

УДК 633.15+631.81.095.337

РОЛЬ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПРЕПАРАТОВ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ

**Семина С.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, e-mail: seminapenza@rambler.ru**

Ключевые слова: кукуруза, кремний, зеленая масса, сухая биомасса, урожайность.

Представлены результаты исследований по влиянию различных видов кремнийсодержащих препаратов на формирование урожайности кукурузы в зависимости от срока некорневой обработки. Установлено, что двукратная некорневая обработка НаноКремнием и Микровит-6 Кремний обеспечили приrost урожайности фитомассы 21,9-23,4 % по сравнению с вариантами с водой. Наибольший выход сухого вещества получен при двукратной обработке посевов НаноКремнием, приrost составил 4,3 т/га или 34,4 %.

Введение. Повышение продуктивности агробиогеоценоза является актуальной задачей современного земледелия. При этом большое значение уделяется различным приемам обработки растений экологически безопасными препаратами, которые стимулируют рост и развитие растений, повышают их продуктивность и устойчивость к стрессам. Одним из приемов повышения толерантности против биотических и абиотических стрессов растений является использование кремнийсодержащих соединений [1, 2]. Интерес к кремнию связан с возможностью его использования в качестве экологически чистой альтернативы пестицидам [3, 4]. Ежегодно сельскохозяйственными растениями безвозвратно выносятся от 20 до 700 кг/га Si [5, 6]. Возникающий в результате, дефицит кремния как питательного элемента резко снижает природные защитные свойства сельскохозяйственных растений, что приводит как к снижению урожайности, так и необходимости увеличивать дозы средств химической защиты растений, что отрицательно влияет на качество продукции [7, 8]. Поэтому становится актуальным выявление наиболее перспективного для использования на посевах кукурузы кремнийсодержащего препарата и срока некорневой обработки в условиях лесостепи Среднего Поволжья, что и определило цель исследования.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2018-2020 гг. в условиях ЗАО «Константиново» Пензенского района

Пензенской области на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом, имеющем следующую агрохимическую характеристику: содержание гумуса – 5,1-5,4 %; $N_{\text{щел}}$ – 110-112; P_2O_5 – 108-121; K_2O – 144-153 мг/кг почвы; $pH_{\text{сол}}$ – 5,31-5,42. Полевой опыт был заложен в четырехкратной повторности в соответствии с общепринятыми методиками по схеме: Фактор А – вид препарата: 1. Без препарата (обработка водой); 2. Келик Калий-Кремний (1,5 л/га); 2. НаноКремний (150 г/га); 3. Микровит-6 Кремний (0,5 л/га); фактор В – срок обработки: 5 листьев кукурузы; 7-8 листьев кукурузы; 5 листьев + 7-8 листьев кукурузы. Площадь делянки второго порядка 28 м². Под первую предпосевную культивацию внесли минеральные удобрения в дозе $N_{90}P_{60}K_{40}$. Объект исследований – раннеспелый гибрид кукурузы Ладожский 191 МВ (ФАО 190). Посев проводили с междурядьями 70 см. Густоту стояния растений (70 тыс./га) формировали в фазе полных всходов. Предшественник – озимая пшеница по чистому пару. Дозы препаратов взяты из рекомендаций производителя.

Анализ погодных условий 2018 г. показал, что период вегетации проходил в засушливых условиях (ГТК 0,51) при сумме активных температур 2079 °С. Недостаточная влагообеспеченность не способствовала полной реализации потенциала гибрида и получению высокого урожая биомассы кукурузы. Осадки в период вегетации 2019 г. выпадали неравномерно, но большая их часть выпала во второй декаде июля и первой декаде августа, в период активного роста и развития кукурузы, что способствовало формированию большей урожайности кукурузы, по сравнению с предыдущим годом исследования. Метеорологические условия вегетации 2020 г. складывались наиболее благоприятно для роста и развития кукурузы, ГТК составил 1,10, что позволило получить достаточно высокую урожайность биомассы.

