

Научная статья

УДК 633.15:631.5:669.5(510)

<https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-58-62>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТА ЦИНКА ПОД КУКУРУЗУ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ПРОВИНЦИИ ХЭЙЛУНЦЗЯН

Ми Ган

Академия сельскохозяйственных наук пров. Хэйлунцзян, филиал в г. Хэйхэ, Государственная опытная станция наблюдения за качеством почвы в р-не Айхуэй Хэйлунцзян Хэйхэ 164399, 13555297765@126.com

Аннотация. Приведены результаты исследований по эффективности применения различных способов и доз сульфата цинка ($ZnSO_4$) под кукурузу на темно-бурой почве северной части провинции Хэйлунцзян Китая (г. Хэйхэ). Установлено, что при внесении в почву перед посевом $ZnSO_4$ (24 и 33 % действующего вещества Zn) в сочетании с опрыскиванием по вегетации (0,2 % раствор $ZnSO_4$) урожайность зерна увеличивалась на 7,9...8,3 % относительно фона. Использование цинковых удобрений способствовало приросту стебля кукурузы на 20,3...29,6 см, диаметр початка увеличивался на 0,1...0,5 см наряду с уменьшением длины его неосеменной верхушки (голый кончик) на 0,6...1,6 см. Одновременно с этим количество рядов початка возросло на 1,2...3,3 ряда, количество зёрен в ряду – на 0,8...3,6, масса 100 зёрен – на 0,8...1,7 г.

Ключевые слова: сульфат цинка, кукуруза, урожайность, эффективность.

Для цитирования: Ми Ган. Эффективность применения сульфата цинка под кукурузу в северной части провинции Хэйлунцзян // Агронаука. 2023. Т. 1. № 3. С. 58–62. <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-58-62>.

Original article

EFFECTIVENESS OF APPLYING ZINC SULFATE FOR CORN IN THE NORTHERN PART OF HEILONGJIANG PROVINCE

Mi Gan

Agricultural sciences academy of Heilongjiang province, Branch Office in the city of Heihe, State soil quality experimental station of Aihui district, Heilongjiang province, city of Heihe, 13555297765@126.com

Abstract. The results of research on the effectiveness of application of different methods and doses of zinc sulfate ($ZnSO_4$) for corn in dark brown soil in the northern part of Heilongjiang Province of China (Heihe) are presented. It was found that when $ZnSO_4$ (24 and 33 % active ingredient Zn) was applied to the soil before sowing seeds in combination with spraying during vegetation (0,2 % $ZnSO_4$ solution), grain yield increased by 7.9...8.3 % relative to the background. The use of zinc fertilizers promoted corn stalk growth by 20.3...29.6 cm, cob diameter increased by 0.1...0.5 cm along with reduction of its unseeded tip length (bare tip) by 0.6...1.6 cm. At the same time, the number of cob rows increased by 1.2...3.3 rows, the number of grains per row by 0.8...3.6, and the weight of 100 grains by 0.8...1.7 g.

Keywords: zinc sulfate, corn, yield crop, efficiency.

For citation: Mi Gan. Vliyanie sul'fata tsinka na urozhnost' i effektivnost' vyrashchivaniya kukuruzy v severnoi chasti provintsii Kheiluntszyan [Effectiveness of Applying Zinc Sulfate for Corn in the Northern Part of Heilongjiang Province]. *Agronauka. – Agrosience*. 2023;1;3:58–62. (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2949-2211-2023-1-3-58-62>.

© Ми Ган, 2023

Введение

Кукуруза является одной из самых важных и прибыльных продовольственных культур в Китае. За последние годы в районе Хэйхэ на севере провинции Хэйлунцзян отмечен рост площадей посевов этой культуры непрерывно увеличивается, отмечен интерес к её выращиванию.

