сортов на продуктивность и качество зерна злаковых растений / С.В. Половинкина, В.В. Парыгин, Н.Н. Клименко, Г.О. Такаландзе // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – №5(50). – С. 86-90.

10. Реймерс Ф.Э., Илли И.Э. Физиология семян культурных растений Сибири (зерновые злаки). – Новосибирск: Наука, 1974. – 142 с.

1. Illi I.E., Abramova I.N., Polovinkina S.V., Parygin V.V., Kuznetsova E.N., Klimenko N.N. Effect of temperature on growth seed formation tissue grows spring wheat germ in the Predbaikalye. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2014. No 7. Vol 28. pp.7-10 [in Russian]

2. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. Moscow. *Agropromizdat*. 1985. 351 p. [in Russian]

3. Illi I.E. Physiology of the formation of biological qualities of spring wheat seeds in Eastern Siberia. Doctoral dissertation abstract. Dushanbe. 1989. 41 p. [in Russian]

4. Illi I.E., Nazarova G.D., Sigacheva O.A., Parygin V.V., Polovinkina S.V., Klimenko N.N. A method for separating soft wheat seeds into intra-varietal genotypic populations in dilution sucrose solutions of various densities 2416191 Ros. IPC Federation A01G 7/00 / Applicant and Patent Holder Irkutsk Federal State-Funded Educational Institution of Higher Professional Education IrSAA, No. 2009142652. decl. 11/18/09; publ. 04/20/11. Bull. No 11 [in Russian]

5. Illi I.E., Takalandze G.O. The technology of adaptation of soft wheat varieties (Triticum aestivum L.) to the agroecological conditions of the Irkutsk Region. Irkutsk. Publishing House of the Irkutsk Agricultural Academy. 2014. 284 p. [in Russian]

6. The newsletter “Agrofact”. Irkutsk. 2020. No 1 (249). 32 p. [in Russian]

7. Klimenko N.N., Polovinkina S.V., Kuznetsova E.N., Abramova I.N., Illi I.E. Use of biotypes in breeding strong varieties of soft wheat in the Pre-Baikal region // Proc. of the All-Russian Sci. and Pract. Conf. with Int. Part. “Problems and prospects of sustainable development of the agricultural sector”. Irkutsk. 2018 . pp. 28-35 [in Russian]

8. Klimenko N.N. Intra-varietal biotypes of spring wheat as a starting material for creating drought-tolerant varieties in the conditions of the Prebaikalia. Candidate’s dissertation. Tyumen. 2012.138 p. [in Russian]

9. Polovinkina S.V., Parygin V.V., Klimenko N.N., Takalandze G.O. The method of isolating genotypic biotypes as a test of biotechnological assessment of varieties for productivity and grain quality of cereal plants. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2014. No 5 (50). pp. 86-90 [in Russian]

10. Reimers F.E., Illi I.E. The physiology of seeds of cultivated plants of Siberia (cereals). Novosibirsk. *Nauka*. 1974. 142 p. [in Russian]

УДК 635:631.841.7 DOI: 10.34655/bgsha.2020.60.3.005

Е.Г. Козел

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МЕДЛЕННОДЕЙСТВУЮЩИХ ФОРМ КАРБАМИДА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛИСТОВОГО САЛАТА НА ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Ключевые слова: карбамид (мочевина), капсулированная мочевина, силикатная композиция, ингибиторы, гидрохинон, уреаза, листовой салат, аммиачный азот, нитратный азот, урожайность, качество продукции.

Карбамид (мочевина) является одним из основных азотных удобрений, которое способно в почве достаточно быстро подвергаться гидролизу под действием уробактерий, находящихся в почве, до аммиака, что приводит к большим потерям азота. Наши исследования направлены на изучение медленнодействующих форм мочевины, применение которых повышает эффективность азотных удобрений за счет сокращения газообразных потерь и вымывания из почвы. В лаборатории кафедры общей химии Государственного аграрного университета Северного Зауралья с целью решения задач по со-

