***ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ***

***МИКРОСФЕРИЧЕСКОГО КРЕМНЕЗЕМА НА***

***СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ***

***Головатов В.А.***

***10 класс***

# *МОУ СШ №1 им. Героя Советского Союза П.И. Николаенко с. Степное,*

# *Научный руководитель: Матюшина Оксана Михайловна, МОУ СШ №1 им. Героя Советского Союза П.И. Николаенко с. Степное, учитель химии*

*г. Ставрополь, Россия*

*Email:* [*golovatov1986@gmail.com*](mailto:golovatov1986@gmail.com)

***Аннотация:***

Ставропольский край, являясь одним из ключевых сельскохозяйственных регионов России, сталкивается с последствиями изменения климата, включая учащение засух, ненормативные осадки и экстремальные температурные колебания. Эти факторы негативно влияют на уровень урожайности различных сельскохозяйственных культур, что угрожает продовольственной безопасности региона и ухудшает экономическую стабильность сельскохозяйственных предприятий.

Выдвигаемая гипотеза:

Использование наночастиц диоксида кремния благотворно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Предлагаемое решение:

Микросферический кремнезем — это высокоэффективный материал, обладающий уникальными физико-химическими свойствами, который может быть использован для улучшения роста и продуктивности сельскохозяйственных культур.

Ход работы:

Синтез SiO2

Обработка растений SiO2

Анализ прорастания сельскохозяйственных культур

В ходе выполнения работы гипотеза подтвердилась: микросферический кремнезем, применяемый в оптимальных дозировках, оказывает благоприятное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:**

Наночастицы; кремнезем; сельскохозяйственные культуры

***Текст статьи***

**Введение:**

Ставропольский край, являясь одним из ключевых сельскохозяйственных регионов России, сталкивается с последствиями изменения климата, включая учащение засух, ненормативные осадки и экстремальные температурные колебания. Эти факторы негативно влияют на уровень урожайности различных сельскохозяйственных культур, что угрожает продовольственной безопасности региона и ухудшает экономическую стабильность сельскохозяйственных предприятий. За последние годы наблюдается значительное снижение показателей урожайности, что вызывает острые вопросы о необходимости внедрения инновационных агрономических технологий.

**Гипотеза**

**Использование наночастиц диоксида кремния благотворно влияет на рост и развитие**

**сельскохозяйственных культур.**

**Предлагаемое решение**

Микросферический кремнезем — это высокоэффективный материал, обладающий уникальными физико-химическими свойствами, который может быть использован для улучшения роста и продуктивности сельскохозяйственных культур [1 ,2 ,3].

**Материалы и методы исследования**

**Для исследования использовались следующие материалы:**

Химические реагенты: этиловый спирт (C₂H₆O), тетраэтоксисилан ((C₂H₅O)₄Si), вода (H₂O), 12,5% раствор аммиака (NH₃).

Сельскохозяйственные культуры: пшеница (Triticum aestivum), салат (Lactuca sativa), базилик (Ocimum basilicum).

**Оборудование:** эмульсионная емкость, мешалка с регуляцией оборотов, воронка для капельного введения, лабораторная печь для сушки, сканирующий электронный микроскоп (SEM) для анализа морфологии частиц.

**Методы:**

**1. Синтез микросферического кремнезема:**

* Приготовление раствора на основе этилового спирта, тетраэтоксисилана и воды.
* Постепенное добавление аммиака с последующим перемешиванием в течение 24 часов.
* Сушка полученного продукта при температуре 600°C в течение 12 часов.
* Анализ качества синтезированного кремнезема с использованием SEM.

**2. Экспериментальное исследование:**

* Подготовка опытных и контрольных групп растений.
* Внесение микросферического кремнезема в различных концентрациях (12,5% и 25%) в почву.
* Регулярный мониторинг роста растений (замеры высоты, оценка состояния) на 5, 10, 30 и 45 дни эксперимента.

**3. Анализ данных:**

* Сравнение показателей роста растений в опытных и контрольных группах.
* Оценка влияния кремнезема на урожайность и устойчивость культур к стрессовым факторам.
* Статистическая обработка данных для определения значимости различий.

Обоснование выбора методов:

Методика синтеза была выбрана из-за её эффективности и воспроизводимости, а сельскохозяйственные культуры — из-за их значимости для региона и чувствительности к изменениям условий выращивания.

