

Научная статья

УДК 633.13:546.654

doi: 10.34655/bgsha.2021.65.4.005

ВЛИЯНИЕ ЛАНТАНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ

**Арюна Сыдынжаповна Сыренжапова¹, Бэлигма Цыденбаловна Хубракова²,
Аик Владимировна Буянтуева³**

^{1,2,3}Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

¹arunaSS_70@mail.ru

²Lamu-98@mail.ru

³aika.buyantueva@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы влияния лантана в разных дозах на химический состав и продуктивность кукурузы гибрида Росс-191 М. Приведены материалы, полученные в вегетационных опытах на кафедре почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова» в 2015-2018 годах. В исследованиях показано положительное влияние лантана в дозах 3 и 6 мг на кг почвы на накопление азота, клетчатки, сахара, золы в надземной массе и урожайность испытываемой культуры. Наибольшая продуктивность при внесении лантана отмечалась в дозах 3, 6 и 9 мг и составила 22,1; 21,4 и 14,7 % соответственно по отношению к контролю. Результаты исследований показали, что в листьях больше накапливается клетчатка, общий азот, фосфор, калий и зола, а в стеблях преобладало накопление сахаров. В наших опытах синтез углерода органического вещества в листьях кукурузы осуществлялся наиболее активно в вариантах с дозой 3 и 6 мг лантана и составлял 3,24 и 2,72 мг/дм² • час соответственно. При более высоких дозах 9 и 12 мг La синтез углерода органического вещества снижался. Результаты исследований показали, что применение лантана в форме сульфата способствовало повышению продуктивности кукурузы, улучшению качества зеленой массы за счет большего содержания азота, клетчатки, сахаров и минеральных элементов в надземной части.

Ключевые слова: лантан, клетчатка, сахаристость, зольность, продуктивность, качественный состав, кукуруза, углерод органического вещества.

Original article

EFFECT OF LANTANUM ON THE YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF CORNS HERBAGE

Aryuna S. Syrenzhapova¹, Beligma Ts. Khubrakova², Aik B. Buyantueva³

^{1,2,3}Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia

¹arunaSS_70@mail.ru

²Lamu-98@mail.ru

³aika.buyantueva@mail.ru

Abstract. *The article discusses the influence of lanthanum in different doses on the chemical composition and productivity of corn of the Ross-191 M variety. The materials obtained in vegetation experiments at the Department of Soil Science and Agrochemistry of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov in 2015-2018 are presented. Studies have shown a positive effect of lanthanum in doses of 3 and 6 mg per kg of soil on the accumulation of nitrogen, fiber, sugar, ash in the aboveground mass and the yield of the tested crop. The increase in yield when applying lanthanum was observed at doses of 3, 6 and 9 mg and amounted to 22.1; 21.4 and 14.7%, respectively, in relation to the control. The results of the studies showed that fiber, total nitrogen, phosphorus, potassium and ash accumulate more in the leaves, and the accumulation of sugars in the stems prevailed. In our experiments, the synthesis of carbon of organic matter in corn leaves was carried out most actively in variants with a dose of 3 and 6 mg of lanthanum and amounted to 3.24 and 2.72 mg/dm² * hour, respectively. At higher doses of 9 and 12 mg La, carbon synthesis of organic matter decreased. The results of the research showed that the use of lanthanum in the form of sulfate contributed to an increase in the yield of corn, improving the quality of its green mass due to a higher content of nitrogen, fiber, sugars and mineral elements in its aboveground part.*

Keywords: lanthanum, cellulose, sugar content, ash content, productivity, qualitative composition, corn, organic matter carbon.

Введение. В последние годы интерес к изучению редкоземельных элементов (РЗЭ), в том числе лантаноидов, и влияние их на рост и развитие растений значительно возрос. О благоприятном влиянии РЗЭ на биологические объекты высказывал еще Д.Н. Прянишников (1951), указывая на их наличие в фосфорных удобрениях [1].

В настоящее время в литературных источниках имеются данные, что лантаноиды стимулируют активность антиоксидантных ферментов в листьях пшеницы, повышают выносливость проростков к концентрациям свинца, вызывающим стресс, повышают урожай сахарного тростника и свеклы на 5-10%, устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды [2, 3, 4], ускоряют прорастание семян и рост в целом овощных культур [5, 6]. Эффективность положительного применения РЗЭ также оказана на трансформацию азотсодержащих соединений в почве, ее нитрификационную активность и продуктивность изучаемой культуры [7]. В данной работе отмечается, что накопление лантана происходит преимущественно в подземной массе растений, наблюдается активное развитие и увеличение длины корневой системы [5, 8]. При этом авторы подчеркивают значимость РЗЭ для производства сельскохозяйственных растений и недостаточную изученность причин стимулирования роста, отзывчивости растений на РЗЭ [9, 10, 8, 6]. Остаются

малоизученными вопросы влияния лантана на плодородие почв, продуктивность, качество и урожайность кормовых и овощных культур.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния разных доз лантана на химический состав зеленой массы кукурузы и его продуктивность.

