрений использовали спутниковую навигационную систему. В течение вегетации во всех вариантах опыта применяли следующие средства интенсификации (используемые в технологий возделывания пшеницы в ООО «Рубин»): гербициды – Камаро, СЭ (0,6 л/га) + Тризлак, ВДГ (0,02 кг/га) + Фокстрот Экстра, КЭ (0,5 л/га); инсектициды – Контадор, ВРК (0,1 л/га) + Альфаплан, КС (0,1 л/га); фунгицид Тилт, КЭ (0,5 л/га); внекорневая подкормка удобрениями – карбамид 10 кг/га + монокальцийфосфат 2,5 кг/га + цинк 0,15 кг/га (в хелатной форме) + нитрат магния 3 кг/га; регуляторы роста – гумат калия-натрия 0,5 л/га + ЦеЦеЦе 750, ВК 0,8 л/га (Колбин и др., 2023).

Учет урожайности в опыте осуществляли комбайном John Deere 9570 STS с системой взвешивания (Active Yield с датчиками влажности и определения урожайности зерна). Одновременно на каждой делянки вариантов опыта были отобраны снопы (по 10 повторений площадью 0,25 $м^2$) для определения биологической урожайности пшеницы и содержания N и P_2O_5 в зерне и соломе растений (Методические указания …, 1980). Показатели биологической урожайности пшеницы и выноса макроэлементов были условно пересчитаны на 1 га посевной площади. Стартовые запасы продуктивной влаги определяли термостатно-весовым методом, содержание $N\text{-}NO_3$ – усовершенствованным дисульфофеноловым методом (Иодко, Шарков 1994). Содержание клейковины в зерне определяли согласно ГОСТ Р 54478-2011. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Урожайность яровой пшеницы в контрольном варианте составила 2,79 т/га (табл. 1). Такая продуктивность обусловлена высоким эффективным плодородием почвы в результате систематического применения в предшествующие годы минеральных удобрений в ООО «Рубин». В варианте с внесением диаммофоски (ДАФК) урожайность увеличивалась примерно на 8% по сравнению с контролем. При улучшении азотного питания в варианте с внесением 50 кг N/га аммиачной селитры прибавка урожайности зерна пшеницы к фону (ДАФК) составила 0,24 т/га. Аналогичное положительное действие оказывало и жидкое удобрение КАС-32 в дозе 50 кг N/га.

Полученные результаты опыта подтверждают данные ранее проведенных исследований о том, что внесение различных форм азота в одинаковых дозах не приводит к существенному изменению урожайности зерновых культур. Так как азот удобрений (представленный аммонийной, нитратной или амидной формами), попадая в почву, претерпевает ряд превращений: амидная форма в течение нескольких дней превращается уробактериями в аммонийную форму, а в последующем с помощью нитрифицирующих микроорганизмов – в нитратную (Гамзиков, 2013). Причем эти процессы одинаково протекают как с жидкими, так и твердыми удобрениями. В результате этого при внесении разных форм азотных удобрений растения потребляют азот, в основном, в виде нитратов. Данную закономерность подтверждают результаты исследований по сравнению действия жидкого азотного удобрения (КАС) и гранулированных азотных удобрений (мочевины и аммиачной селитры), которые показали, что между этими формами удобрений отсутствовали различия в урожайности и в содержании белка (Петров и др., 2019; UAN – a better way ..., 2004).

Таблица 1

Урожайность яровой пшеницы сорта Тобольская и агрономическая эффективность минеральных удобрений

Вариант и доза NPK	Урожайность, т/га	Прибавка зерна, т/га		*Агрономическая эффективность удобрений, кг зерна/1 кг д.в.	
		к контролю	от азотных удобрений	N	NPK
Контроль	2,79	-	-	-	-
Диаммофоска (ДАФК) N12P23K23	3,00	0,21	-	-	3,6
ДАФК + NH_4NO_3 N62P23K23	3,24	0,45	0,24	4,8	4,2
ДАФК + КАС32 N62P23K23	3,22	0,43	0,22	4,4	4,0
$НСР_{05}$	0,06	0,06	0,07	-	-

Примечание.

*Агрономическая эффективность удобрений – это оплата единицы удобрений (кг д.в.), полученной прибавкой товарной продукции (хозяйственной урожайностью) культуры.