кращению потерь азота был разработан способ силикатного покрытия гранул мочевины с регулируемой скоростью растворения. В дальнейшем для повышения эффективности капсулированной мочевины путем снижения скорости ее гидролиза было решено ввести в состав силикатной композиции ингибиторы почвенной уреазы. В опыте изучали эффективность применения капсулированных форм мочевины с ингибитором уреазы на выщелоченных черноземах Тюменской области при возделывании листового салата. В полевом опыте была изучена динамика содержания аммиачного и нитратного азота в почве и растениях листового салата, проводились наблюдения за фазами роста и развития растений при применении медленнодействующих форм мочевины. Изучено влияние исследуемых форм мочевины на урожайность и качество листового салата. Капсулирование мочевины с введением ингибитора как агротехнического приема позволяет более равномерно обеспечивать растения салата минеральными формами азота в течение вегетационного периода и снижать потери от вымывания и газообразной эмиссии. Получен высокий эффект от применения капсулированной мочевины с ингибитором гидрохинон, урожайность составила 38,22 т/га. Применение капсулированной мочевины с ингибиторами позволяет повышать качество листового салата – уровень нитратного азота снижался на 138,4 %.

E. Kozel

COMPARATIVE EVALUATION OF THE USE OF SLOW-ACTING FORMS OF UREA IN GROWING LETTUCE ON LEACHED CHERNOZEMS OF THE TYUMEN REGION

Keywords: carbamide (urea), encapsulated urea, silicate composition, inhibitor, hydroquinone, urease, leaf lettuce, ammonia nitrogen, nitrate nitrogen, yield, product quality.

Urea is one of the main nitrogen fertilizers that can be hydrolyzed in the soil quite quickly under the action of urobacteria in the soil to ammonia, which leads to a large loss of nitrogen. Our research is aimed at studying slow-acting forms of urea, the use of which increases the efficiency of nitrogen fertilizers by reducing gas losses and leaching from the soil. In the laboratory of the Department of General chemistry Of the state agrarian University of the Northern TRANS-Urals, a method for silicate coating of urea granules with a controlled dissolution rate was developed in order to solve the problems of reducing nitrogen losses. In the future, to increase the effectiveness of encapsulated urea by reducing the rate of its hydrolysis, it was decided to introduce soil urease inhibitors into the silicate composition. In the experiment, we studied the effectiveness of the use of encapsulated forms of urea with a urease inhibitor on leached chernozems of the Tyumen region in the cultivation of lettuce. In the field experiment, the dynamics of the content of ammonia and nitrate nitrogen in the soil and lettuce plants were studied, and observations were made of the growth and development phases of plants when using slow-acting forms of urea. The influence of the studied forms of urea on the yield and quality of lettuce was studied. Encapsulation of urea with the introduction of an inhibitor – as an agrotechnical technique-allows for more evenly providing lettuce plants with mineral forms of nitrogen during the growing season and reducing losses from leaching and gaseous emissions. A high effect was obtained from the use of encapsulated urea with a hydroquinone inhibitor – the yield was 38,22 t / ha. The use of encapsulated urea with inhibitors can improve the quality of lettuce-the level of nitrate nitrogen was reduced by 138,4 %.

Козел Елена Геннадьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей химии им. И.Д. Комиссарова; e-mail: kozel_elena@bk.ru

***Elena G. Kozel**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair of General chemistry named after I. D. Komissarov, e-mail: kozel_elena@bk.ru*

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень, Россия

Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

Введение. В результате нерациональной хозяйственной деятельности человека (антропогенной деградации земель) и климатических изменений обеспеченность человечества пригодными для земледелия почвенными ресурсами быстро уменьшается. Ежегодно в глобальном масштабе в результате эрозии теряется 75 млрд т почв [Цит. по 2, 7]. Растущее население Земли требует все большего количества продовольствия. Питание человека является основной жизнеобеспечивающей потребностью. Согласно потребительской корзине 2020 года, среднестатистическому человеку для нормального функционирования необходимо в год съедать 115 кг различных овощей, в этот объем входит потребление 22 кг зеленных культур. В настоящее время при почти не увеличивающейся общей площади пахотных угодий [Цит. по 2, 5] удельная площадь посевов сельскохозяйственных культур на 1 человека в мире постоянно сокращается. Среди основных рычагов подъема урожайности сельскохозяйственных культур (сорт, химические средства защиты растений, мелиорация и другие) главным остается применение удобрений. Данные мировой статистики свидетельствуют, что за последние 40 лет на долю минеральных удобрений приходилось 40% прироста производства продовольствия в мире [Цит. по 2, 6]. Из минеральных удобрений наибольшим спросом пользуются азотные удобрения. Такая потребность в азоте объясняется тем, что практически во всех почвах одним из лимитирующих факторов, определяющих продуктивность основных сельскохозяйственных культур, является азот. Минеральные удобрения стали мощным рычагом не только повышения продуктивности сельского хозяйства, но и весьма ощутимым фактором, воздействующим на глобальные биогеохимические циклы биофильных элементов. Последствия нарушений естественных циклов этих элементов наиболее ярко проявляются в повышении миграционной активности растворимых соединений азота, эвтрофикации природных вод, эмиссии закиси азота – 3-го по значению (после CO_2) парникового газа [2].