Задачи:

- 1) определение химического вещества в листьях и стеблях кукурузы;
- 2) определение углерода органического вещества в листьях кукурузы;
- 3) определение продуктивности кукурузы.

Условия и методы исследования. Исследования проводились в вегетационном домике ФГБОУ ВО «Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова» на каштановой почве в 2015-2018 гг. по методу З.И. Журбицкого [11]. В качестве посевной культуры использовалась кукуруза гибрид Росс-191 М. Вегетационные опыты проводились в сосудах емкостью 6 литров. Влажность почвы в сосудах поддерживалась на уровне 60% от полной влагоемкости количеством поливной воды ежедневным взвешиванием и доведением до постоянного веса. Почва каштановая легкосуглинистая с содержанием гумуса 2,21, среднеобеспеченная подвижным фосфором, с низким содержанием обменного калия. Количество валового лантана – 51,7 мг/кг, подвижного – 0,7 мг/кг почвы.

В качестве фона в почву вносились нитрат аммония, двойной гранулированный суперфосфат, сернокислый калий из расчета на 1 кг почвы N_{150} , P_{150} , K_{150} под кукурузу. Лантан в почву вносили в форме сульфата $La_2(SO_4)_3$ из расчета 3, 6, 9 и 12 мг элемента на кг почвы. Посадку семян производили в третью декаду мая в сухую теплую погоду. Глубина заделки семян – 3 см в сосудах. Повторность опыта трехкратная.

Схема вегетационного опыта:

N_{150} P_{150} K_{150} – фон (контроль)

Фон + La 3 мг/кг

Фон + La 6 мг/кг

Фон + La 9 мг/кг

Фон + La 12 мг/кг

Содержание углерода в листьях определяли фотоколориметрически после мокрого озоления навески в хромовой смеси. Обработка результатов вегетационных опытов проведена по Б.А. Доспехову [12].

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием пакета программ Microsoft Excel 2007.

Химические анализы растений в листьях и стеблях кукурузы определены в ФГБУ Государственная станция агрохимической службы «Бурятская» по общепринятым методам^{1, 2, 3}.

Агрохимические анализы почв определяли общепринятыми в почвоведении и агрохимии методами: гумус – по Тюрину в модификации Никитина, подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину, нитратный азот – с дисульфифеноловой кислотой, аммонийный азот – с реактивом Несслера [13].

Результаты исследований и их обсуждения. Испытуемые дозы лантана, внесенного в почву в форме сульфата лантана, изучали на фоне N_{150} P_{150} K_{150} в расчете на 1 кг почвы. В наших опытах синтез углерода органического вещества в листьях кукурузы осуществлялся наибо-

лее активно в вариантах с дозой 3 и 6 мг лантана и составлял 3,24 и 2,72 мг/дм² • час соответственно. При более высоких дозах 9 и 12 мг La синтез углерода органического вещества снижался (табл. 1). В ранее проведенных нами исследованиях в фазу 4 настоящих листьев и в фазу выметывания метелки концентрация органического вещества в листьях кукурузы наиболее высокой отмечалась также при дозе лантана 3 мг/кг почвы [14].

Учет продуктивности надземной массы кукурузы показал, что при внесении лантана в дозах 3, 6 и 9 мг были наилучшими из рассмотренных вариантов. Данный показатель составил 22,1; 21,4 и 14,7% соответственно по отношению к контролю (табл. 2). В варианте с дозой лантана 3 мг отмечена наибольшая его прибавка, а также повышение содержания углерода органического вещества, клетчатки, сахаров и золы.

Возделывание сельскохозяйственных культур связано не только с получением высокого урожая, но и экологически безопасной продукцией, богатой питательными веществами с высокими пищевыми качествами.

