

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ АЗОТА КАПСУЛИРОВАННОЙ МОЧЕВИНЫ

*В.М. Лапушкин<sup>1,2</sup>, к.б.н., М.А. Волкова<sup>1,2</sup>, А.А. Лапушкина<sup>1,2</sup>, к.б.н.*

*<sup>1</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия, 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49,  
e-mail: [lapushkin@rgau-msha.ru](mailto:lapushkin@rgau-msha.ru), [marina.volkova.2012@mail.ru](mailto:marina.volkova.2012@mail.ru)*

*<sup>2</sup>ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» имени Д.Н. Прянишникова, Россия, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а, e-mail: [noisia4u@yandex.ru](mailto:noisia4u@yandex.ru)*

*Работа выполнена за счет средств Программы развития университета  
в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030»*

*Приведены результаты вегетационных опытов по изучению влияния карбамида с покрытием гранул фосфатом кальция на продуктивность и усвоение азота яровой пшеницей, а также результаты лабораторных опытов по оценке интенсивности превращения азота различных форм карбамида в почве. Исследования показали, что мочеви́на с покрытием гранул более полно обеспечивает растения яровой пшеницы азотом в течение вегетации, повышает урожай зерна на 10-12 % и сбор сырого протеина – в 1,1 раза в сравнении с карбамидом без покрытия. Покрытие гранул фосфатом кальция способствует повышению коэффициента использования азота удобрений на 10-13%. При этом, коэффициент использования азота мочевины и эффект сдерживания процессов аммонификации и нитрификации повышаются с увеличением толщины покрытия гранул.*

*Ключевые слова: азотные удобрения, карбамид, карбамид пролонгированного действия, монокальцийфосфат, яровая пшеница, урожайность, аммонификация, нитрификация.*

Для цитирования: Лапушкин В.М., Волкова М.А., Лапушкина А.А. Использование яровой пшеницей азота капсулированной мочевины // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 15-19. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.04.

Ежегодно специалистами IFA прогнозируется рост спроса на минеральные удобрения. Если в 2021-2022 г. мировое потребление минеральных удобрений оценивалось в 198,2 млн т NPK, то в 2023 г. ожидается рост спроса до 204,0 млн т.

Ведущая роль на мировом рынке агрохимикатов принадлежит азотным удобрениям, объем применения которых составляет около 118,0 млн т в год [1, 2].

Несмотря на большие объемы потребления азотных удобрений, проблема повышения их эффективности остается нерешенной. Потери азота из удобрений вследствие денитрификации, выделения аммиака при поверхностном внесении амидных и аммонийных удобрений без своевременной заделки, вымывания нитратной формы азота за пределы корнеобитаемого слоя почвы варьируются от 30 до 70%. Поэтому до сих пор вопрос о повышении эффективности азотных удобрений актуален для агрохимической науки, сельскохозяйственного производства и производителей минеральных удобрений в целом [3, 4].

Для повышения эффективности своей продукции некоторые производители азотных удобрений занимаются разработкой и внедрением азотных удобрений пролонгированного действия [5]. С экономической точки зрения применение таких удобрений снижает финансовые и трудовые затраты за счет обеспечения растений азотом в течение всего периода вегетации при однократном внесении, с агрономической точки зрения – улучшает усвоение азота растениями, повышая коэффициент его использования из удобрения, с экологической точки зрения – снижает эмиссию парниковых газов в окружающую среду, предотвращает эвтрофикацию водоемов за счет снижения потерь азота [6, 7].

Имеется большое количество исследований, показывающих, что азотные удобрения пролонгированного действия повышают урожай сельскохозяйственных

культур или сохраняют его на прежнем уровне при снижении дозы агрохимиката на 20-30% от рекомендуемого внесения «быстродействующего» удобрения [5, 6]. Однако, несмотря на эффективность удобрений пролонгированного действия, доля их применения незначительна, превышает 0,15% от общего мирового потребления минеральных удобрений, что зачастую связано с их высокой стоимостью [5].

Широко применяемым источником азотного питания растений является карбамид (мочевина), на долю которого приходится около 50 % общего объема потребляемых азотных удобрений [8-11].