Одним из основных азотных удобрений является карбамид (мочевина). Удобрение в почве достаточно быстро подвергается гидролизу под действием уробактерий, находящихся в почве, до аммиака, что может приводить к большим потерям азота. Для решения задач, связанных с сокращением потерь азота из мочевины, ресурсосбережением и получением экологически чистого урожая на кафедре общей химии имени И.Д. Комиссарова ГАУ Северного Зауралья был разработан способ капсулирования гранул мочевины силикатной композицией с введением в состав ингибитора гидрохинон [1, 4]. Данный способ позволяет пролонгировать период гидролиза карбамида в почве.

Цель исследований – установить эффективность применения медленнодействующих форм мочевины с ингибиторами при выращивании салата листового на выщелоченных черноземах Тюменской области.

Методика исследований. Опытный участок располагался в крестьянско-фермерском хозяйстве «Плодовое», село Луговое Тюменского района Тюменской области. Почва – чернозем сильновыщелоченный маломощный тяжелосуглинистый. Объекты исследований – салат листовой сорта «Лолло Сан». В качестве азотного удобрения использовали гранулированную мочевину $CO(NH_2)_2$ (ГОСТ 2081-75, марка Б). Медленнорастворимая капсула на поверхности гранул мочевины создается из продуктов взаимодействия растворов силиката натрия и хлорида кальция, с целью подавления гидролиза мочевины в пленочное покрытие ввели ингибиторы почвенной уреазы гидрохинон. Из фосфорно-калийных удобрений вносили двойной суперфосфат и хлористый калий. Норму удобрений устанавливали из расчета на планируемую урожайность листового салата 30-40 т/га.

Опыт проводили по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений);
2. Мочевина некапсулированная

$N_{60}P_{60}K_{90}$;

3. Мочевина капсулированная $N_{60}P_{60}K_{90}$;

4. Мочевина капсулированная + гидрохинон $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Повторность в опыте трехкратная, размещение делянок одноярусное, рендомизированное. Общая площадь опытного участка 20 м^2, учетная – 1 м^2. Удобрения вносились весной, перед посевом. Схема посева рядовая однострочная. Агротехника в опыте применялась общепринятая для зоны северной лесостепи Тюменской области. Уборку урожая проводили вручную.

Опыты сопровождались наблюдениями, учетами и анализами. Фенологические наблюдения за развитием растений вели по методике госсортсети; биометрические учеты проводили по дням от посева салата листового (два раза за вегетационный период) по методике Белика. Содержание аммиачного (NH_4^+) и нитратного (NO_3^-) азота в почве и в зеленой массе салата листового определяли по методике Бремнера. Почвенные образцы отбирались на глубину 0-20 и 20-40 см четыре раза за вегетационный период: до внесения удобрений, в фазу 3 настоящих листьев, в фазу 6-7 настоящих листьев и во время уборки урожая. Анализ зеленой массы на содержание NH_4^+ и NO_3^- проводили во время уборки урожая. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом. Урожайность учитывали поделяночно в трехкратной повторности.