Анализ агрономической эффективности минеральных удобрений показал, что в варианте с внесением диаммофоски окупаемость 1 кг д.в. (NPK) прибавкой зерна составила 3,6 кг, а при внесении дополнительной дозы азотного удобрения она возрастала на 11-14%. Относительно низкая агрономическая эффективность применяемых в ООО «Рубин» минеральных удобрений обусловлена засушливыми условиями вегетации в 2021 г. Необходимо отметить, что по данным многолетних метеорологических наблюдений в южной лесостепной зоне Новосибирской области встречаемость засушливых лет составляет примерно 60%. В наших исследованиях окупаемость 1 кг д.в. удобрений прибавкой зерна была на уровне средних значений для РФ (5 кг зерна) или примерно в 2 раза ниже среднемировых (Кирюшин, 2016).

Сноповой анализ биологической урожайности пшеницы позволил выявить влияние удобрений на элементы продуктивности растений (табл. 2 и 3). Необходимо отметить, что уровень биологической урожайности пшеницы был в среднем на 24% выше, чем при учете урожая зерна комбайном (см. табл. 1), но ошибка определения урожайности увеличивалась примерно в 3 раза – с 0,06 до 0,16 т/га. Это связано с более точным учетом урожайности комбайном JohnDeere 9570 STS с автоматическими цифровыми системами взвешивания (ActiveYield) и автоматической оценкой качества чистого зерна и недомолота (Combine Advisor). При этом не было отмечено принципиальных изменений в закономерностях, полученных в опыте разными методами учета урожайности.

Таблица 2

Элементы продуктивности яровой пшеницы в зависимости от форм применяемых азотных удобрений

Вариант	Количество растений, млн/га	Количество продуктивных стеблей, млн/га	Количество зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
Контроль	4,2	4,2	20,9	35,7
Диаммофоска (ДАФК) N12P23K23	4,2	4,7	20,7	38,3
ДАФК + NH_4NO_3 N62P23K23	4,5	5,2	23,2	35,4
ДАФК + КАС32 N62P23K23	4,2	4,9	23,1	37,8
$НСР_{05}$	0,4	0,3	1,2	1,6

Таблица 3

Влияние различных форм азотных удобрений на продуктивность, валовой сбор белка и качество зерна яровой пшеницы

Вариант опыта	Биомасса соломы, т/га	Биологический урожай зерна, т/га	Валовой сбор белка с урожаем зерна, кг/га	Клейковина, %	Класс зерна
Контроль	4,71	3,12	364	21	4
Диаммофоска (ДАФК) N12P23K23	6,15	3,70	432	19	4
ДАФК + NH_4NO_3 N62P23K23	6,90	4,25	497	26	3
ДАФК + КАС32 N62P23K23	5,95	4,24	495	30	2
$НСР_{05}$	0,24	0,16	19		

Установлено, что внесение минеральных удобрений не влияло существенно на всхожесть и сохранность посевов пшеницы (количество растений варьировало от 4,2 до 4,5 млн/га). В варианте с внесением диаммофоски урожайность повышалась за счет увеличения количества продуктивных стеблей (на 12%) и массы 1000 зерен (на 8%). При дополнительном внесении жидких и твердых азотных удобрений в дозах N50 урожайность зерна пшеницы была на 15% выше, чем в варианте с внесением ДАФК. Формирование продуктивности растений в вариантах опыта с жидкими и твердыми азотными удобрениями имело существенные различия. Так, в варианте с внесением аммиачной селитры урожайность повышалась в основном за счет увеличения количества продуктивных стеблей растений (до 5,2 млн/га). В данном варианте опыта наблюдалось увеличение биомассы соломы, в том числе и за счет увеличения на 8 см высоты растений, по сравнению с вариантами ДАФК и ДАФК + КАС-32. В варианте с внесением КАС-32 урожайность возрастала за счет увеличения количества зерен в колосе и массы 1000 зерен; в тоже время не наблюдалось существенного изменения биомассы соломы, по сравнению с внесением ДАФК.

Валовой сбор белка с урожаем зерна в вариантах с внесением как твердых, так и жидких азотных удобрений увеличивался на 15%, по сравнению с вариантом ДАФК. В этих вариантах также повышалось качество зерна яровой пшеницы – при внесении аммиачной селитры содержание сырой клейковины было, соответственно, на 5 и 7 абс. % выше, чем в контрольном варианте и ДАФК. При внесении жидкого удобрения КАС-32 содержание клейковины повышалось на 9 и 11%; в этом варианте было получено зерно самого высокого 2 класса качества (см. табл. 3).