Известно, что карбамид характеризуется высокой и постоянной кинетикой высвобождения азота, вследствие чего потери питательного элемента из данного азотного удобрения достаточно высокие. По разным оценкам, при поверхностном внесении карбамида потери азота в виде аммиака могут составлять от 15 до 70% [8, 12, 13]. По этой причине удобрения пролонгированного действия часто производят на основе мочевины с целью минимизации потерь азота.

В зависимости от технологии производства различают следующие формы мочевины пролонгированного действия: 1 – медленнодействующие – формальдегид мочевины, изобутилендиомочевина; 2 – стабилизированные – мочеви́на, модифицированная ингибиторами уреазной активности или нитрификации; 3 – с контролируемым высвобождением азота – мочеви́на с покрытием гранул различными материалами (элементарная сера, смолы, синтетические и природные биоразлагаемые полимеры, слаборастворимые соли, глинистые минералы и др.) [6, 14, 15].

Хорошо зарекомендовали себя различные формы мочевины контролируемого действия. Однако отдельные материалы, используемые для покрытия гранул, имеют массу недостатков, обусловленных либо сложной

технологией производства и нанесения, либо высокой стоимостью, либо высокой устойчивостью к разложению и, как следствие, аккумуляцией в почве [14, 15].

В связи с этим по сей день продолжают разработку и исследование новых экономически эффективных и экологически безопасных материалов для производства мочевины контролируемого действия [16]. Научно-исследовательским институтом по удобрениям и инсекто-фунгицидам имени Я.В. Самойлова была предложена форма капсулированной мочевины в качестве покрытия гранул которой используют однозамещенный фосфат кальция, являющийся не только доступным, но и безвредным материалом для окружающей среды, что соответствует требованиям экологических стандартов [17].

Период постепенного высвобождения азота из мочевины контролируемого действия регулируется толщиной покрытия гранул. В наших исследованиях изучали образцы мочевины с покрытием гранул монокальций-фосфатом толщиной 50 и 100 мкм.

**Цель исследований** – изучить эффективность мочевины с покрытием гранул фосфатом кальция при выращивании яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве.

**Методика.** Изучение мочевины с контролируемым высвобождением азота проводили в условиях вегетационных опытов на яровой пшенице с 2020 по 2022 г. на базе кафедры агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Для исследований выбран сорт яровой пшеницы Любава, рекомендованный для выращивания в Центральном регионе. Опыты проводили в сосудах Митчерлиха вместимостью 5 кг сухой почвы на известкованной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимическая характеристика почвы (в среднем за 2020-2022 г.) приведена ниже.

Гумус (ГОСТ 26213-91) – 2,57%;  $pH_{KCl}$  (ГОСТ 26483-85) – 5,7 ед.; Нг (ГОСТ 26212-2021) – 1,58 мг-экв/100 г; S (ГОСТ 27821-88) – 13,2 мг-экв/100 г; ЕКО 14,8 мг-экв/100 г; V – 89%;  $N_{\text{нгр}}$  (по Корнфилду) 68 мг/кг;  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову, ГОСТ 54650-2011) 92 и 158 мг/кг соответственно.

Вегетационные опыты проводили в 4-кратной повторности. Схема опыта состояла из четырех вариантов: 1. РК – фон, 2. РК + Nm (карбамид без покрытия – вариант сравнения), 3. РК + Nm с толщиной покрытия 50 мкм, 4. РК + Nm с толщиной покрытия 100 мкм.

Дозы удобрений устанавливали в соответствии с рекомендациями, из расчета N – 150 мг,  $P_2O_5$  – 100,  $K_2O$  – 100 мг д.в./кг почвы. В качестве источника фосфора и калия использовали дигидрофосфат кальция и хлорид калия.

Во время прохождения растениями пшеницы основных фенологических фаз развития (кущение, выход в трубку, колошение-цветение, полная спелость) проводили отбор растительных образцов для листовой диагностики с целью определения обеспеченности растений азотом. До созревания урожая в каждом сосуде оставляли по 20 растений. Урожай убирали в фазе полной спелости зерна.