Результаты исследований и их обсуждения. Наблюдение за динамикой содержания аммиачного (NH_4^+) и нитратного (NO_3^-) форм азота в почве на фоне применения медленнодействующих форм мочевины – одна из основных задач нашей работы. Содержание аммиачного азота в почве до посева в пахотном слое (0-20 см) было низким и не превышало 6,99 мг/кг почвы (рис. 1). В контрольном варианте (без удобрений) содержание аммиачного азота в течение вегетации не превышало 15,94 мг/кг почвы (во время уборки урожая). В варианте с применением некапсулированной мочевины самое высокое содержание аммиачного азота в слое 0-20 см зафиксировано на 18-й день после посева, что можно объяснить быстрым гидролизом карбамида. Самое низкое содержание $N\text{-}NH_4$ в этот срок зафиксировано в вариантах с капсулированной и капсулированной с ингибитором мочевиной – 17,56 и 12,04 мг/кг соответственно. В следующий срок определения (33-й день после посева) содержание аммиачного азота уменьшается в варианте с применением некапсулированной мочевины и увеличивается на всех остальных вариантах. До внесения удобрений уровень аммиачного азота в слое почвы 20-40 см был выше по сравнению с вышележащим горизонтом и составил 28,54 мг/кг (рис. 2). В контрольном варианте содержание аммиачного азота в слое почвы 20-40 см было примерно постоянным в сравнении с другими вариантами и не имело скачков. Через 18 дней наблюдали снижение содержания $N\text{-}NH_4$ на всех вариантах. К третьему сроку определения наблюдали повышение уровня аммиачного азота в вариантах с применением капсулированной и капсулированной с гидрохиноном мочевины – до 30,45 и 46,62 мг/кг соответственно. Таким образом, в вариантах с применением капсулированной и капсулированной с гидрохиноном мочевины содержание аммиачного азота как в слое 0-20 см, так и в слое 20-40 см повышается к 3-му сроку определения в отличии от варианта с некапсулированной мочевиной, где максимальное содержание $N\text{-}NH_4$ наблюдали на 18-й день проведения опыта (слой 0-20 см). Эти данные свидетельствуют о более продолжительном гидролизе капсулированных форм мочевины.

На рисунках 3 и 4 представлены данные по содержанию нитратного азота в пахотном (0-20 см) и подпахотном (20-40 см) горизонтах почвы. В варианте с применением некапсулированной мочевины уровень $N\text{-}NO_3$ возрастает на 18-й день проведения опыта, снижается к 3-му сроку определения и снова увеличивается к моменту уборки в обоих горизонтах по-

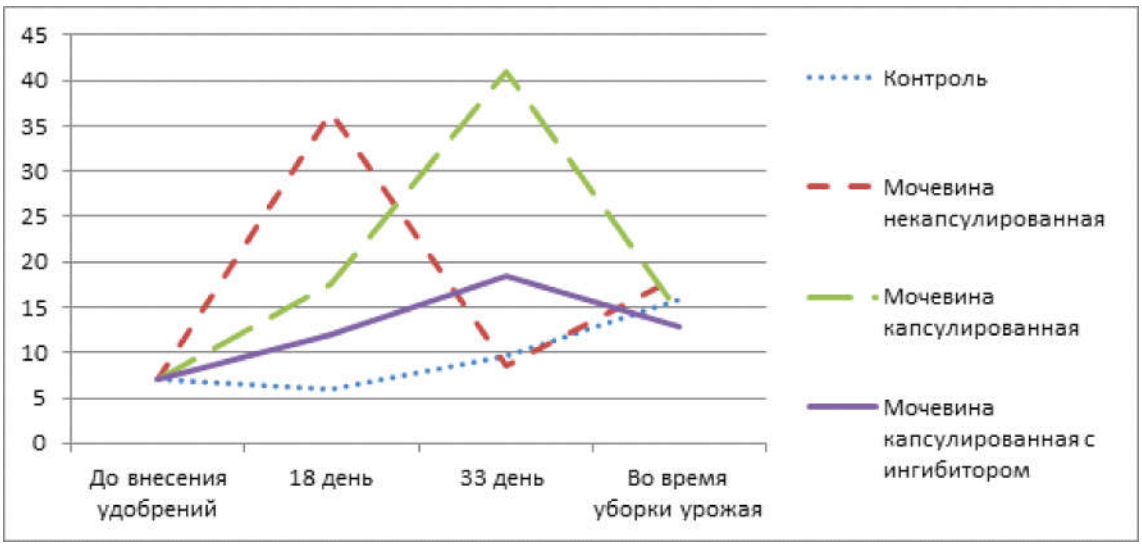

Рисунок 1. Динамика содержания аммиачного азота (NH_4^+) в слое почвы 0-20 см, мг/кг абсолютно сухой почвы