Закономерности изменения выноса элементов питания растениями из почвы и удобрений находились в соответствии с урожайностью пшеницы. Так, вынос фосфора надземной биомассой пшеницы при внесении ДАФК увеличивался в 1,25 раза по сравнению с контролем (21,2 кг P_2O_5/га). Коэффициент использования фосфора удобрения (ДАФК) составлял 24%. Дополнительное внесение твердых и жидких азотных удобрений не увеличивало вынос фосфора растениями (табл. 4).

Таблица 4

Влияние различных видов азотсодержащих удобрений на вынос азота и фосфора растениями яровой пшеницы

Вариант опыта	Вынос P_2O_5, кг/га			Вынос N, кг/га		
	соломой	зерном	надземной биомассой	соломой	зерном	надземной биомассой
Контроль	2,1	19,1	21,2	21,2	63,9	85,1
Диаммофоска (ДАФК) N12P23K23	4,1	22,6	26,7	24,6	75,8	100,4
ДАФК + NH_4NO_3 N62P23K23	4,6	23,2	27,8	31,0	87,2	118,2
ДАФК + КАС32 N62P23K23	3,9	23,1	27,0	26,8	86,8	113,6
$НСР_{05}$	0,2	1,0	1,1	1,5	3,3	4,4

Вынос азота надземной биомассой пшеницы в варианте ДАФК + NH_4NO_3 был выше, чем в вариантах ДАФК и ДАФК + КАС-32 на 17 и 5%, соответственно. Увеличение выноса азота надземной биомассой растений при внесении аммиачной селитры происходило за счет его большего выноса соломой.

Рассчитанный разностным методом коэффициент использования азота удобрений при внесении диаммофоски составлял 131%. Высокое значение данного показателя обусловлено проявлением, так называемого феномена «взаимодействие внесенного азота», когда внесение удобрений способствует охвату корневой системой растений большего объема почвы, что приводит к увеличению потребления азота почвы (Jenkinson et al., 1985). В наших исследованиях при внесении комплексного удобрения (ДАФК) происходило увеличение надземной массы пшеницы, повышалась ее урожайность и наблюдалось более высокое потребление азота почвы, чем на контроле. В варианте с внесением аммиачной селитры коэффициент использования азота удобрения составил 36%, при внесении КАС-32 он снижался до 26% (табл. 5).

Таблица 5

Влияние различных видов азотсодержащих удобрений на эффективность использования азота почвы и удобрений

Вариант	Коэффициент использования азота удобрений, %	*Физиологическая эффективность удобрений (PE), кг зерна /кг выноса N	**Эффективность использования азота урожаем зерна (NUE_{yield}), %
Диаммофоска (ДАФК) N12P23K23	131	39	131
ДАФК + NH_4NO_3 N62P23K23	36	31	54
ДАФК + КАС32 N62P23K23	26	41	54

Примечание.

*Физиологическая эффективность удобрений (PE) – это способность растения преобразовывать дополнительный вынос азота удобрений в прибавку урожайности зерна (в кг прибавки урожая зерна/кг выноса азота удобрений надземной биомассой). **Эффективность использования азота урожаем зерна (NUE_{yield}) – это доля азота, поступающего из почвы, используемая для создания товарной продукции (зерна), выраженная в % (кг выноса N урожаем зерна × 100 / (запас N в почве + N удобрений в кг/га) (Колбин и др., 2024).

Физиологическая эффективность удобрений, то есть способность растения преобразовать вынос азота в прибавку урожайности зерна, в варианте ДАФК + КАС-32 была выше, чем при внесении ДАФК + NH_4NO_3. При внесении жидкого азотного удобрения растения пшеницы более эффективно использовали ресурсы N, то есть каждый дополнительно усвоенный 1 кг азота удобрений обеспечивал получение 41 кг прибавки зерна. В варианте с применением аммиачной селитры данный показатель был в 1,3 раза ниже, вследствие существенного увеличения выноса азота непродуктивной частью урожая (соломой).