Растительный материал озоляли в концентрированной серной кислоте в присутствии селена, после чего определяли содержание азота методом Кьельдаля по ГОСТу 13496.4-93 и оценивали обеспеченность растений азотом по шкале В.В. Церлинг.

Статистическую обработку данных вегетационных опытов осуществляли методом однофакторного дисперсионного анализа с помощью программы MS Excel 2021.

Для оценки динамики превращения азота мочевины в почве был проведен лабораторный опыт. За основу взяты методики по определению аммонифицирующей и нитрификационной способности почв, разработанные ЦИНАО. Почву с удобрением компостировали при постоянной температуре в течение 35 сут, отбирая образцы для определения аммонийного ( $N-NH_4^+$ ) и нитратного ( $N-NO_3^-$ ) азота на 1-е, 2-, 3-, 5-, 7-е сут и далее с интервалом в 7 дней. Аммонийный азот в почве устанавливали фотоколориметрическим методом (по ГОСТ 26489), нитратный азот – спектрофотометрическим методом в ультрафиолетовом излучении при длине волны 220 нм [18].

**Результаты и их обсуждение.** Полученные результаты показывают, что карбамид с покрытием гранул монокальцийфосфатом способствует более равномерному обеспечению растений пшеницы азотом в течение вегетации. В таблице 1 представлены данные (в среднем за 2020-2022 г.) по динамике накопления биомассы и обеспеченности растений пшеницы азотом.

Известно, что период максимального потребления азота яровой пшеницей начинается в фазе выхода в трубку и продолжается до фазы колошения. В это время яровая пшеница потребляет до 70% всего количества азота [19, 20].

Из данных таблицы 1 видно, что в период от фазы кушения до фазы полной спелости наиболее интенсивное образование биомассы растений пшеницы происходило в вариантах с применением капсулированного карбамида.

**1. Динамика накопления биомассы и обеспеченность растений азотом (в среднем за три года)**

Вариант	Кущение	Выход в трубку	Колошение – цветение	Полная спелость
<i>Сухая масса, г/раст.</i>				
РК – фон(Ф)	0,19	0,54	0,86	0,98
Ф + Nm	0,16	0,77	1,57	1,98
Ф + Nm, 50 мкм	0,19	0,85	2,00	2,19
Ф + Nm, 100 мкм	0,25	1,03	1,82	2,16
<i>Содержание азота, %</i>				
РК- фон(Ф)	2,13	1,42	0,78	0,35
Ф + Nm	4,43	3,05	1,60	0,57
Ф + Nm, 50 мкм	4,70	2,82	1,73	0,63
Ф + Nm, 100 мкм	4,44	3,15	1,92	0,66
<i>Обеспеченность азотом (по В.В. Церлинг)*</i>				
РК – фон(Ф)	1	1	1	-
Ф + Nm	5	3	1	-
Ф + Nm, 50 мкм	5	3	1	-
Ф + Nm, 100 мкм	5	4	2	-

\*1 – очень низкая, 2 – низкая, 3 – средняя, 4 – ниже оптимальной, 5 – оптимальная.

В сравнении с обычным карбамидом в вариантах с внесением капсулированной формы мочевины сухая масса растений в фазе кушения была выше на 19-56%, в фазе выхода в трубку – на 10-34, в фазе колошения-цветения – на 16-27, в фазе полной спелости – на 9-11%.

На рисунке 1 представлена динамика потребления яровой пшеницей азота в зависимости от применяемых удобрений. Необходимо отметить, что мочевина с толщиной покрытия гранул 100 мкм наиболее полно обеспечивала растения пшеницы азотом в течение всего периода его интенсивного поглощения. На рисунке 1

видно, что преимущество данной формы удобрения проявилось уже начиная с фазы выхода в трубку. Обеспеченность растений азотом по шкале В.В. Церлинг в данном варианте опыта в период прохождения растениями пшеницы фаз выхода в трубку и колошения-цветения была выше на 1 балл по сравнению с другими вариантами, где применяли азотные удобрения (рис.1).