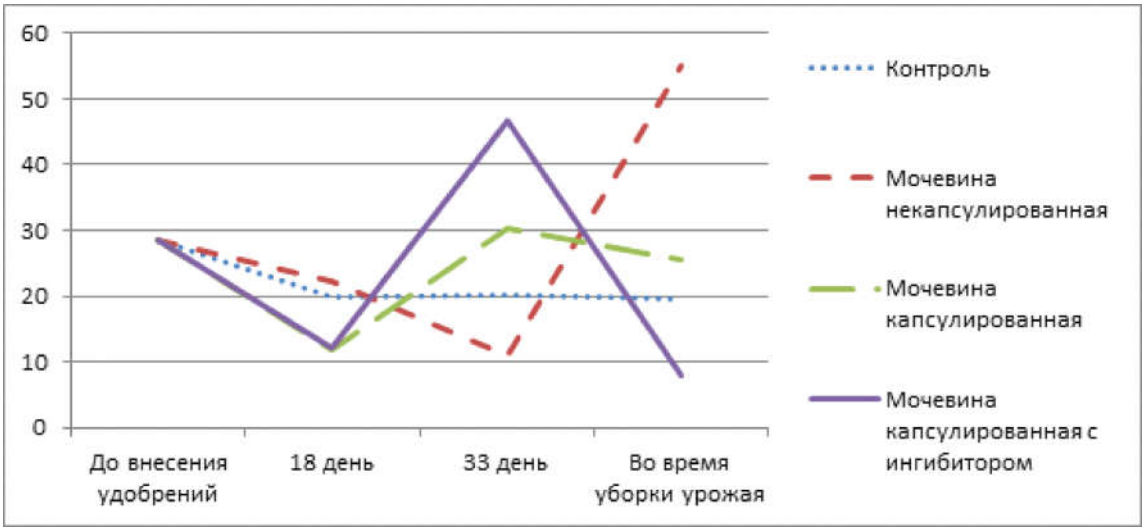

Рисунок 2. Динамика содержания аммиачного азота (NH_4^+) в слое почвы 20-40 см, мг/кг абсолютно сухой почвы

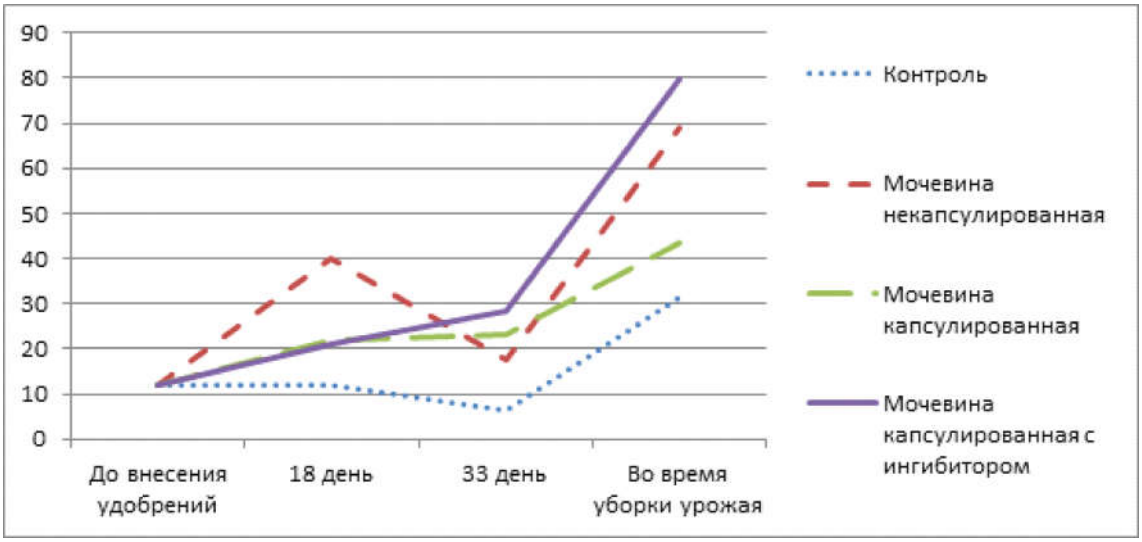

Рисунок 3. Динамика содержания нитратного азота (NO_3^-) в слое почвы 0-20 см, мг/кг абсолютно сухой почвы