Эффективность использования азота удобрений и почвы урожаем зерна (NUE_{yield}) была максимальной в варианте с внесением диаммофоски, но ее величина (131%) значительно выше оптимальных значений (50–90%), что указывает на существенный риск истощения запасов азота почвы. В вариантах с внесением жидких (ДАФК + КАС-32) и твердых азотных удобрений (ДАФК + аммиачная селитра) данный показатель находился в его оптимальных пределах (54%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные в полевом опыте на черноземе обыкновенном малогумусном супесчаном южной лесостепи Новосибирской области, показали, что агрономическая эффективность твердого и жидкого азотного удобрения одинакова. Наиболее высокий общий вынос азота биомассой пшеницы отмечен в варианте с внесением аммонийной селитры, что обусловлено большим выносом азота соломой в сравнении с вариантом КАС-32.

Коэффициент использования азота удобрений в варианте с аммонийной селитрой составлял 36%, что на 10% выше, чем при внесении жидкого удобрения. Однако физиологическая эффективность – прибавка зерна за счет дополнительного выноса 1 кг азота удобрения – при внесении селитры была в 1,3 раза ниже, чем в варианте КАС-32. Эффективность использования азота удобрений и почвы урожаем зерна (NUE_{yield}) при внесении жидких (КАС-32) и твердых (аммонийная селитра) азотных удобрений на фоне ДАФК составляла 54% .

При внесении как жидких, так и твердых азотных удобрений в эквивалентных дозах валовой сбор белка с 1 га посевной площади повышался на 15% по сравнению вариантом ДАФК. Качество зерна пшеницы в варианте с внесением диаммофоски соответствовало 4 классу, при содержании сырой клейковины 19%; при внесении аммиачной селитры содержание клейковины повышалось до 26% (3 класс), а при внесении жидкого азотного удобрения КАС-32 – до 30%, что соответствует 2 классу качества.

Таким образом, несмотря на одинаковую урожайность в вариантах опыта, применение КАС-32 имело преимущество перед твердыми удобрениями за счет более рационального потребления пшеницей ресурсов азота, способствующему дополнительному повышению качества зерна.

ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ по государственному заданию Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации сельского хозяйства СФНЦА РАН (проект № 0533-2021-0005)

ЛИТЕРАТУРА

Антонова О.И., Латарцев П.Ю. Изменение продуктивности льна масличного под влиянием жидких азотных удобрений // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции (Барнаул, 15–16 февраля 2018 г.). Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. Книга 1. С. 219–222.

Блинова Ю.А., Милюткин В.А. Сравнительная эффективность жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 с твердыми – аммиачная селитра при возделывании подсолнечника // Современные проблемы агропромышленного комплекса: сборник научных трудов 73-й Международной научно-практической конференции (Кинель, 17 июня 2020 г.). Кинель: РИО Самарского ГАУ, 2020. С. 8–10.

Галеева Л.П. Эффективность разных форм азотного удобрения при выращивании яровой пшеницы в условиях Новосибирского Приобья // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ (г. Новосибирск, 21–23 октября 2019 г.). Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. Выпуск 4. С. 50–52.

Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Российская академия сельскохозяйственных наук, Сибирское отделение, Новосибирский государственный аграрный университет. Новосибирск, 2013. 789 с.

Есаулко А.Н., Гарибджанян Г.А., Голосной Е.В., Громова Н.В. Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2020. № 3. С. 38–40. https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10310

Завалин А.А., Ефремов Е.Н., Алферов А.А., Самойлов Л.Н., Чернова Л.С., Благовещенская Г.Г. Преимущества и проблемы применения жидких азотных удобрений в земледелии // Агрохимия. 2014. № 5. С. 20–26.

Иодко С.Л., Шарков И.Н. Новая модификация дисульфофенолового метода определения нитратов в почве // Агрохимия. 1994. № 4. С. 95–97.

Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. Том 30. № 3. С. 19–25.

Колбин С.А., Ткаченко Г.И., Самохвалова Л.М. Эффективность разных видов азотных удобрений на черноземах Новосибирского Приобья // Почвы и окружающая среда [Электронный ресурс]: Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 55-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, 2–6 октября 2023 г.). Новосибирск: ИПА СО РАН, 2023. 291–296 с. DOI: 10.31251/conf1-2023

Колбин С.А., Гарафутдинова Л.В., Каличкин В.К. Эффективность использования азота удобрений яровой пшеницей на черноземе выщелоченном в лесостепи Новосибирского Приобья // Современное состояние и стратегия развития Географической сети опытов с удобрениями: Материалы Международной научной конференции (г. Москва, 27–28 ноября 2024 г.) / Под редакцией С.И. Шкуркина. Москва: ВНИИА, 2024. 132–296 с.