**Результаты и обсуждение**

1. Влияние микросферического кремнезема на рост растений (Табл. 1)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Растение** | **Группа контроля**  **Ср. знач.** | **Группа с микросферическим кремнеземом (12,5% содержания) (1)**  **Ср. знач.** | **Группа с микросферическим кремнеземом (25% содержания) (2)**  **Ср. знач.** |
| **Пшеница до обработки** | 4,5 см | 4,55 см | 4,6 см |
| **Замеры на 30 день** | 20,7 см | 24,3 см | 25,1 см |
| **Замеры на 45 день** | 30,2 см | 36,6 см | 37,3 см |
| **Салат «Азарт» до обработки** | 2,3 см | 2,5 см | 2,2 см |
| **Замеры на 5 день** | 3,1 см | 3,3 см | 3,22 см |
| **Замеры на 10 день** | 4,6 см | 5,45 см | 5,3 см |
| **Базилик до обработки** | 2 см | 2,1 см | 2,05 см |
| **Замеры на 5 день** | 3,01 см | 3,3 см | 3,25 см |
| **Замеры на 10 день** | 6 см | 7,9 см | 8,4 см |

*Сравнение результатов прорастания исследуемых групп*

*(Таблица 1)*

Эксперименты показали, что применение микросферического кремнезема (SiO₂) в концентрациях 12,5% и 25% положительно влияет на рост исследуемых культур.

Пшеница (Triticum aestivum):

На 30-й день эксперимента растения в опытных группах (с SiO₂) достигли высоты 24,3 см (12,5%) и 25,1 см (25%), тогда как контрольная группа —20,7 см.

К 45-му дню разница стала более выраженной: 36,6 см (12,5%) и 37,3 см (25%) против 30,2 см в контроле.

Это свидетельствует о стимулирующем действии кремнезема на рост злаковых культур, что может быть связано с улучшением усвоения питательных веществ и повышением устойчивости к стрессам [2].

Салат (Lactuca sativa):

Уже на 10-й день растения с обработкой SiO₂ (12,5%) достигли 5,45 см, тогда как контроль — 4,6 см.

Однако при концентрации 25% эффект был менее выражен (5,3 см), что указывает на возможный оптимум дозировки для листовых культур.

Базилик (Ocimum basilicum):

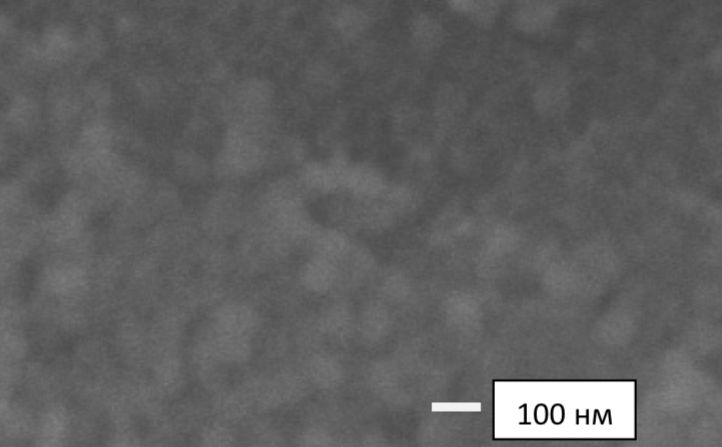
Наибольший прирост наблюдался на 10-й день: 7,9 см (12,5%) и 8,4 см (25%) против 6 см в контроле.

Это подтверждает гипотезу о том, что кремнезем способствует ускоренному развитию ароматических культур, возможно, за счет улучшения водного баланса и усиления фотосинтеза [5].

***Важное замечание:*** *При концентрациях SiO₂ свыше* ***35%*** *наблюдалась гибель растений, что подчеркивает необходимость строгого контроля дозировок.*

**Физико-химические свойства синтезированного кремнезема**

Анализ методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) подтвердил, что полученный микросферический кремнезем имеет однородную структуру с высокой удельной поверхностью, что улучшает его адсорбционные свойства (рис. 1). Это делает его эффективным носителем влаги и питательных элементов в почве.