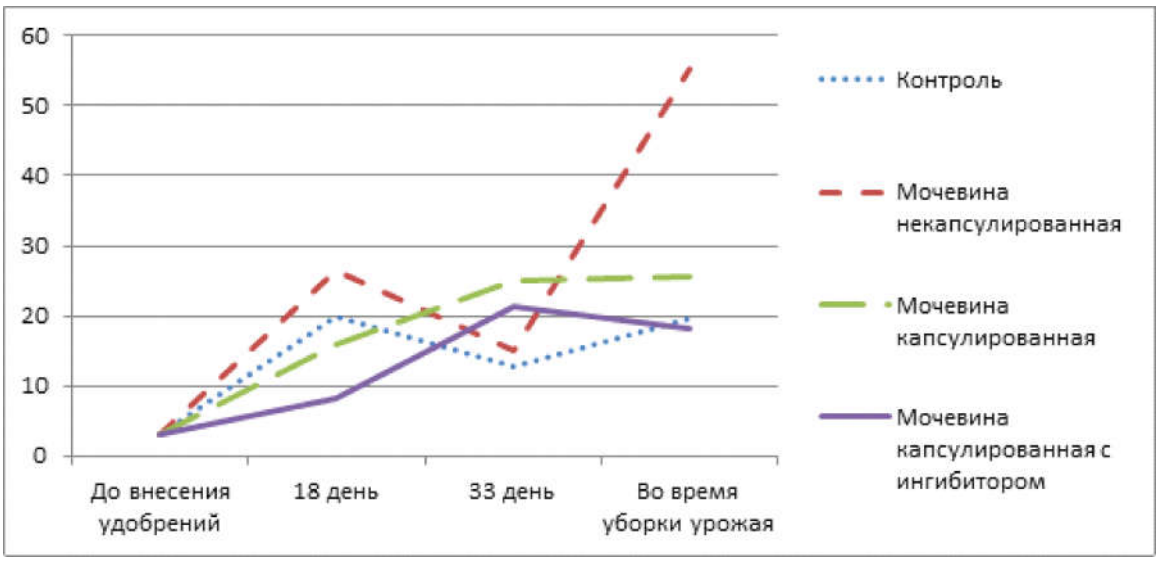

Рисунок 4. Динамика содержания нитратного азота (NO_3^-) в слое почвы 20-40 см, мг/кг абсолютно сухой почвы

чвы. В варианте без внесения удобрений динамика содержания нитратного азота аналогична варианту с некапсулированной мочевиной, только уровень азота ниже. При внесении медленнодействующих форм мочевины содержание нитратного азота увеличивается постепенно к 3-му сроку определения максимальных значений достигает ко времени уборки в слое почвы 0-20 см и незначительно снижается в слое 20-40 см.

Обобщение результатов биохимических анализов 42 полевых овощных культур, проведенных в НИИ овощного хозяйства, показало, что особенно много нитратов (1000 – 5000 мг/кг) содержится в зеленных культурах [3]. При нарушении условий произрастания растение не может усвоить весь доступный азот, что приводит к накоплению нитратов. Определение количества аммиачного и нитратного азота в листьях листового салата проводили во время уборки урожая (табл. 1). Самое низкое содержание нитратного азота наблюдалось в листьях салата, выращиваемых без удобрений – 71 мг/кг сырого вещества, самое высокое – в варианте с применением некапсулированной мочевины – 203,10 мг/кг сырого вещества. Количество нитратного азота в листьях салата, при выращивании которых использовали капсулированную мочевину с гидрохиноном, составило 85,20 мг/кг, что на 138,4 % ниже в сравнении с применением некапсулированной мочевины. Применение медленнодействующих форм мочевины не позволяет накопить растению излишки нитратного азота, который сокращает срок хранения продукции и вкусовые качества зеленных культур.

Применение капсулированных форм мочевины позволяет получить урожайность выше, чем в вариантах без удобрений и с применением некапсулированной мочевины (табл. 1).

Наибольшая прибавка урожайности получена в варианте с применением капсулированной мочевины с ингибитором – 8,76 т/га (выше контрольного варианта на 29,7 %, варианта с некапсулированной мочевиной – на 11,3 %), наименьшая – в варианте с применением некапсулированной мочевины – 4,88 т/га.