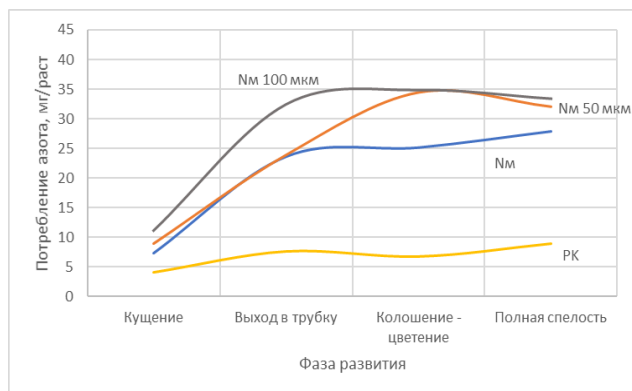


Рис. 1. Динамика потребления растениями яровой пшеницы азота в зависимости от применяемых удобрений (в среднем за 2020-2022 г.)

Достаточная обеспеченность культуры в основные фазы потребления азота способствовала формированию не только хорошей биомассы растений, но и элементов структуры урожая, что впоследствии привело к повышению продуктивности яровой пшеницы.

На рисунке 2 и в таблице 2 приведены урожайные данные яровой пшеницы в среднем за 2020-2022 г. Как видно из представленных данных, наиболее высокий урожай зерна пшеницы получен в вариантах с применением капсулированных форм карбамида.

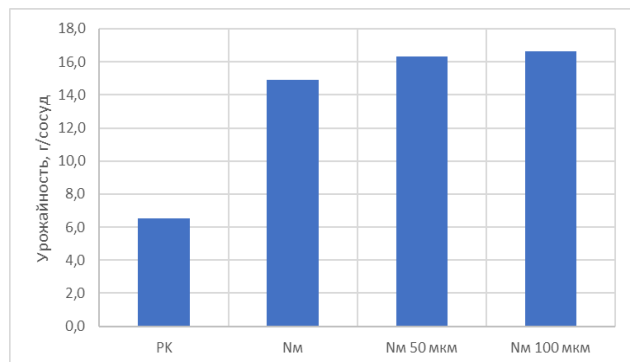


Рис.2. Урожай зерна яровой пшеницы (в среднем за 2020-2022 г.)

В среднем за три года прибавка урожая зерна яровой пшеницы относительно фонового варианта составила 8,4 г/сосуд – при применении обычной мочевины, 9,8 и 10,1 г/сосуд – при применении карбамида с покрытием 50 и 100 мкм соответственно. Таким образом, наибольшая прибавка урожая – 12% относительно варианта сравнения (Nm) – была получена в варианте, где в почву вносили капсулированный карбамид с толщиной покрытия гранул 100 мкм.

Во всех вариантах опыта с внесением азотных удобрений содержание сырого протеина в зерне пшеницы составляло 16,2-16,7% и наблюдалась тенденция к более высокому его содержанию в вариантах с применением удобрений с покрытием.

В вариантах с мочевиной пролонгированного действия сбор сырого протеина был на одном уровне – 2,72 г/сосуд вне зависимости от толщины покрытия. Таким

образом, за счет увеличения урожайности и белковости зерна, растениями было накоплено сырого протеина в 1,1 раза больше по сравнению с вариантом, где применялся обычный карбамид. Улучшение режима питания растений пшеницы при внесении капсулированного карбамида подтверждается данными по выносу основных элементов питания урожаем (табл. 3).

## 2. Прибавка урожая яровой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений относительно РК-фона

Год	Вариант	Прибавка от азота		Прибавка от покрытия	
		г/сосуд	%	г/сосуд	%
2020	PK+Nm	9,3	213	-	-
	PK+Nm, 50 мкм	11,7	268	2,4	18
	PK+Nm, 100 мкм	11,0	252	1,7	12
	HCP <sub>05</sub>	0,9			
2021	PK+Nm	1,5	37	-	-
	PK+Nm, 50 мкм	1,6	40	0,1	2
	PK+Nm, 100 мкм	2,8	71	1,4	25
	HCP <sub>05</sub>	1,1			
2022	PK+Nm	14,5	129	-	-
	PK+Nm, 50 мкм	16,2	145	1,8	7
	PK+Nm, 100 мкм	16,6	148	2,1	8
	HCP <sub>05</sub>	1,4			
Среднее	PK+Nm	8,4	129	-	-
	PK+Nm, 50 мкм	9,8	151	1,4	10
	PK+Nm, 100 мкм	10,1	155	1,7	12

## 3. Содержание сырого протеина в зерне яровой пшеницы, вынос элементов питания и коэффициент использования азота удобрений (в среднем за 2020-2022 г.)