На фоне повышения уровня селекции и совершенствования технологии возделывания, увеличивается и урожайность кукурузы. При выращивании культуры большинство производителей сельхозпродукции используют инновационный селекционный материал и рекомендуемый ассортимент макроэлементных азотных, фосфорных и калийных удобрений, игнорируя применение средне- и микроэлементных [1]. Содержание цинка в почвах Китая колеблется от 3 до 790 мг/кг, составляя в среднем 100 мг/кг [2]. Расширение площади посевов, повышение интенсивности и длительности возделывания кукурузы приводит к постепенному снижению содержания микроэлементов в почве, поэтому важная роль отводится пополнению извне, так как дефицит питательных веществ в виде микроэлементов, столь необходимых кукурузе, ограничивает повышение ее продуктивности. Цинк – один

из незаменимых микроэлементов, участвующих в процессе фотосинтеза и являющийся компонентом хлорофилла [3]. Использование сульфата цинка в этом случае служит не только для восполнения микроэлемента, но и активизирует поглощение кукурузой фенилаланинаммониолиазы (PAL) и полифенолоксидазы (PPO), что повышает устойчивость растений к болезням [4].

Цель работы – установление влияния различных доз и способов внесения цинковых удобрений на урожайность кукурузы для разработки рекомендаций по их применению на севере провинции Хэйлунцзян Китайской народной республики.

Условия, материалы и методы

Исследования проводили на опытном поле Государственной опытной станции, специализирующейся на наблюдениях за качеством почвы в районе Айхуэй округа Хэйхэ провинции Хэйлунцзян. Объект исследования – посевы кукурузы сорта Yinongyu No. 7, предшественник – соя. Поле расположено в умеренном климатическом поясе, со среднегодовой температурой воздуха от – 2,0 °С до 1,0 °С, количеством осадков около 510 мм и испаряемостью 650 мм. Почва участка темно-бурая, тяжелосуглинистая (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание питательных веществ в тестируемой почве на 0...20 см

Гумус, г/кг	Валовые формы, г/кг			Легкогидролизуемый азот, мг/кг	Подвижные формы, мг/га		pH
	азота	фосфора	калия		фосфора	калия	
38,5	2,2	1,2	19,6	215,9	27,9	167,4	5,71

Испытуемые удобрения: азотные – мочевина, содержание азота (N) 46 %; фосфорные – гидрофосфат аммония с содержанием азота (N) 18 %, фосфора (P₂O₅) 46 %; калийные

удобрения – сульфат калия, содержание калия (K₂O) 50 %; сульфат цинка, содержание цинка 24 и 33 %. Схема опыта включает в себя 6 вариантов:

Номер варианта	Виды внесенных удобрений, норма внесения, кг/га
1 – фон	50 кг мочевины, 90 кг гидрофосфата аммония, 150 кг сульфата калия, 186 кг мочевины для подкормки
2	Фон + на каждый гектар 150 г семян кукурузы с обволакивающим покрытием из сульфата цинка
3	Фон +20 кг сульфата цинка (24% д.в. Zn)
4	Фон +20 кг сульфата цинка (24% д.в. Zn) + опрыскивание астилей кукурузы в фазу 6...8 листьев 0,2 % раствором ZnSO ₄ (24% д.в. Zn)
5	Фон +3 кг сульфата цинка (33% д.в. Zn)
6	Фон +3 кг сульфата цинка (33% д.в. Zn) + опрыскивание астилей кукурузы в фазу 6...8 листьев 0,2 % раствором ZnSO ₄ (24% д.в. Zn)

Опыт заложен в трёхкратной повторности, расположение делянок рендомизированное. Площадь делянки составляла 19,5 м². Посев проводили 8 мая, вручную гнездовым спо-

собом, на делянке располагали 6 рядков длиной по 5 погонных метров. Время появления всходов – 22 мая, учет урожая – 15 октября. Перед учетом отобрали 20 растений кукурузы

для определения структуры урожая и анализа качества семян. Агротехника и уход за посевами был аналогичен приемам, проводимым на местном производственном поле.

Результаты и обсуждение

В результате анализа влияния удобрений на основные показатели элементов структуры урожая выявлено, что самыми низкими они были в варианте 1 по фону внесения NPK – макроудобрений (таблица 2).