Результаты исследований и их обсуждение. Урожайность определяется количеством растений на единице площади и массой одного растения. Анализ сравнительной продуктивности кукурузы при возделывании на силос, показал, что независимо от гидротермических условий вегетации применение кремнийсодержащих препаратов способствовало формированию более мощных растений. Как показали результаты исследований в 2018 г. некорневая обработка кремнийсодержащими препаратами позволила увеличить массу одного растения на 49-92 г или 10,2-19,1 %. Двукратное применение Келик Калий-Кремний и однократная обработка в фазу пяти листьев НаноКремнием по эффективности были равноценны и позволили получить более мощные растения. Немного уступили по эффективности варианты с двукратным

опрыскиванием НаноКремнием, а также с применением Микровит-6 Кремний в фазу пяти листьев и бинарной обработкой, обеспечившие прирост к вариантам с водой 14,5-17,0 %. В условиях вегетации 2019 г. применение кремнийсодержащих препаратов способствовало увеличению массы растений, по сравнению с вариантами без препарата, на 42-138 г или 6,7-21,6 %. Лучшие результаты получены при обработке препаратом НаноКремний в фазу 5 листьев кукурузы и двукратном применении, а также в вариантах с использованием Микровит-6 Кремний в фазу 7-8 листьев и бинарной обработкой. В этих вариантах масса одного растения на 105-134 г или 16,5-21,6 % превышала варианты с водой. В 2020 году сохранилась та же тенденция по влиянию препаратов с кремнием, что и в предыдущие годы опыта. Но следует отметить, что при более благоприятном сочетании гидротермических условий вегетации в этом году сформировались самые мощные растения за годы исследований. На вариантах без препарата были получены растения со средней массой 645-651 г. Использование кремнийсодержащих препаратов способствовало увеличению массы растения на 88-210 г. Наибольший эффект отмечен при двукратной обработке препаратами НаноКремний и Микровит-6 Кремний, а также при фолиарной обработке в фазу 7-8 листьев препаратом Микровит-6 Кремний: прирост к вариантам с водой составил 164-210 г или 25,4-32,3 %. В среднем, за три года опыта, использование кремнийсодержащих препаратов способствовало увеличению массы растения кукурузы на 67-142 г или 11,4-24,1% по сравнению с растениями, обработанными водой. Отмечено, что наиболее эффективным было использование для некорневой обработки препарата НаноКремний в фазу 5 листьев кукурузы и двукратно, а также бинарная фолиарная обработка Микровит-6 Кремний. В этих вариантах сформировались самые мощные растения массой 703-732 г, что превышает аналогичные варианты с обработкой водой на 19,2-24,1 %.

Проведенные исследования показали, что урожайность зеленой массы кукурузы зависела как от обеспеченности влагой, теплом в период вегетации, так и от изучаемых приемов возделывания. В менее благоприятном по погодным условиям 2018 г. урожайность зеленой массы варьировала по вариантам от 31,7 до 39,0 т/га. Прирост фитомассы с единицы площади при использовании кремнийсодержащих препаратов в среднем составил 2,7-6,6 т/га. Наибольшую прибавку сырой биомассы обеспечила фолиарная обработка посевов в фазу пяти листьев и бинарное применение кремнийсодержащих препаратов – 4,8-6,6 т/га или 14,8-20,8 % по сравнению с обработкой водой. В 2019

г. все изучаемые препараты с кремнием положительно повлияли на формирование урожайности кукурузы, они позволили увеличить ее на 3,0-9,5 т/г или 7,3-23,6 %. В вариантах с двукратной обработкой посевов и опрыскиванием в фазу пяти листьев кукурузы НаноКремнием получено дополнительно 8,9-9,5 т/га зеленой массы, что превышает аналогичные варианты с водой на 21,4-23,6 %. От применения Микровит-6 Кремний больший эффект проявился при опрыскивании посевов в фазу 7-8 листьев и двукратной обработке, прибавка к вариантам без препарата составила 16,5-17,8 %. Наименьшую антистрессовую способность показал Келик Калий+Кремний. При его использовании прирост биомассы составил 3,3-6,5 т/га, причем, следует отметить, что наиболее эффективной была обработка в фазу пяти листьев кукурузы. Анализ данных учета урожайности кукурузы в 2020 г. показал, что в этом году в условиях достаточного количества тепла и влаги в течение всего периода произрастания кукурузы, была сформирована самая большая, за годы эксперимента, фитомасса. Урожайность зеленой массы кукурузы варьировала от 42,6 т/га до 56,8 т/га. Применение кремнийсодержащих препаратов способствовало приросту зеленой массы на 5,8-13,2 т/га или 13,3-30,3%. Максимальная прибавка фитомассы зафиксирована при использовании Микровит-6 Кремний в фазу 7-8 листьев кукурузы и двукратной обработке – 10,8-13,2 т/га или 25,4-30,3% по отношению к вариантам с водой. Выход биомассы при применении в эти же сроки препарата НаноКремний увеличился на 21,4-22,7%. Опрыскивание препаратом Келик Калий + Кремний также наиболее эффективным было в эти фазы роста и развития кукурузы, а прирост фитомассы, по сравнению с вариантами с водой, составил 8,2-9,9 т/га.