Вариант	Сырой протеин		Вынос, мг/сосуд			КИУ N
	%	мг/сосуд	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
РК-фон (Ф)	11,6	755	160	90	224	-
Ф + Nm	16,2	2410	502	176	428	46
Ф + Nm, 50 мкм	16,7	2721	577	200	453	56
Ф + Nm, 100 мкм	16,4	2720	602	198	457	59

В сравнении с традиционной формой мочевины в вариантах с применением изучаемых форм карбамида общий вынос азота был выше на 15-20%, фосфора – на 13-14, калия – на 6-7%. Причем общий вынос азота и калия возрастал с увеличением толщины покрытия гранул карбамида. Кроме того, капсулированная форма карбамида была значительно эффективнее по сравнению с обычной мочевиной, о чем свидетельствуют значения коэффициента использования азота из удобрений (КИУ). Покрытие гранул удобрения фосфатом кальция способствовало увеличению коэффициента использования азота на 10-13%. Следует также отметить, что эффективность капсулированного карбамида несколько возрастала с увеличением толщины покрытия гранул (см. табл.3).

В модельном лабораторном опыте по оценке интенсивности превращения в почве амидного азота удобрений установлено, что покрытие гранул карбамида монокальцийфосфатом стабильно замедляет процессы аммонификации и нитрификации азота (рис.3).

Так, в варианте с обычной мочевиной уже на вторые сутки компостирования в почве обнаружено 57% внесенного азота в аммонийной форме, на третьи сутки – 65, на пятые сутки – 68%, что указывает на интенсивное протекание процесса гидролиза под действием уреазы. В то же время в вариантах с капсулированным карбамидом содержание N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> на вторые сутки составило всего 14-23% от внесенного, на третьи сутки – 39-59 и лишь на пятые сутки сравнялось с обычным удобрением и достигло 61-67% (рис. 3а).

Эффект сдерживания процесса аммонификации заметно повышался с увеличением толщины покрытия гранул. Покрытие толщиной 50 мкм существенно снижало интенсивность аммонификации в течении первых двух суток эксперимента. В свою очередь при увеличении толщины оболочки до 100 мкм наблюдается пролонгация гидролиза мочевины до 5 сут (рис.3а). Таким образом, покрытие мочевины монокальцийфосфатом позволяет повысить эффективность удобрения за счет снижения возможных газообразных потерь аммиачного азота при несвоевременной заделке удобрений.

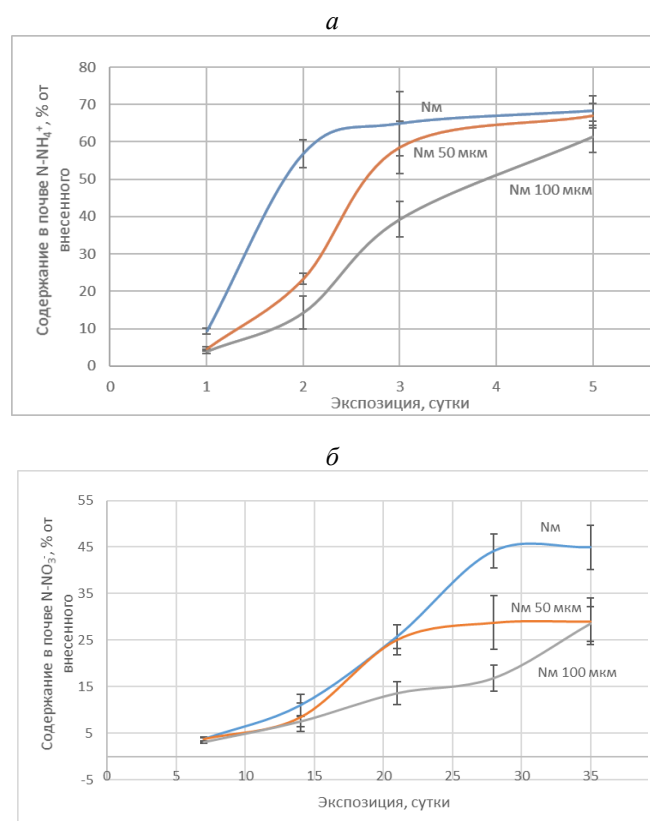


Рис.3. Интенсивность аммонификации (а) и нитрификации (б) карбамида в зависимости от толщины покрытия