Исследования показали, что сочетание основного внесения цинксодержащих удобрений с некорневой подкормкой растений кукурузы в фазу 5...6 листьев увеличивает относительно фона (вариант 1) диаметр початка на 0,3...0,7 см, число рядов на 3,1...3,3 и количество зерен в ряду на 1,8...3,5 шт., массу 100 зерен на 1,6...1,7 г. Таким образом, можно предположить, что при формировании урожая использование сульфата цинка улучшает биологические свойства культуры, оказывая положительное влияние на развитие основных элементов его структуры [5]. Вместе с этим дефицит цинка в кукурузе негативно сказывается на «заполненности» початка. Так, при

отсутствии цинковых удобрений (вариант 1) отмечаются самые низкие показатели объема початка, количества в нем рядков семян и самая большая длина не осемененной верхушки (голый кончик), что подтверждается исследованиями других авторов [6].

Анализ результатов структуры растений кукурузы показал, что на фоне внесения рекомендованных под культуру доз макроудобрений, увеличение использования $ZnSO_4$ оказало положительное влияние на формирование репродуктивных органов, а комбинация основного его внесения с опрыскиванием листьев 0,2 % раствором была особенно эффективна.

В исследованиях многих авторов отмечается, что применение сульфата цинка может повысить урожайность кукурузы [7–8].

Результатами наших исследований выявлено, что наивысшая урожайность, превышающая фон на 7,9...8,3 % получена в вариантах, где на фоне основного внесения NPK – макроудобрений и $ZnSO_4$ было применено опрыскивание растений по вегетации 0,2 % раствором $ZnSO_4$ (таблица 3).

Таблица 2 – Влияние применения удобрений на структуру урожая кукурузы

№ вар.	Высота, см			Длина початка, см	Объем початка, см	Количество, шт.		Масса 100 зёрен, г
	растения	прикрепления початка	голового кончика			рядов в початке	зёрен в ряду	
1	234,5	73,0	3,1	16,2	4,1	12,4	31,6	29,6
2	254,8	99,8	2,5	15,1	4,4	13,6	32,5	30,4
3	250,0	92,0	2,3	15,3	4,2	13,7	32,4	30,5
4	262,5	102,3	1,6	16,9	4,6	15,5	33,4	31,2
5	255,0	94,0	1,9	15,7	4,3	14,5	34,1	30,6
6	264,1	101,3	1,5	16,5	4,5	15,7	35,2	31,3

Таблица 3 – Влияние применения удобрений на урожайность кукурузы

Вариант	Урожайность, кг/га	Прибавка к фону, %	Ранжирование вариантов по росту урожайности
1 – фон	9123	–	6
2	9409	3,1	4
3	9401	3,0	5
4	9876	8,3	1
5	9728	6,6	3
6	9847	7,9	2

Несколько ниже (прибавка 6,6 %) эффективность отмечена в варианте 5, где на фоне основного внесения NPK – макроудобрений применяли $ZnSO_4$ с содержанием 33 % д. в. Zn. Урожайность в вариантах с использованием $ZnSO_4$ с содержанием 24 % д.в. Zn (вариант 3) и в виде обволакивающего покрытия (вариант 4) была на уровне фона (вариант 1).

Некоторые исследователи отмечают, что увеличение применения сульфата цинка в посевах кукурузы может не только повысить урожайность, но и увеличить экономическую эффективность возделывания данной культуры [9–10].

Таблица 4 – Экономическая эффективность применения удобрений в посевах кукурузы*

Вариант	Прибавка урожайности к фону, кг/га	Повышение прибыли юаней/га	Увеличение расходов юаней/га	Увеличение чистой прибыли, юаней/га
1 – фон	–	–	–	–
2	286	743,9	1,5	742
3	278	723,0	200	523
4	753	1958,7	215	1744
5	605	1573,3	120	1453
6	724	1882,2	135	1747

Примечание: * цена на кукурузу основана на средней закупочной цене кукурузы в размере 2,6 юаней/кг (юаней) в 2022 году.

Анализ экономической эффективности применения удобрений в посевах кукурузы показал, что при использовании на фоне NPK – макроудобрений сульфата цинка в виде основного удобрения в сочетании с некорневой подкормкой (опрыскиванием растений в фазу 5...6 листьев), получен самый высокий прирост чистой прибыли – 1744...1747 юаней с одного гектара.