Латарцев П.Ю., Антонова О.И. Эффективность разных видов азотных удобрений под лен масличный в условиях колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 10(192). С. 13–19.

Маткаш А.А., Абрамов Н.В. Роль жидких удобрений в оптимизации минерального питания агроценозов // Мир инноваций. 2023. № 4(27). С. 20–23.

Методические указания по отбору проб, определение в них азота, фосфора и калия. Москва: ЦИНАО, 1980. 55 с.

О ходе приобретения минеральных удобрений в 2020 году и планы по приобретению до 2025 г. Министерство сельского хозяйства РФ. Москва, 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://mcx.gov.ru/upload/iblock /4a5 / 4a5e8900ca 37701862e106b46d2f0abe.pdf (дата обращения 10.07.2023).

Петров А.Ф., Мармулев А.Н., Митракова А.Г., Галузий Н.В. Влияние азотных удобрений на урожай и качество зерна яровой пшеницы // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. № 4(18). С. 14–19.

Петров А.Ф., Мармулев А.Н., Митракова А.Г., Коробова Л.Н. Эффективность применения жидких азотных удобрений на посевах яровой пшеницы. Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 2(24). Р. 119–124. https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-24-2-119-124

Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина. Москва: Колос, 2002. 584 с.

Current world fertilizer trend and outlook to 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2011 P. 41. [Electronic resource]. URL: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ea0fcebd-582e-4bd0-b176-8e083d658b87/content (дата обращения 23.03.2025).

Jenkinson D.S., Fox R.H., Rayner J.H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the so-called «priming» effect // Journal of soil Science. 1985. Vol. 36. No. 3. P. 425–444. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1985.tb00348.x

UAN – a better way to apply N to crops? // Grains Research and Development Corporation (GRDC), Online Farm Trials (OFT), Birchip, 2004. P. 144–148 [Electronic resource]. URL: https://www.farmtrials.com.au/trial/13802 Trial last modified: 05-12-2019 11:34am AEST. (дата обращения 23.03.2025).

Поступила в редакцию 13.03.2025
Принята 25.06.2025
Опубликована 30.06.2025

Сведения об авторах:

Колбин Сергей Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории плодородия почв Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН (Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, Россия); KolbinSA@sfsca.ru; kolbin66@mail.ru; https://orcid.org/0009-0009-3744-6907

Ткаченко Галина Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории плодородия почв Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН (Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, Россия); TkachenkoGI@sfsca.ru; https://orcid.org/0009-0002-9894-3973

Самохвалова Людмила Михайловна – старший научный сотрудник лаборатории плодородия почв Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН (Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, Россия); SamohvalovaLM@sfsca.ru; https://orcid.org/0009-0003-3336-1048

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья доступна по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 License

Efficiency of nitrogen fertilizer forms on the ordinary chernozem in the southern forest-steppe of Baraba

© 2025 S. A. Kolbin, G. I. Tkachenko, L. M. Samokhvalova

Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk Region, Krasnoobsk, Tsentralnaya St., 2b, 630501, Russia. E-mail: KolbinSA@sfsca.ru

The aim of the study. *Comparative assessment of the efficiency of solid and liquid mineral fertilizers applied by the Bourgault 3330 seeding complex for the spring wheat on the ordinary chernozem in the southern forest-steppe of Baraba.*

Location and time of the study. *The experimental part of the research was carried out in 2021 in the southern forest-steppe Baraba (Novosibirsk region, Russia).*

Methods*. The agrochemical analyses of soil and plant samples were carried out according to common classical methods. For application of fertilizers and sowing of spring wheat of the Tobolskaya cultivar, the Bourgault 3330 seeding complex was used. For wheat cultivation a set of intensification agents was used: herbicides, fungicides,*