Результаты химического анализа зеленой массы кукурузы приведены в таблице 1. Во всех вариантах содержание азота в листьях превышало их содержание в стеблях в 1 – 2 раза. При этом максимальное содержание азота в листьях наблюдалось в дозе 6 мг La, незначительно уступало в дозе 3 мг. В остальных дозах данный показатель был ниже, но превышал значения их в контроле, что указывает на положительное влияние испытываемых доз лантана на накопление азота в листьях. Исследуемые дозы лантана на фоне N_{150} P_{150} K_{150} в стеблях кукурузы также показали положительную отзывчивость, но наибольшее значение 1,52% получено в дозе 3 мг La на кг почвы. Повышение общего азота обуславливает

¹ ГОСТ 26226-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения сырой золы. - Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9294/>

² ГОСТ 31675-2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200097397>

³ ГОСТ 26176-91. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/19087/>

Таблица 1 – Синтез углерода органического вещества и химический состав кукурузы при внесении разных доз лантана

№	Вариант	Углерод органического вещества, мг/дм ² •час	Содержание, %					
			зола	клетчатка	сахар	N _{общ}	P	K
1	NPK-фон (контроль)	1,25±0,08	<u>7,02</u>	<u>27,0</u>	<u>5,87</u>	<u>1,06</u>	<u>0,41</u>	<u>2,32</u>
			4,78	26,2	17,7	0,28	0,35	1,65
2	Фон + La 3мг	3,24±0,08	<u>7,96</u>	<u>27,4</u>	<u>5,92</u>	<u>2,50</u>	<u>0,44</u>	<u>2,36</u>
			5,38	24,8	23,6	1,52	0,32	1,89
3	Фон + La 6мг	2,72±0,15	<u>7,52</u>	<u>27,3</u>	<u>5,89</u>	<u>2,56</u>	<u>0,49</u>	<u>2,34</u>
			5,33	26,1	21,9	1,41	0,33	2,00
4	Фон + La 9 мг	1,24±0,09	<u>8,58</u>	<u>25,4</u>	<u>6,94</u>	<u>2,38</u>	<u>0,52</u>	<u>2,34</u>
			5,37	26,5	21,8	1,27	0,34	2,02
5	Фон + La 12мг	1,23±0,09	<u>8,55</u>	<u>26,5</u>	<u>6,14</u>	<u>2,32</u>	<u>0,34</u>	<u>2,27</u>
			6,32	26,9	20,4	1,14	0,37	2,05

Примечание: над чертой – в листьях, под чертой – в стеблях

Таблица 2 – Влияние лантана на продуктивность кукурузы

№	Вариант	Надземная масса, г сухой массы/сосуд	Прибавка	
			г/сосуд	%
1	NPK-фон (контроль)	75,54	-	-
2	Фон + La 3мг	92,24	16,7	22,1
3	Фон + La 6мг	91,71	16,2	21,4
4	Фон + La 9 мг	86,61	11,1	14,7
5	Фон + La 12мг	64,31	-	-
НСР _{0,95}		1,66	-	-

накопление протеина, а также улучшает кормовые качества растения. Аналогичные данные были получены рядом авторов при исследовании влияния РЗЭ (молибдена, лантана) на накопление азота в надземной и подземной массе гороха [7].

В наших опытах лантан не оказывал влияния на накопление фосфора в стеблях, его значения были ниже, чем в контроле, и лишь в варианте 12 мг La содержание фосфора незначительно превышало контроль. Но обратная пропорциональность наблюдалась в листьях кукурузы. Возможно, это объясняется выполняемой функцией листа растений. А именно, фосфор входит в состав АТФ, который является важным компонентом в процессе фотосинтеза [15].

Положительное влияние лантана отмечено также и на накопление калия. Наибольшая концентрация его в листьях наблюдалась в дозе 3 мг La, а в стеблях содержание его изменялось прямо пропорционально дозе лантана, и макси-

мальное значение 2,05% зафиксировано в варианте 12 мг La. При этом содержание золы в листьях и стеблях увеличилось с повышением дозы лантана.

Важным показателем кормовой ценности культур является содержание клетчатки. В опыте под влиянием лантана в форме сульфата в дозе 3 и 6 мг содержание клетчатки повышалось до 27,4 и 27,3 % соответственно против 27,0 % в контроле. Показатели клетчатки в листьях по вариантам превышали значения их в стеблях и изменялись от 0,4 до 2,6%.

Высокая отзывчивость на накопление в наших исследованиях получена на сахара. Сахаристость в листьях и стеблях кукурузы была выше во всех опытных вариантах в сравнении с контролем. При этом отмечался пропорциональный рост данного показателя по отношению к испытуемым дозам лантана. Также наблюдалось, что концентрация сахаров в стеблях практически была в 3-4 раза выше, чем в листьях. Это, вероятно, обусловле-

но выполняемой ими транспортной функцией в проводящей системе [15].