Выводы

В результате исследований установлено, что использовании на фоне NPK – макроудобрений сульфата цинка в виде основного удо-

брения в сочетании с некорневой подкормкой (опрыскивание растений в фазу 5...6 листьев) увеличивает относительно фона (внесение NPK – макроудобрений) высоту растений на 20,3...29,6 см, диаметр початка – на 0,3...0,7 см, число рядов и количество зерен в ряду на 3,1...3,3 и 1,8...3,5 шт., соответственно, массу 100 зёрен на 1,6...1,7 г. Улучшение роста и развития растений способствовало формированию повышенной урожайности зерна кукурузы (на 7,9...8,3 % относительно фона) и обеспечило самый высокий прирост чистой прибыли – 1744...1747 юаней с одного гектара.

Список источников

- [1] 李小 . 夏玉米施用硫酸 肥效 [J]. 科技与信息, 2019, No. 580(23): 19–20.
- [2] 刘 . 我国土壤中 含量的分布 律[J]. 中国 科学, 1994, 27(1): 30–37.
- [3] 沈志 , 彭克勤, 周浩等. 植物微量元素 的研究 展[J]. 湖南 科学, 2007, No. 210(03): 110–112.
- [4] 志群 , 茂功, 董金皋等. 施用硫酸 对玉米抗病性相 酶表达的影响[J]. 作物 志, 2012(06): 34–37.
- [5] 高安 . 玉米 洒硫酸 研究[J]. 村科技, 2019, No. 206(02): 88–89.
- [6] 秀芳, 李会宁, 强等. 不同 肥处理对玉米生 的影响[J]. 耕作与栽培, 2022, 42(05): 57–59.
- [7] 李中 . 玉米施用硫酸 肥效 初报[J]. 技服 , 2017, 34(23): 91.
- [8] 刘玲 . 玉米施用硫酸 肥效 [J]. 代 , 2019, No. 516(06): 49.
- [9] 王凤 , 依德萍, 刘海燕. 玉米田施用硫酸 的肥效 [J]. 与, 2017, No. 191(11): 85.
- [10] 李 菲, 淑 等. 中微量元素 在玉米上的施用效果 [J]. 与, 2019, No. 214(10): 128–129.

1. Ли Сяоя. Испытания влияния удобрений с содержанием сульфата цинка на яровую кукурузу // Сельскохозяйственная наука, техника и информация. 2019. № 580 (23). С. 19–20. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-6997.2019.23.008>.

2. Лю Чжэн. Закон распределения содержания цинка в почве Китая // Сельскохозяйственная наука Китая. 1994. № 27 (1). С. 30–37.

3. Шэнь Чжицзинь, Пэн Кэцин, Чжоу Хао и др. Продвижение исследований микроэлемента цинка в растениях // Сельскохозяйственная наука Хунань. 2007. № 210 (03). С. 110–112.

4. Хань Чжицюнь, Чэнь Маогун, Дун Цзиньгао и др. Влияние применения сульфата цинка на экспрессию ферментов, связанных с устойчивостью к болезням, на примеры кукурузы // Сельхоз культуры. 2012 (06). С. 34–37.

5. Гао Аньхун. Экспериментальное исследование по опрыскиванию кукурузы сульфатом цинка // Сельская наука и техника, 2019. № 206 (02). С. 88–89.

6. Ян Сюфан, Ли Хуэйнин, Ма Сяоцян и др. Влияние различных типов обработки цинковыми удобрениями на рост кукурузы // Агротехнические приемы и культивирование. 2022. 42 (05). С. 57–59.

7. Ли Чжунхуа. Предварительный отчет об исследовании влияния удобрений сульфата цинка на кукурузу // Услуги агротехники. 2017. 34 (23). С. 91.
8. Лю Лин. Исследование влияния удобрения с содержанием сульфата цинка на кукурузу // Современное сельское хозяйство. 2019. № 516 (06). С. 49.
9. Ван Фэнлун, И Дэпин, Лю Хайянь. Исследование влияния применения удобрения с содержанием сульфата цинка на кукурузном поле // Сельскохозяйственное развитие и оснащение. 2017. №191 (11). С. 85.
10. Чжан Циндун, Ли Сяофэй, Чжан Шуянь и др. Исследование влияния микроэлемента цинка на кукурузу // Сельскохозяйственное развитие и оснащение. 2019. № 214 (10). С. 128–129.

