

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЖИДКИХ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

А. Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А. Н. Мармулев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А. Г. Митракова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Л. Н. Коробова, доктор биологических наук, профессор.

Новосибирский государственный аграрный университет
E-mail: Petrov190378@mail.ru

Ключевые слова: зерно, яровая пшеница, азот, удобрения, аммиачная селитра, карбамидно-аммиачная смесь.

Реферат. Показана эффективность применения различных форм азотных удобрений на посевах яровой пшеницы Новосибирская 31. В период вегетации проведены основные фенологические наблюдения. В фазу начала молочной спелости пшеницы определен ряд показателей, связанных с продуктивностью растений: количество продуктивных стеблей на единицу площади, высота растений. В фазу созревания изучены элементы структуры урожая: число продуктивных стеблей, число колосков в колосе, число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен. Рассчитана экономическая эффективность возделывания культуры.

THE EFFICACY OF LIQUID NITROGEN FERTILIZERS IN SPRING WHEAT

A. F. Petrov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
A. N. Murmulev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
A. G. Mitrakova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
L. N. Korobova, Doctor of Biological Sciences, Professor.

Key words: grain, spring wheat, nitrogen, fertilizers, ammonium nitrate, urea-ammonia mixture.

Abstract. Efficiency of application of various forms of nitrogen fertilizers on crops of spring wheat Novosibirsk 31 is shown. During the growing season the main phenological observations were made. In the phase of the beginning of milk ripeness of wheat defined a number of indicators related to plant productivity: the number of productive stems per unit area, plant height. In the ripening phase, the elements of the crop structure were studied: the number of productive stems, the number of spikelets in the ear, the number of grains in the ear, the mass of 1000 grains. Economic efficiency of cultivation of culture is calculated.

Опыт мирового земледелия убедительно показывает, что уровень урожайности тесно связан с применением удобрений. Научно обоснованное использование минеральных удобрений повышает экономическую эффективность сельскохозяйственного производства и обеспечивает получение большего количества продукции с каждого гектара.

Из минеральных удобрений наибольшее влияние на урожайность и качество продукции зерновых культур оказывают азотные удобрения. Азот – составная часть белков и не может быть заменен никаким другим элементом. Он поступает в растения с начала вегетации и до фазы молочной спелости. При его недостатке наблюдается слабое кущение злаков, уменьшается вегетативная масса, формируется колос с малым количеством колосков. Это приводит к снижению урожайности, качества зерна и зелёной массы. При оптимальном азотном питании усиливается синтез пластических веществ, дольше сохраняется жизнедеятельность организма, ускоряется рост, замедляется старение листьев [1–3].

Азот, в отличие от других элементов питания растений, характеризуется высокой мобильностью в почве, большим разнообразием форм, способностью к сравнительно быстрой трансформации [3,4].

Таким образом, в процессе совершенствования системы удобрений сельскохозяйственных культур особое значение имеет оптимизация азотного питания.

В настоящее время используются различные виды азотных удобрений – твёрдых и жидких (табл. 1).

Таблица 1

Основные виды азотных удобрений, применяемых в сельском хозяйстве

Название удобрения	Содержание азота, %	Форма азота	Коэффициент использования
<i>Твердые удобрения</i>			
Карбамид	46	Амидная	40–50
Аммиачная селитра	34,5	Аммонийная, нитратная	40–50
Сульфат аммония	20,5	Аммонийная	40–50
<i>Жидкие удобрения</i>			
Аммиак	82	Аммиачная	60–70
Аммиачная вода	25	Аммиачная, аммонийная	60–70
КАС-32, 28	28–32	Амидная, аммонийная, нитратная	60–70

В сибирских условиях применение карбамида-аммиачной смеси (КАС) недостаточно изучено. Между тем жидкие азотные удобрения в виде безводного аммиака и аммиачной воды хорошо исследованы и широко применялись за рубежом и в отдельных хозяйствах нашей страны, оказывая высокое положительное действие на урожайность зерновых и кормовых культур, в 80-е годы прошлого столетия. Судя по этим результатам и учитывая ежегодную высокую недостаточную обеспеченность азотом посевов, следует ожидать высокого эффекта при использовании в качестве азотного удобрения КАС [4–6].