Анализируя химический состав листьев и стебля кукурузы, выращенного под влиянием возрастающих доз лантана, можно сделать вывод, что лучшие результаты были получены в дозах 3 и 6 мг лантана. Данные варианты, по сравнению с другими, были выше по содержанию углерода органического вещества, азота, калия, клетчатки и сахаров. В этих же дозах получена наибольшая продуктивность культуры.

Таким образом, применение лантана в форме сульфата способствовало повышению продуктивности кукурузы, улучшению качества его зеленой массы за счет большего содержания азота, клетчатки, сахаров и минеральных элементов.

Выводы: 1. Синтез углерода органического вещества в листьях кукурузы осуществлялся наиболее активно при внесении в дозах 3 и 6 мг лантана на кг почвы и составлял 3,24 и 2,72 мг/дм² • час соответственно. При более высоких дозах 9 и 12 мг синтез углерода органического вещества снижался.

2. Внесение лантана в почву повышало продуктивность кукурузы. Максимальная прибавка составила 22,1% к контролю в дозе 3 мг/ кг почвы, а при дозе 6 мг получен 21,4%.

3. Из испытанных доз лантана, внесенного в почву перед посевом, лучшие результаты по накоплению химических веществ как по составу и количеству в надземной массе кукурузы получены в дозах 3 и 6 мг лантана. Данные варианты, по сравнению с другими, были выше по содержанию изученных органических веществ и минеральных элементов. При этом отмечалось, что в листьях больше накапливается золы, клетчатки, общего азота, фосфора и калия, а сахара преобладали в стеблях.

Список источников

1. Булнаев К.Б. Условия образования и локализации фторредкоземельного оруденения // Геология рудных месторождений. 1985. № 2. С. 28-38.
2. Коновалов С.Н. Влияние редкоземельных элементов на адаптивность растений яблони // Плодоводство и ягодовод-

ство России. 2011. Т 28. №1. С. 289 – 296.

3. Dai Hao, Zhou Qing. The effect of cerium on the key enzymes of photorespiration of young soybean plants under stress exposure to UV – B radiation // J. Agro – Environment Science. 2009. Vol. 28. No2. Pp. 321 – 324.

4. Ни Zhengyi, Herfried, Sparovek Yerd, Sehnud Ewald. Physiological and biochemical effects of rare earth elements on plants and their agricultural significance. A review // J. Plant Nuts. 2004. 27. No1. Pp. 183-220.

5. Маладаев А.А., Абашеева Н.Е. Лантан в системе почва-растение, его влияние на биологическую продуктивность и качество сельскохозяйственных растений. Улан-Удэ : Изд-во БГСХА, 2010. 127 с.

6. Wu Xue - feng, Jin Song, Chu Ling, Liu Deng-yi. Effect of lanthanum on growth and antioxidant enzyme system of Brassica napus. // J. Anhui Norm. Natur. Sci. 2008. Vol. 31. No 4. Pp. 360-363.

7. Чимитдоржиева И.Б., Маладаев А.А., Абашеева Н.Е. Влияние лантана на сезонную динамику азота серой лесной почвы, урожай и химический состав растений кукурузы в вегетационном опыте // Агрехимия. 2017. № 5. С. 74-77.

8. Diatloff E., Smith F.W., Asher C.J. Effects of lanthanum and cerium on root elongation of corn and mungbean // J. Plant Nutrit. 1995. Vol. 18. No10. Pp. 1963-1976.

9. Ши П. Влияние La³⁺ на активность ферментов, инактивирующих активные формы кислорода в листьях проростков огурца // Физиология растений. 2005. Т. 52. № 3. С. 338–342

10. Перспективы использования наночастиц церия в сельском хозяйстве / В.С. Битюцкий, О.С. Цехмистренко, С.И. Цехмистренко, Н.Я. Спивак, Ю.Н. Шадура // The Animal Biology. 2017. Vol. 19. No 3. Pp. 9-17.

11. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. Москва : Наука, 1968. 263 с.

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351с.

13. Агрехимические методы исследования почв. Москва : Наука, 1975. 656 с.

14. Сыренжапова А.С., Маладаев А.А., Абашеева Н.Е. Влияние лантана на рост кукурузы, синтез органического вещества и пигментов в ее листьях // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2008. № 2 (11). С. 64-69.

15. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / под ред. чл.-кор.

РАСХН, проф. Н.Н. Третьякова. Москва : Колос, 2005. 655 с.

References

1. Bulnaev K.B. *Usloviya obrazovaniya i lokalizatsii fluorozemel'nogo orudneniya* [Conditions of formation and localization of fluorore earth mineralization]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*. 1985;2:28-38 (In Russ.).
2. Konovalov S.N. *Vliyaniye redkozemel'nykh elementov na adaptivnost' rasteniy yabloni* [The influence of rare earth elements on the adaptability of apple plants]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*. 2011;28(1):289 - 296 (In Russ.).
3. Dai Hao, Zhou Qing. The effect of cerium on the key enzymes of photorespiration of young soybean plants under stress exposure to UV – B radiation. *J. Agro – Environment Science*. 2009;28(2):321-324.
4. Ни Zhengyi, Herfried, Sparovek Yerd, Sehnud Ewald. Physiological and biochemical effects of rare earth elements on plants and their agricultural significance. A review. *J. Plant Nuts*. 2004;27(1):183-220.
5. Maladaev A.A., Abasheeva N.E. *Lantan v sisteme pochva-rasteniye, yego vliyaniye na biologicheskuyu produktivnost i kachestvo selskokhozyaystvennykh rasteniy*. [Lanthanum in the soil-plant system, its effect on biological productivity and quality of agricultural plants]. Ulan-Ude. Publ. house of the BSSA. 2010. 127 p. (In Russ.).
6. Wu Xue - feng, Jin Song, Chu Ling, Liu Deng-yi. Effect of lanthanum on growth and antioxidant enzyme system of *Brassica napus*. *J. Anhui Norm. Natur. Sci*. 2008;31(4):360-363.
7. Chimitdorzhieva I.B., Maladaev A.A., Abasheeva N.E. Influence of lanthanum on seasonal dynamics of gray forest soil nitrogen, yield and chemical composition of maize plants in vegetation experiment. *Agrochemistry*. 2017;5:74-77 (In Russ.).
8. Diatloff E., Smith F.W., Asher C.J. Effects of lanthanum and cerium on root elongation of corn and mungbean. *J. Plant Nutrit*. 1995;18(10):1963-1976.
9. Shi P. The effect of La³⁺ on the activity of enzymes inactivating reactive oxygen species in the leaves of cucumber seedlings. *Plant Physiology*. 2005;52(3):338-342.
10. Bityutsky V.S., Tsekhmistrenko O.S., Tsekhmistrenko S.I., Spivak N.Ya., Shadura Yu.N. Prospects for the use of cerium nanoparticles in agriculture. *The Animal Biology*. 2017;19(3):9-17
11. Zhurbitsky Z.I. *Teoriya i praktika vegetatsionnogo metoda*. [Theory and practice of the vegetative method]. Moscow. Nauka. 1968. 263 p. (In Russ.).
12. Dospekhov B.A. *Methodology of field experience*. Moscow. Agropromizdat. 1985. 351p. (In Russ.).
13. *Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv*. [Agrochemical methods of soil research]. Moscow. Nauka. 1975. 656 p. (In Russ.).
14. Syrenzhapova A.S., Maladaev A.A., Abasheeva N.E. Effect of lanthanum on corn growth, synthesis of organic matter and pigments in its leaves. *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov*. 2008;2(11):64-69 (In Russ.).
15. *Fiziologiya i biokhimiya selskokhozyaystvennykh rasteniy* [Physiology and biochemistry of agricultural plants]. Ed. by prof. N.N. Tretyakov. Moscow. Kolos. 2005. 655 p.

Информация об авторах

Арюна Сыдынжаповна Сыренжапова – кандидат биологических наук, доцент кафедры почвоведения и агрохимии;

Бэлигма Цыденбаловна Хубракова – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры почвоведения и агрохимии;

Аик Владимировна Буюнтуева – аспирант.

Information about the authors

Aryuna S. Syrenzhapova – Candidate of Science (Biology), Associate Professor, Soil Science and Agricultural Chemistry Chair;

Beligma Ts., Khubrakova – Candidate of Science (Agriculture), Senior Lecturer, Soil Science and Agricultural Chemistry Chair;

Aik B. Buyantueva – postgraduate student.

Статья поступила в редакцию 19.10.2021; одобрена после рецензирования 10.11.2021; принята к публикации 12.11.2021.

The article was submitted 19.10.2021; approved after reviewing 10.11.2021; accepted for publication 12.11.2021.