References

1. Li Xiaoya. Ispytaniya vliyaniya udobrenii s sodержaniem sul'fata tsinka na yarovuyu kukuruзу [Testing the effect of fertilizers containing zinc sulfate on spring corn]. *Sel'skokhozyaistvennaya nauka, tekhnika i informatsiya. – Agricultural Science, Technology and Information*. 2019;580(23):19–20. (in Chinese). <https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-6997.2019.23.008>
2. Liu Zheng. Zakon raspredeleniya sodержaniya tsinka v pochve Kitaya [The law of distribution of zinc content in the soil of China]. *Sel'skokhozyaistvennaya nauka Kitaya. – Agricultural Science of China*. 1994;27(1):30–37. (in Chinese).
3. Shen Zhijin, Peng Keqin, Zhou Hao, et al. Prodvizhenie issledovaniy mikroelementa tsinka v rasteniyakh [Promotion of research on the trace element zinc in plants]. *Sel'skokhozyaistvennaya nauka Khunan'. – Hunan Agricultural Science*. 2007;210(03):110–112. (in Chinese).
4. Han Zhiqun, Chen Maogong, Dong Jingao, et al. Vliyanie primeneniya sul'fata tsinka na ekspressiyu fermentov, svyazannykh s ustoichivost'yu k boleznyam, na primery kukuruзы [Influence of zinc sulfate application on the expression of enzymes associated with disease resistance in corn examples]. *Sel'khoz kul'tury. – Agricultural Cultures*. 2012(06):34–37. (in Chinese).
5. Gao Anhong. Eksperimental'noe issledovanie po opryskivaniyu kukuruзы sul'fatom tsinka [Experimental study on spraying corn with zinc sulfate]. *Sel'skaya nauka i tekhnika. – Rural science and technology*. 2019;206 (02):88–89. (in Chinese).
6. Yang Xiufang, Li Huining, Ma Xiaoqiang, et al. Vliyanie razlichnykh tipov obrabotki tsinkovymi udobreniyami na rost kukuruзы [Influence of various types of zinc fertilizer treatment on corn growth]. *Agrotekhnicheskie priemy i kul'tivirovanie. – Agrotechnical methods and cultivation*. 2022;42(05):57–59. (in Chinese).
7. Li Zhonghua. Predvaritel'nyi otchet ob issledovanii vliyaniya udobrenii sul'fata tsinka na kukuruзу [Preliminary report on the study of the effect of zinc sulfate fertilizers on corn]. *Uslugi agrotekhniki. – Agricultural engineering services*. 2017;34(23):91. (in Chinese).
8. Liu Ling. Issledovanie vliyaniya udobreniya s sodержaniem sul'fata tsinka na kukuruзу [Study of the effect of fertilizer containing zinc sulfate on corn]. *Sovremennoe sel'skoe khozyaistvo. – Modern agriculture*. 2019; 516 (06): 49. (in Chinese).
9. Wang Fenglong, Yi Deping, Liu Haiyan. Issledovanie vliyaniya primeneniya udobreniya s sodержaniem sul'fata tsinka na kukuruznom pole [Investigation of the effect of the use of fertilizers containing zinc sulfate on a corn field]. *Sel'skokhozyaistvennoe razvitie i osnashchenie. – Agricultural development and equipment*. 2017;191(11):85. (in Chinese).
10. Zhang Qingdong, Li Xiaofei, Zhang Shuyan, et al. Issledovanie vliyaniya mikroelementa tsinka na kukuruзу [Study of the influence of the trace element zinc on corn]. *Sel'skokhozyaistvennoe razvitie i osnashchenie. – Agricultural development and equipment*. 2019;214(10):128–129. (in Chinese).

Информация об авторах

Ми Ган – мл. науч. сотр.

Information about the authors

Mi Gan – Junior Researcher

**Статья поступила в редакцию 03.08.2023;
одобрена после рецензирования 14.08.2023;
принята к публикации 18.08.2023**

**The article was submitted 03.08.2023;
approved after reviewing 14.08.2023;
accepted for publication 18.08.2023**