Цель исследований – определение агрономической и экономической эффективности применения жидких минеральных азотных удобрений производства КАО «Азот» с учётом проведения необходимых агротехнических мероприятий для обеспечения получения максимально возможной от потенциально заявленной урожайности пшеницы.

Исследования проводились в 2018 г. в северной части лесостепи Западной Сибири на полях учебно-опытного хозяйства «Практик» Новосибирского ГАУ.

Климат Новосибирской области характеризуется ярко выраженной континентальностью – продолжительной зимой и коротким, но жарким, нередко засушливым летом.

По погодным условиям 2017 г. был умеренно тёплым и засушливым (табл. 2). Сухая тёплая погода мая отрицательно сказалась на всхожести и последующей сохранности растений. Растения плохо развивались и формировали вторичную корневую систему, что впоследствии сказалось на урожайности культуры в целом. ГТК за июль – август 2017 г. составил 1,41. Это немного выше нормы, что способствовало наливу семян.

Таблица 2

Гидротермический режим и температура в 2017–2018 гг. (метеостанция «Огурцово»)

Год	Май			Июнь			Июль			Август		
	ГТК	K _{увл.}	T, °C	ГТК	K _{увл.}	T, °C	ГТК	K _{увл.}	T, °C	ГТК	K _{увл.}	T, °C
2017	1,04	0,28	12,6	1,24	0,55	19,3	1,74	1,16	18,5	1,24	0,82	16,9
2018	3,78	1,52	6,9	1,29	0,97	19,1	1,11	0,69	18,6	0,64	0,42	16,6
Норма	1,10	0,36	10,8	1,10	0,51	17,0	1,00	0,61	18,8	1,32	0,78	16,3

Май 2018 г. по погодным условиям был влажным и холодным, в результате чего сроки посева были сдвинуты на 7–10 дней. При этом повышенная температура и осадки июня способствовали обильному росту сорняков, которые на ранних этапах существенно превосходили в росте саму культуру, что, в свою очередь, повлияло на выпадение растений. Тёплый и влажный июль благоприятствовал высокой продуктивности растений. Обилие осадков в первой декаде сентября отрицательно сказалось на зерновых, вызвав частичное полегание пшеницы и затягивание сроков уборки всех культур.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, тяжелосуглинистый. По содержанию гумуса в пахотном горизонте (5,8–5,9%) относится к среднеобеспеченной. Содержание нитратного азота весной перед посевом в слое 0–20 см было низким – 9 мг/кг, в слое 20–40 см – 9,7 мг/кг. Почва относительно хорошо обеспечена подвижными формами фосфора – 232 мг/кг (по Чирикову), обменного калия содержится выше среднего – 231 мг/кг почвы. Сумма поглощенных оснований – 31,8–61,0 мг/экв. на 100 г почвы, pH_{сол} близка к нейтральной.

Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом составлял 165 мм (очень хороший). Предшественник яровая пшеница Новосибирская 31.

Повторность опыта – четырехкратная. Размещение делянок – систематическое. Общая площадь делянки 20 м², учетная при комбайновой уборке – 10 м² (табл. 3).

Таблица 3

Схема опыта		
№	Варианты	
1	Контроль	Без внесения удобрений
2	NH ₄ NO ₃	N ₃₀
3		N ₆₀
4		N ₃₀ + подкормка N ₁₀
5		N ₆₀ + подкормка N ₁₀
6	КАС-32	N ₃₀
7		N ₆₀
8		N ₃₀ + подкормка N ₁₀
9		N ₆₀ + подкормка N ₁₀

Всходы во всех вариантах опыта появились на 7–11-й день после посева. В первые фазы роста и развития растения по вариантам опыта существенно не отличались.

В течение вегетации два раза определяли густоту стояния растений: по входам и в фазу молочной спелости (табл. 4). В результате было установлено, что всхожесть, а следовательно, и густота стояния растений зависели от внесения удобрений. Так, по вариантам с применением удобрений всхожесть была выше, чем в контроле, в среднем на 15 %, при этом сохранность растений напрямую зависела от применяемого удобрения. Максимальная всхожесть, а следовательно, и сохранность растений, отмечалась в варианте КАС-32 (N₆₀ + подкормка), при этом варианты с NH₄NO₃ в среднем на 3–7 % уступали варианту с КАС-32.