insecticides and plant growth regulators. The actual wheat yield was recorded using a JohnDeere 9570 STS combine with an automatic digital weighing system (ActiveYield); at the same time the biological production was determined by the sheaf method. Statistical data processing was carried out using the analysis of variance method.
Results. *The efficiency of local application of two types of nitrogen fertilizer was compared: solid - granulated ammonium nitrate and liquid - UAN-32. In the control treatment (without application of fertilizers), the wheat yield was 2.79 t/ha: as compared with the diammophoska treatment, it increased by 8%, and in the treatments with combined use of diammophoska and ammonium nitrate or UAN-32 between the rows of wheat seeds during sowing, it increased by 16%. In the treatments with the liquid and solid nitrogen fertilizers, there were differences in plant productivity: when ammonium nitrate was applied, the yield increased due to a larger number of productive stems, and in the UAN-32 treatment, the number of grains in the ear and the mass of 1000 grains increased. The uptake of nitrogen by wheat plants and the coefficient of nitrogen use of fertilizers (36%) were higher when ammonium nitrate was applied.*
Conclusions. *In the field experiment on ordinary chernozem in the southern forest-steppe of the Novosibirsk region, the agronomic efficiency of solid and liquid nitrogen fertilizers was the same. When ammonium nitrate was applied, plant nitrogen uptake and the fertilizer nitrogen use coefficientof were maximal, most likely due to a higher nitrogen uptake by straw, as compared with the UAN-32 treatment. However, the physiological efficiency, i.e. the increase in grain due to the additional uptake of 1 kg of fertilizer nitrogen when applying ammonium nitrate was 1.3 times lower than in the UAN-32 treatment. The efficiency of fertilizer and soil nitrogen use by the wheat grain yield, when UAN-32 and ammonium nitrate were applied, was 54%. The application of solid and liquid nitrogen fertilizers contributed to the improvement of the grain quality of spring wheat, especially in the UAN-32 treatment, where the gluten content increased by 30%.*

Keywords: *ordinary chernozem; spring wheat; solid fertilizers (ammonium nitrate); liquid fertilizers (KAS-32); fertilizet efficiency; grain quality.*

How to cite: *Kolbin S.A., Tkachenko G.I., Samokhvalova L.M. Efficiency of nitrogen fertilizer forms on ordinary chernozem of the southern forest-steppe of Baraba. The Journal of Soils and Environment. 2025. Vol. 8. No. 2. e303. DOI: 10.31251/pos.v8i2.303 (in Russian with English abstract).*

FUNDING

The study was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the state assignment of the Siberian Research Institute of Agriculture and Chemicalization of Agriculture of the Siberian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (project No. 0533-2021-0005).

REFERENCES

Antonova O.I., Latarcev P.Yu. Changes in the productivity of oil flax under the influence of liquid nitrogen fertilizers. In book: Agrarian science – to agriculture. Collection of materials of the XIII International scientific and practical conference (Barnaul, February 15–16, 2018). Barnaul: RIO Altai State Agrarian University, 2018. Book 1. P. 219–222. (in Russian).

Blinova Yu.A., Milyutkin V.A. Comparative efficiency of liquid mineral fertilizers based on KAS-32 with solid ones - ammonium nitrate in sunflower cultivation. In book: Modern problems of the agro-industrial complex. Collection of scientific papers of the 73rd International scientific and practical conference (Kinel, June 17, 2020). Kinel: RIO: Samara State Agrarian University, 2020. P. 8–10. (in Russian).

Galeeva L.P. Efficiency of different forms of nitrogen fertilizer in growing spring wheat in the conditions of the Novosibirsk Ob region. In book: Actual problems of the agro-industrial complex. Collection of works of the scientific and practical conference of teachers, graduate students, undergraduates and students of the Novosibirsk State Agrarian University (Novosibirsk, October 21-23, 2019). Novosibirsk: IC NSAU «Zolotoy kolos», 2019. Issue 4. P. 50–52. (in Russian).

Gamzikov G. P. Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses. Russian Academy of Agricultural Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk State Agrarian University. Novosibirsk, 2013. 789 p. (in Russian).

Esaulko A.N., Garibdzhanyan G.A., Golosnoi E.V., Gromova E.V. Efficiency of liquid and solid nitrogen mineral fertilizers under early spring top dressing of winter wheat. Zemledelie. 2020. No. 3. P. 38–40. (in Russian). https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10310

Zavalin A.A., Efremov E.N., Alferov A.A., Samoilov L.N., Chernova L.S., Blagoveshchenskaya G.G. Advances and Problems on Application of Liquid Nitrogen Fertilizers in the Agriculture. Agrokhimia. 2014. No. 5. P. 20–26. (in Russian).

Iodko S.L., Sharkov I.N. New modification of the disulfophenol method for determining nitrates in soil. Agrokhimia. 1994. No. 4. P. 95–97. (in Russian).

Kiryushin V.I. Mineral fertilizers as the key factor of agriculture development and optimization of nature management. Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex. 2016. Vol. 30. No. 3. P. 19–25. (in Russian).