Заключение. Изучение динамики содержания аммиачного и нитратного азота в почве показало, что капсулирование мочевины, особенно с введением в композицию ингибитора гидрохинон, позволяет более равномерно обеспечивать растения листового салата минеральными формами азота в течение вегетации, что, в свою очередь, исключает проведение подкормок.

Капсулирование позволяет снизить количество нитратного азота в листьях салата - в вариантах с применением капсулированной и капсулированной с инги-

Таблица 1 – Влияние изучаемых форм мочевины на содержание аммонийного (NH_4^+) и нитратного (NO_3^-) азота в листьях и урожайность салата листового

Вариант	Содержание азота, мг/кг сырого вещества		Урожайность, т/га	
	NH_4^+	NO_3^-	средняя	прибавка к контролю
1. Контроль (без удобрений)	59,20	71,00	29,46	-
2. Мочевина некапсулированная $N_{60}P_{60}K_{90}$	56,30	203,10	34,34	4,88
3. Мочевина капсулированная $N_{60}P_{60}K_{90}$	71,00	92,30	35,15	5,69
4. Мочевина капсулированная с ингибитором (гидрохинон) $N_{60}P_{60}K_{90}$	56,80	85,20	38,22	8,76
$НСР_{05}$			5,06	

битором мочевины содержание NO_3^- ниже на 120 и 138,4 % соответственно в сравнении с некапсулированной мочевиной.

Самая высокая прибавка урожайности получена в варианте с применением капсулированной мочевины с ингибитором – 8,76 т/га, что на 29,7% выше контрольного варианта и на 11,3 % - варианта с применением некапсулированной мочевины.

Рекомендации. Для выращивания салата листового на черноземных почвах юга Тюменской области рекомендуем применять капсулированную мочевину с ингибитором гидрохинон в дозе 60 кг д.в./га.

Библиографический список

1. Козел Е.Г. Получение капсулированных с ингибиторами форм мочевины и их влияние на активность уреазы и содержание азота в почве // Инновации и инвестиции. - 2019. – №10. – С. 221-225.

2. Кудеяров В.Н. Агрогеохимические циклы углерода и азота в современном земледелии России // Агрохимия. – 2019. - № 12. – С. 3-15.

3. Посмитная Л.В., Ладонина В.Ф. Экологические проблемы интенсивного применения азотных удобрений // Агрохимия. – 1989. - № 11. – С. 122-132.

4. Способ получения медленнодействующих капсулированных удобрений с ингибиторами / И.Д. Комиссаров, В.А. Уступалова, Е.Г. Козел, Г.Н. Филисюк / Патент на изобретение № 2224732, 27.02.2004 г.

5. FAO Stat. 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://faostat.fao.org/static/syb/syb_5000.pdf

6. Save and Grow // A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. Rome: FAO, 2011. 116 p.

7. Voluntary guidelines for sustainable soil management food and agriculture organization of the United Nations. Rome, Italy: FAO, 2017. 26 p.

1. Kozel E.G. Preparation of urea forms encapsulated with inhibitors and their effect on urease activity and nitrogen content in soil. *Innovatsii i investitsii*. 2019. No 10. pp. 221-225 [in Russian]

2. Kudeyarov V.N. The agrobiogeochemical cycles of carbon and nitrogen of Russian croplands. *Agrokhomiya*. 2019. No 12. pp. 3-15 [in Russian]

3. Posmitnaya L.V., Ladonina V.F. Ecological problems of intensive application of nitrogen fertilizers. *Agrokhomiya*. 1989. No 11. pp. 122-132 [in Russian]

4. Method for obtaining slow-acting encapsulated fertilizers with inhibitors / I. D. Komissarov, V. A. Ustupalova, E. G. Kozel, G. N. Filisyuk. Patent for the invention № 2224732, 27.02.2004 [in Russian]

5. FAO Stat. 2019. Available at: http://faostat.fao.org/static/syb/syb_5000.pdf

6. Save and Grow. A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. Rome: FAO, 2011. 116 p.

7. Voluntary guidelines for sustainable soil management food and agriculture organization of the United Nations. Rome, Italy: FAO, 2017. 26 p.