Кроме того, покрытие гранул карбамида фосфатом кальция способствовало заметному замедлению процесса нитрификации. На рисунке 3 (б) видно, что наиболее интенсивная нитрификация азота мочевины начинается с 14-х суток компостирования и продолжается до 4-нед, после чего наблюдается выход на плато.

Очевидно, что окисление азота обычной мочевины протекает с большей интенсивностью и достигает максимума на 30-е сутки – 45% от внесенного, в то же время в вариантах с карбамидом пролонгированного действия содержание  $N-NO_3$  существенно ниже и составляет 20-28% от внесенного азота. При этом покрытие толщиной 100 мкм эффективнее замедляло процесс нитрификации азота, делая его более равномерным и растянутым во времени.

**Вывод.** Применение карбамида с покрытием гранул монокальцийфосфатом способствует более высокому обеспечению растений пшеницы азотом в течение вегетации. Капсулированная мочевина с толщиной покрытия гранул 100 мкм наиболее полно обеспечивала растения пшеницы азотом в период от фазы выхода в трубку до фазы колошения-цветения. Обеспеченность растений азотом в данном варианте опыта была выше на

1 балл (по В.В. Церлинг) по сравнению с другими вариантами, где применялись азотные удобрения.

Достаточная обеспеченность растений пшеницы азотом в вариантах с внесением карбамида пролонгированного действия способствовала повышению урожайности и качества зерна яровой пшеницы. В среднем за три года исследований прибавка урожая зерна в вариантах с внесением в почву карбамида с покрытием гранул составила 10-12% относительно варианта с некапсулированным удобрением, а сбор сырого протеина повысился в 1,1 раза.

Вынос основных макроэлементов и эффективность капсулированного карбамида возрастала с увеличением толщины покрытия гранул, коэффициент использования азота был выше на 10-13% по сравнению с традиционной формой мочевины. Эффект снижения интенсивности процессов аммонификации и нитрификации также усиливался с увеличением толщины покрытия гранул.