Таблица 4

Густота стояния и накопление биомассы растений

Вариант	Количество растений, шт/м ²		Накопление биомассы растений, г/м ² (22.07.2018)
	15.06.2018	25.08.2018	
Контроль	420	361	3548,0
КАС-32 (N ₃₀)	490	432	3940,0
КАС-32 (N ₆₀)	490	464	4296,0
КАС-32 (N ₃₀ + подкормка)	511	496	3964,0
КАС-32 (N ₆₀ + подкормка)	509	500	3808,0
NH ₄ NO ₃ (N ₃₀)	480	404	3852,0
NH ₄ NO ₃ (N ₆₀)	485	432	3752,0
NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ + подкормка)	482	445	4104,0
NH ₄ NO ₃ (N ₆₀ + подкормка)	494	462	3828,0

В фазу начала молочной спелости пшеницы (25.08.2018) было изучено накопление биомассы растений. В результате установлено, что максимальное накопление биомассы отмечается в варианте КАС-32 (N₆₀), эффект от подкормки при этом не отмечается.

В эту же дату был определен ряд показателей, связанных с продуктивностью растений: количество продуктивных стеблей на единице площади, высота растений, количество колосков в колосе (табл. 5).

Таблица 5

Влияние азотных удобрений на элементы продуктивности растений пшеницы

Вариант	Количество растений, шт/м ²	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²	Высота растений, см	Количество колосков в колосе, шт.	Количество со- рняков, шт/м ²
1	2	3	4	5	6
Контроль	361	372	70,78	13,13	28
КАС-32 (N ₃₀)	432	471	75,00	16,03	8
КАС-32 (N ₆₀)	464	519	82,80	16,20	8
КАС-32 (N ₃₀ + подкормка)	496	550	88,23	16,45	12

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6
КАС-32 (N_{60} + подкормка)	500	550	107,25	15,50	14
NH_4NO_3 (N_{30})	404	448	83,95	16,53	20
NH_4NO_3 (N_{60})	432	475	94,88	16,55	28
NH_4NO_3 (N_{30} + подкормка)	445	494	96,23	16,53	32
NH_4NO_3 (N_{60} + подкормка)	462	517	107,58	16,45	2

Перед уборкой (19.09.2018) были отобраны образцы и определены следующие элементы структуры урожая: число продуктивных стеблей, число колосков в колосе, число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен (табл. 6).

Продуктивная кустистость, как один из важных признаков структуры урожая, изменялась от 1,03 в контроле до 1,12 в варианте с КАС-32 (N_{60}) и NH_4NO_3 (N_{60} + подкормка).

Число стеблей с колосом по вариантам варьировало от 372 до 550 шт/м². При этом следует заметить, что максимальными показателями были сразу в двух вариантах: КАС-32 (N_{30} + подкормка) и КАС-32 (N_{60} + подкормка) при урожайности выше 36 ц/га. Минимальная же кустистость (372 шт/м²) отмечалась в контроле, где, помимо кустистости, наблюдалось уменьшение и всех остальных показателей структуры урожая, таких как длина колоса, число колосков, количество зёрен в колосе. При этом зерно в данном варианте было мелкое, щуплое, масса 1000 зёрен составила 32,1 г, что позволило сформировать урожайность всего 19,1 ц/га. По вариантам с внесением NH_4NO_3 отмечено снижение урожайности в среднем на 2 ц/га по отношению к вариантам с КАС-32. При этом увеличение дозы удобрений способствовало повышению урожайности.

Таблица 6

Структура урожая и урожайность яровой пшеницы Новосибирская 31 в зависимости от доз и видов азотных удобрений