Как показали полученные результаты, в среднем за три года исследований применение кремнийсодержащего препарата Келик Калий + Кремний независимо от срока применения способствовало приросту урожайности зеленой массы кукурузы на 15-16,5 % по сравнению с водой. Использование НаноКремния более эффективным было в фазу 5 листьев и двукратно. В этих вариантах урожайность зеленой массы увеличилась на 7,3-8,5 т/га или на 18,8-21,9 % по сравнению с аналогичными вариантами с водой. Двукратная обработка Микровит-6 Кремний способствовала приросту урожайности зеленой массы на 9,1 т/га или на 23,4%.

Лучший результат по сбору сухой биомассы обеспечил вариант с двукратной фолитарной обработкой посевов НаноКремнием, где получена прибавка урожайности сухого вещества 4,3 т/га или 34,4 %. При-

менение препаратов Келик Калий + Кремний и Микровит-6 Кремний, а также однократное применение НаноКремния способствовало получению дополнительно 0,9-2,4 т/га или 7,2-19,7 % сухой биомассы.

Заключение. Проведенные исследования показали, что более мощные растения сформировались в вариантах с фолитарной обработкой посевов кукурузы препаратом НаноКремний в фазу пяти листьев и двукратном опрыскивании, а также бинарном использовании Микровит-6 Кремний. Увеличение массы одного растения, по сравнению с вариантами без препарата, составило 19,2-24,1 %. Двукратная некорневая обработка НаноКремнием и Микровит-6 Кремний обеспечили прирост урожайности фитомассы 21,9-23,4 % по сравнению с вариантами без препарата. Наибольший выход сухого вещества обеспечил вариант с двукратной обработкой посевов НаноКремнием, прирост составил 4,3 т/га или 34,4 %.

Библиографический список:

1. Матыченков, В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: автореф. дисс...д. б. н.: 03.00.12. – Пушкино, 2008. – 34 с.
2. Semina, S. The formation of corn grain yield when using silicon containing preparations / S. Semina, I. Gavryshina, E. Zherykov, E. Nikulina // Scientific Papers. Series A. Agronomy. – 2020. – Vol. LXIII, № 1. BucharesT. – P. 509-513.
3. Datnoff, L.E. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. / L.E. Datnoff, C.W. Deren, G.H. Snyder // Crop. Protect. – 1997. – V. 16. – № 6. – P.525-531.
4. Cherif, M. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. / M. Cherif, A Asselin, R.R. Belanger // Phyto-pathology. – 1994. – V. 84. – № 3. – P. 236-242.
5. Bocharnikova, E. A. Influence of plant associations on the silicon cycle in the soil-plant system / E.A. Bocharnikova, V. V. Matichenkov // Applied Ecology and Environmental Research. – 2012. – 10(4). – P. 547-560.
6. Heather, A. Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies / A. Heather, S. Currie, C. Carole, R. Perry // Ann. Bot. – 2007. – December. 100(7). – P. 1383–1389.
7. Куликова, А.Х. Диатомит в системе удобрения сельскохозяйственных культур / А.Х. Куликова // Актуальные вопросы агрономии и агроэкологии: Материалы Международной научно-практической конференции. – Ульяновск, 2012. – С. 96-103.

8. Куликова, А.Х. Влияние кремнийсодержащих материалов на свойства почвы, состояние посевов и урожайность зерновых культур в условиях Среднего Поволжья / А.Х. Куликова, А.В. Козлова, В.С. Смывалов // *Агрохимия*. – 2019. – № 4. – С. 60-69.

THE ROLE OF SILICON-CONTAINING DRUGS IN THE FORMATION OF CORN YIELD

Semina S. A.

Key words: *corn, silicon, green mass, dry biomass, yield.*

The results of studies on the influence of various types of silicon-containing preparations on the formation of corn yield, depending on the period of non-root processing, are presented. It was found that two-fold non-root treatment with nanosilicon and Microvit-6 Silicon provided an increase in the yield of phytomass of 21.9-23.4 % compared to the variants with water. The highest yield of dry matter was obtained by double treatment of crops with nanosilicon, an increase of 4.3 t / ha or 34.4 %.