#### Литература

1. IFA Market Intelligence Service. World Outlook for Fertilizer Demand, Nitrogen, Phosphates and Potash from 2021 to 2022. Public Summary, IFA Strategic Forum, 15-17 November 2021. – p.1-6.
2. Cross L. Public Summary – World Outlook for Fertilizer Demand, Nitrogen, Phosphates and Potash from 2022 to 2023 / L. Cross, A. Gruère // IFA Strategic Forum, Washington DC, 31 October-2nd November 2022. – p.1-13.
3. Муравин Э.А. Агрохимия: учебник для студ. учреждений высш. образования / Э.А. Муравин, Л.В. Ромодина, В.А. Литвинский. – М.: Академия, 2013. – 304 с.
4. Производство минеральных удобрений / А. С. Малявин, С. В. Миносьянц, К. В. Аксентик, В. М. Лапушкин // Энциклопедия технологий 2.0 : Химический комплекс. – Москва, Санкт-Петербург: Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», 2022. – С. 11-88.
5. Lewu F.B. [et.al] Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture / F.B. Lewu, T. Volova, Sabu Thomas, K.R. Rakhimol // Academic Press is an imprint of Elsevier, 2021 – p.253.
6. Trenkel M.E. Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture / M.E. Trenkel. – 2nd. – Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA), 2010. – 163 p.
7. Shaviv A. Advances in controlled-release fertilizers / A. Shaviv // Adv. Agron. 71, 2001. – p.1-49.
8. Rana M.A. [et.al] Enhanced nitrogen use efficiency, growth and yield of wheat through soil urea hydrolysis inhibition by Vachellia nilotica extract / M.A.Rana, R.Mahmood, F. Nadeem, Y.Wang, C. Jin, X. Liu // Frontiers in Plant Science, 14 November, 2022 – p. 1-10.
9. Motasim A. M. [et.al] Gaseous nitrogen losses from tropical soils with liquid or granular urea fertilizer application. / A.M. Motasim, A.W.Samsuri, A.S.A. Sukor, A.M. Adibah // Sustainability 13, 2021. – p.1-11.
10. Tanan W. [et.al] Biodegradable hydrogels of cassava starch-g-polyacrylic acid/natural rubber/ polyvinyl alcohol as environmentally friendly and highly efficient coating material for slow-release urea fertilizers / W.Tanan, J. Panichpakdee, P. Suwanakood, S.Saengsuwan // J. Ind. Eng. Chem. 101, 2021. – p. 237–252.
11. Козел Е.Г. Сравнительная оценка применения медленнодействующих форм карбамида при выращивании листового салата на щелочных черноземах Тюменской области / Е.Г. Козел // Агрономия. – 2020. – № 3(60). С. – 33-39.
12. Naz M. Y. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea // M.Y. Naz, S.A. Sulaiman. //A review. J. Control Release 225, 2016 – p. 109-120.
13. Sommer S. G [et.al] Methane and carbon dioxide emissions and nitrogen turnover during liquid manure storage. / S.G. Sommer, S.O. Petersen, P. Sorensen, H.D. Poulsen, H.B. Moller. //Nutrient Cycling in Agroecosystems, 78(1), 2007 – p. 27-36.
14. Мухина М.Т. Удобрения пролонгированного действия: основные этапы и направления развития / М.Т. Мухина, Р.А. Боровик, А.А. Коршунов // Плодородие. – 2021. – №4. – С. 77–82.
15. Титова В.И. Влияние мочевины, модифицированной сорбентом на основе глауконита, на агрохимические свойства серой лесной почвы / В.И. Титова, Е.И. Семенова // Агрохимический вестник. – 2021. – № 3. С.35–39.
16. Azeem B. [et.al]. Review on materials and methods to produce controlled release coated urea fertilizer / B. Azeem, K. KuShaari, B. Zakaria, A. Basit, T. H. Thanh // Journal Control. Release, 181 (1). – 2014. – p. 11-21.
17. Лапушкин В.М. Эффективность новых форм НРК-удобрений с замедленным и регулируемым высвобождением питательных веществ



при выращивании яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве / В. М. Лапушкин, Ф. Г. Игалиев, А. А. Лапушкина [и др.] // *Агрохимия*. – 2023. – № 2. – С. 29-35.  
18. Борисова Н.И. Спектрофотометрический метод определения нитратов в почве / Н.И. Борисова // *Агрохимия*. – 1968. – № 8. С. 148–153.

19. Генкель П.А. Физиология сельскохозяйственных растений. Физиология пшеницы / П.А.Генкель. – М.: МГУ, 1969 – Т.4. – 556 с.  
20. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2009. – 412 с.

#### USE OF NITROGEN ENCAPSULATED UREA BY SPRING WHEAT

V.M. Lapushkin<sup>1,2</sup>, Ph. D., M.A. Volkova<sup>1,2</sup>, A.A. Lapushkina<sup>1,2</sup>, Ph. D.

<sup>1</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev agricultural academy, Timiryazevskaya str. 49, Moscow, 127434, Russia, e-mail: [lapushkin@rgau-msha.ru](mailto:lapushkin@rgau-msha.ru), [marina.volkova.2012@mail.ru](mailto:marina.volkova.2012@mail.ru)

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Pryanishnikov str., 31a, Moscow, 127434, Russia, e-mail: [noisia4u@yandex.ru](mailto:noisia4u@yandex.ru)