Вариант	Кустистость, шт.		Колос			Масса 1000 зёрен, г	Биологическая урожайность, ц/га	Фактическая урожайность, ц/га
	общая	продуктивная	длина, см	число колосков, шт.	число зёрен, шт.			
Контроль	1,11	1,03	4,9	13,13	16	32,10	19,1	18,3
КАС-32 (N_{30})	1,26	1,09	6,3	16,03	20	33,47	31,44	28,7
КАС-32 (N_{60})	1,26	1,12	6,9	16,20	20	34,46	35,71	30,3
КАС-32 (N_{30} + подкормка)	1,32	1,11	6,9	16,45	20	33,81	36,24	31,9
КАС-32 (N_{60} + подкормка)	1,25	1,10	6,4	15,50	20	33,61	36,16	31,9
NH_4NO_3 (N_{30})	1,26	1,11	6,3	16,53	21	34,02	31,25	28,9
NH_4NO_3 (N_{60})	1,28	1,10	6,4	16,55	20	34,08	32,04	29,1
NH_4NO_3 (N_{30} + подкормка)	1,27	1,11	6,8	16,53	20	33,38	32,64	30,2
NH_4NO_3 (N_{60} + подкормка)	1,28	1,12	6,8	16,45	20	34,33	35,44	31,4
НСР05	0,28	0,13	0,59	1,58	3,77	1,79	7,34	2,04

Общеизвестно, что основным показателем качества зерна является содержание белка и сырой клейковины, которое во многом зависит от сорта, температуры и особенностей минерального питания.

Максимальное содержание белка (16,7%) и сырой клейковины (32,9%) в зерне отмечалось в варианте КАС-32 (N_{60} + подкормка) (табл. 7), что, согласно стандарту ГОСТ 9353–2016 Пшеница. Технические условия, соответствует зерну первого класса. Зерно в вариантах КАС-32 (N_{60}), КАС-32 (N_{30} + подкормка) и NH_4NO_3 (N_{60} + подкормка) также относится к первому классу, незначительно уступая варианту КАС-32 (N_{60} + подкормка).

Минимальное же содержание белка (12,4%) и сырой клейковины (26,2%) отмечалось в контроле, что соответствует зерну третьего класса. Из вариантов с применением аммиачной селитры только зерно в варианте NH_4NO_3 (N_{60} + подкормка) можно отнести к первому классу.

Таблица 7

Содержание белка и сырой клейковины в зерне яровой пшеницы
(ГОСТ 9353–2016 Пшеница. Технические условия)

Вариант	Белок, %	Сырая клейковина, %	Стекловидность, %
Контроль	12,4	26,2	56
КАС-32 (N ₃₀)	16,1	31,2	60
КАС-32 (N ₆₀)	16,4	32,2	61
КАС-32 (N ₃₀ + подкормка)	16,4	32,0	62
КАС-32 (N ₆₀ + подкормка)	16,7	32,9	61
NH ₄ NO ₃ (N ₃₀)	15,9	29,4	58
NH ₄ NO ₃ (N ₆₀)	16,2	31,3	60
NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ + подкормка)	16,2	31,1	61
NH ₄ NO ₃ (N ₆₀ + подкормка)	16,4	32,6	60

С целью объективного анализа эффективности возделывания сельскохозяйственных культур была проведена экономическая оценка всех вариантов. При оценке экономической эффективности изучаемых приёмов были рассчитаны такие экономические показатели, как себестоимость, прямые затраты, прибыль и рентабельность производства (табл. 8).

Таблица 8

Расчет показателей прибыли и рентабельности возделывания яровой пшеницы
при применении разных видов удобрений

Показатель	Контроль	КАС-32 (N ₃₀)	КАС-32 (N ₆₀)	КАС-32 (N ₃₀ + подкормка)	КАС-32 (N ₆₀ + подкормка)	NH ₄ NO ₃ (N ₃₀)	NH ₄ NO ₃ (N ₆₀)	NH ₄ NO ₃ (N ₃₀ + подкормка)	NH ₄ NO ₃ (N ₆₀ + подкормка)
Площадь, га	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Урожайность, ц/га	19,9	28,7	30,3	31,9	31,9	28,9	29,1	30,2	31,4
Объем производства, т	2,0	2,9	3,0	3,2	3,2	2,9	2,9	3,0	3,1
Стоимость 1 т, руб.	5000,0	10000,0	11000,0	11000,0	11000,0	10000,0	10000,0	10000,0	11000,0
Объем производства, руб.	9950,0	28700,0	33330,0	35090,0	35090,0	28900,0	29100,0	30200,0	34540,0
Затраты, руб/га	7522,2	14866,6	15695,4	16907,0	17194,1	15493,3	15600,5	16552,6	17492,9
Себестоимость, руб/т	3780	5180	5180	5300	5390	5361	5361	5481	5571
Прибыль, руб.	2427,8	13833,4	17634,6	18183,0	17895,9	13406,7	13499,5	13647,4	17047,1
Рентабельность, %	32,3	93,1	112,4	107,5	104,1	86,5	86,5	82,4	97,5