Kolbin S.A., Tkachenko G.I., Samokhvalova L.M. Efficiency of different types of nitrogen fertilizers on the chernozems of the Novosibirsk Priobi. In book: Soils and Environment [Electronic resource]. Collection of scientific papers of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 55th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, 2–6 October, 2023). Novosibirsk: SSA SB RAS, 2023. P. 291–296. (in Russian). https://doi.org/10.31251/conf1-2023

Kolbin S.A., Garafutdinova L.V., Kalichkin V.K. Efficiency of use of nitrogen fertilizers by spring wheat on leached chernozem in the forest-steppe of the Novosibirsk Ob region. In book: Current Status and Development Strategy of the Geographic Network of Fertilizer Experiments. Proceedings of the International Scientific Conference (Moscow, November 27–28, 2024). Edited by S.I. Shkurkin. Moscow: VNIIA, 2024. 132–296 p. (in Russian).

Latartsev P.Yu., Antonova O.I. The effectiveness of different types of nitrogen fertilizers for linseed flax under the conditions of forest-outlier steppe of the Altai region. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2020. No. 10(192). P. 13–19. (in Russian).

Matkash A.A., Abramov N.V. The role of liquid fertilizers in optimizing the mineral nutrition of agrocenoses. World of innovation. 2023. No. 4(27). P. 20–23. (in Russian).

Methodical guidelines for sampling, determination of nitrogen, phosphorus and potassium in them. Moscow: TSINAO, 1980. 55 p. (in Russian).

On the progress of the acquisition of mineral fertilizers in 2020 and plans for acquisition until 2025. Ministry of Agriculture of the Russian Federation. Moscow, 2020. [Electronic resource]. URL: https://mcx.gov.ru/upload/iblock /4a5 / 4a5e8900ca 37701862e106b46d2f0abe.pdf (accessed on 10.07.2023). (in Russian).

Petrov A.F., Murmulev A.N., Mitrakova A.G., Galusian N.V. Effect of nitrogen fertilizer on yield and quality of grain of spring wheat. Innovations and Food Safety. 2017. No. 4(18). P. 14–19. (in Russian).

Petrov A.F., Murmulev A.N., Mitrakova A.G., Korobova L.N. The efficacy of liquid nitrogen fertilizers in spring wheat. Innovations and Food Safety. 2019. No. 2(24). P. 119–124. (in Russian). https://doi.org/10.31677/2311-0651-2019-24-2-119-124

Yagodin B.A., Zhukov Yu.P., Kobzarenko V.I. Agrochemistry / B.A. Yagodina (ed.). Moscow: Kolos Publ., 2002. 584 p. (in Russian).

Current world fertilizer frend and outlook to 2015. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2011 P. 41. URL: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/ea0fcebd-582e-4bd0-b176-8e083d658b87/content (accessed on 23.03.2025).

Jenkinson D.S., Fox R.H., Rayner J.H. Interactions between fertilizer nitrogen and soil nitrogen the so-called «priming» effect. Journal of soil Science. 1985. Vol. 36. No. 3. P. 425–444. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1985.tb00348.x

UAN – a better way to apply N to crops? Grains Research and Development Corporation (GRDC), Online Farm Trials (OFT), Birchip, 2004. P. 144–148 [Electronic resource]. URL: https://www.farmtrials.com.au/trial/13802 Trial last modified: 05-12-2019 11:34am AEST. (accessed on 23.03.2025).

Received 13 March 2025
Accepted 25 June 2025
Published 30 June 2025

About the authors:

Sergey A. Kolbin – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Soil Fertility Laboratory, Siberian Forage Research Institute, SFNCA RAS (Novosibirsk Region, Novosibirsk District, Krasnoobsk, Russia); KolbinSA@sfsca.ru; kolbin66@mail.ru; https://orcid.org/0009-0009-3744-6907

Galina I. Tkachenko – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Soil Fertility Laboratory, Siberian Forage Research Institute, SFNCA RAS (Novosibirsk Region, Novosibirsk District, Krasnoobsk, Russia); TkachenkoGI@sfsca.ru; https://orcid.org/0009-0002-9894-3973

Lyudmila M. Samokhvalova – Senior Researcher, Soil Fertility Laboratory, Siberian Research Institute of Forage, SFSC RAS (Novosibirsk Region, Novosibirsk District, Krasnoobsk, Russia); SamohvalovaLM@sfsca.ru; https://orcid.org/0009-0003-3336-1048