*The article presents data from vegetation experiments to study the effect of a new form of urea coated with monocalcium phosphate on the productivity and quality of spring wheat, as well as data from model experience to assess the intensity of nitrogen conversion from various forms of urea in the soil. Studies have shown that encapsulated urea, in comparison with uncoated urea, provides spring wheat plants with nitrogen most fully during the growing season, which contributes to an increase in grain yield by 10.0-12.0%, and the collection of crude protein by 1.1 times. The coating based on monocalcium phosphate contributes to an increase in the utilization rate of nitrogen from urea by 10.0-13.0%. At the same time, the utilization rate of urea nitrogen and the effect of containment of the processes of ammonification and nitrification increase with an increase in the thickness of the coating granules.*

*Keywords: nitrogen fertilizers, urea, long-acting urea, monocalcium phosphate, spring wheat, yield, ammonification, nitrification.*

УДК 631.8:631.62:633.2.031

DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.05

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА МЕЛИОРИРОВАННОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

А.И. Иванов, чл.-корр. РАН, Ж.А. Иванова, к.с.-х.н., ФГБНУ АФИ  
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., д.14  
E-mail: [ivanovai2009@yandex.ru](mailto:ivanovai2009@yandex.ru). Тел.: +7 (911) 082-57-81

*В двухфакторном ландшафтном полевом опыте, заложенном на частично мелиорированном пологосклонном агроландшафте Меньковского филиала АФИ в 2013-2019 г., дана сравнительная оценка агрономической эффективности органоминеральной зональной (ЗСУ) и точной (ТСУ) системы удобрения. Пространственная дифференциация доз органических и минеральных удобрений в вариантах ТСУ осуществлялась с учетом специфики геохимических режимов в отдельных агромикрорландшафтах (АМЛ). Установлено, что в осушаемой аккумулятивной части агроландшафта урожайность зеленой массы злаковых трав достигла 24,82 т/га, превысив на 25 % уровень в элювиальных АМЛ. Отдача от удобрений была высокой во всех АМЛ и варьировала от 92 % в АМЛ 2 до 175 % в АМЛ 3. Достоверное превосходство (8 % по продуктивности, 15 % по окупаемости) над ЗСУ обеспечил вариант ТСУ с дифференцированным внесением органических и минеральных удобрений.*

*Ключевые слова: агроландшафт, многолетние злаковые травы, точная система удобрения, дифференцированное внесение, ландшафтно-экологические условия, агрономическая эффективность.*

Для цитирования: Иванов А.И., Иванова Ж.А. Оценка влияния ландшафтно-экологических условий на урожайность многолетних трав и эффективность точных систем удобрения на мелиорированном агроландшафте // *Плодородие*. – 2023. – №6. – С. 19-23. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.05.

На Северо-Западе РФ возделывание сельскохозяйственных культур, в том числе, многолетних трав, ведется в условиях высокой пространственной неоднородности почвенного покрова и его свойств, определяющих жизнедеятельность растений. Как и в ряде других мест чаще она обусловлена неоднородностью материнских пород [3, 5, 8], сложностью рельефа с соответствующими ему геохимическими режимами [1, 7, 13] и спецификой предшествующей земледельческой деятельности [3, 5]. Это требует от земледельца дифференциации агротехнических мероприятий, направленных на оптимизацию водно-воздушного, теплового и питательного режимов почвы с использованием мелиорации и удобрений [1, 10]. В современных условиях, когда вероятность засухи в отдельные периоды вегетации в регионе находится в пределах 27-82 %, а переувлажнения – 18-36 % [4], эффективное управление продукционным процессом полевых культур предполагает двунаправленное мелиоративное регулирование

водного режима [2, 4, 11] и применение органоминеральных систем удобрения [10, 11].

До настоящего времени проектирование последних базируется на учёте агрохимических и отдельных физических свойств почвы в сочетании с биологическими особенностями минерального питания культур. Столь же важные факторы эффективности удобрений – водно-воздушные и тепловые свойства почвы, её микробиологическая активность, степень развития эрозионных процессов, то есть всё, что является следствием сопутствующих ландшафтно-экологических условий [1, 7, 13]. Их влияние на систему удобрения изучено недостаточно, а имеющаяся научная информация варьирует от ожидания высокой эффективности перераспределения удобрений внутри агроландшафта [1, 6, 13] до констатации весьма малых её значений [12]. Дополнительная неопределенность в этом вопросе связана с выбором в качестве объекта доминирующих в структуре посевных площадей региона