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Всхожесть растений и их сохранность к уборке напрямую зависела от применения удобрений. Так, всхожесть пшеницы на удобренном фоне была выше, чем в контроле, на 15 %.
2. Количество продуктивных стеблей на 1 м² напрямую зависело от дозы и формы применяемых удобрений. При внесении КАС-32 по пшенице максимальные показатели (в вариантах КАС-32 (N₃₀ + подкормка) и КАС-32 (N₆₀ + подкормка)) составляли 550 шт./м², а аммиачной селитры NH₄NO₃ (N₆₀ + подкормка) – 517 шт./м², что превысило данный показатель в контрольном варианте на 32,3 и 28 % соответственно.
3. В удобренных вариантах изменялась высота растений, которая напрямую зависела от дозы применяемого удобрения.
4. Азотные удобрения оказали влияние на формирование элементов структуры урожая. Длина колоса, количество колосков и количество зёрен в колосе увеличивались с повышением дозы удобрений и практически не зависели от его формы. Разница по отношению к контролю в среднем составила более 25 %.
5. Урожайность зерна зависела как от дозы, так и формы применяемого удобрения. Максимальные показатели отмечены в варианте КАС-32 (N₆₀ + подкормка) – 36,16 ц/га.

6. На качественные показатели зерна оказывали влияние как доза удобрений, так и его форма, при этом лучшими по данным параметрам были варианты с КАС-32, где практически везде зерно соответствовало первому классу. Аналогичный результат дало применение максимальной дозы аммиачной селитры. При этом зерно в контрольном варианте соответствовало третьему классу.

7. По результатам расчетов экономической эффективности показано, что урожайность зерна зависит как от дозы, так и от формы азотных удобрений. В целом применение КАС-32 показало лучший экономический эффект по сравнению с внесением аммиачной селитры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Моисеева К.В. Совершенствование технологии возделывания яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья: дис. ... канд. с.-х. наук. – Тюмень, 2004. – 189 с.
2. Харисова Г.В. Создание исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Северного Зауралья: дис. ... канд. с.-х. наук. – Тюмень, 1988. – 198 с.
3. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы / А.Ф. Петров, А.Н. Мармулев, А.Г. Митракова, Н.В. Галузий // Инновации и продовольственная безопасность. – 2017. – № 4. – С. 14–19.
4. Петров А.Ф., Мармулев А.Н., Митракова А.Г. Эффективность применения различных форм азотных удобрений на посевах яровой пшеницы // Теория и практика современной аграрной науки: сб. нац. (всерос.) науч. конф. / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2018. – С. 61–65.
5. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 267 с.
6. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск, – 2013. – 790 с.

REFERENSEC

1. Moiseeva K. V. Improvement of technology of cultivation of spring wheat in the conditions of Northern TRANS-Urals: dis. ... kand. of agricultural Sciences. – Tyumen, 2004. – 189 p.
2. Kharisova G. V. Creation of initial material for selection of spring soft wheat in the conditions of Northern TRANS-Urals: dis. ... kand. of agricultural Sciences. – Tyumen, 1988. – 198 p.
3. Effect of nitrogen fertilizers on yield and quality of spring wheat / A. F. Petrov, A. N. Murmulev, A. G. Mitrakova N. In. Galosi // Innovation and food security. – 2017. – № 4. – Pp. 14–19.
4. Petrov A. F., Murmulev A. N., A. G. Mitrakova the Effectiveness of different forms of nitrogen fertilizers on crops of spring wheat // Theory and practice of modern agrarian science: collected NAT. (vseross.) science. Conf. Novosib. GOS. Agrar. UN-T. – Novosibirsk, 2018. – P. 61–65.
5. Gomzikov G. P. Nitrogen in agriculture of Western Siberia. – M.: Science, 1981. – 267 p.
6. Gomzikov G. P. the chemistry of nitrogen in agroecosystems. – Novosibirsk, – 2013. – 790 p.