*Фотография микросферического кремнезема с SEM*

*(Рисунок 1)*

**Экономическая целесообразность**

Расчеты (табл. 2) показали, что себестоимость синтеза SiO₂ составляет ~270 руб./л, а начальные инвестиции в оборудование — 150 000 руб. Учитывая положительное влияние на урожайность, применение микросферического кремнезема может быть экономически выгодным для сельскохозяйственных предприятий, особенно в засушливых регионах.

|  |  |
| --- | --- |
| **Параметр** | **Данные** |
| **1. Стоимость реагентов** |  |
| Этиловый спирт (C2H6O) | 55 руб. за литр |
| Тетраэтоксисилан ((C2H5O)4Si) | 1200 руб. за кг. |
| Вода (H2O) | 60 руб. за куб. метр. |
| Аммиак (NH3) | 90 руб. за литр |
| **Итого за сырьё** | 250 руб. за литр |
| **2. Затраты на оборудование** |  |
| Мешалка | 35000 руб. |
| Сушильная печь | 110000 руб. |
| Дополнительное оборудование  (Воронка для капельного введения и т.п.) | До 10000 руб. |
| **Общая стоимость оборудования** | 150000 руб. |
| **3. Энергетические расходы** |  |
| Энергия для перемешивания | 7 руб./кВт·ч |
| **Итого за энергозатраты** | 7 руб./кВт·ч |
| **Итого:** | 270 руб/л + 150000 первоначальная закупка |

*Экономическая оценка приготовления полученного вещества*

*(Таблица 2)*

**Перспективы:**

Дальнейшие исследования должны быть направлены на:

Оптимизацию дозировок для других культур.

Изучение долгосрочного влияния SiO₂ на почвенную микрофлору.

Разработку комбинированных составов с другими биоактивными веществами.

Таким образом, применение микросферического кремнезема представляет собой перспективное направление в современном агропромышленном комплексе, сочетающее экологичность, экономичность и эффективность.

**Заключение**

Проведенное исследование подтвердило эффективность применения микросферического кремнезема (SiO₂) в сельском хозяйстве для повышения урожайности и устойчивости растений к неблагоприятным условиям [1 ,3 ,5]. В ходе работы был успешно синтезирован кремнезем с оптимальными физико-химическими свойствами, а его влияние на рост сельскохозяйственных культур (пшеницы, салата и базилика) доказано экспериментально.

**Ключевые выводы:**

1. Стимуляция роста растений: Обработка почвы микросферическим кремнеземом в концентрациях 12,5–25% привела к значительному увеличению скорости роста исследуемых культур по сравнению с контрольными группами.

2. Оптимальные дозировки: Установлено, что превышение концентрации 35% оказывает угнетающее действие на растения, что подчеркивает важность точного дозирования.

3. Экономическая и экологическая целесообразность: Метод синтеза SiO₂ является доступным и рентабельным, а сам материал безопасен для окружающей среды, что делает его перспективной альтернативой традиционным агрохимикатам.

**Заключительная оценка:**

Результаты проекта демонстрируют, что микросферический кремнезем может стать важным элементом в стратегии повышения продуктивности сельского хозяйства, особенно в условиях изменения климата и роста потребности в устойчивых агротехнологиях. Внедрение данной разработки способно внести вклад в обеспечение продовольственной безопасности и развитие экологически ориентированного земледелия.

**Список литературы**

1. Немцова, Е.В. Влияние аморфного диоксида кремния «ковелос» на урожайность, морфометрические и физиологические показатели овощных культур / Е.В. Немцова, А.В. Харин, И.А. Разлуго, Т.П. Выхорь // Брянский государственный университет им. Акад. И.Г. Петровского // [УДК 661.162.66](https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-amorfnogo-dioksida-kremniya-kovelos-na-urozhaynost-morfometricheskie-i-fiziologicheskie-pokazateli-ovoschnyh-kultur/viewer)
2. Лминоеа, E.В. Стрессоустойчивость **растений** Solanum tuberosum под влиянием УДЧ **диоксида** **кремния /** E.В. Лминоеа, A.A. Mушинский, А.Ж. Саудабаева // Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург) // [УДК 635.21:631.93 DOI: 10.33284/2658-3135-103-3-16](https://cyberleninka.ru/article/n/stressoustoychivost-rasteniy-solanum-tuberosum-pod-vliyaniem-udch-dioksida-kremniya/viewer)
3. Аминова, Е.В. Воздействие ультрадисперсных частиц **диоксида** **кремния** на биохимические показатели **растений /** Е.В. Аминова, А.А. Мушинский, А.М. Короткова, Т. Т. Дергилёва // Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург) // [УДК 633.491:577.17 DOI: 10.33284/2658-3135-102-4-33](https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-ultradispersnyh-chastits-dioksida-kremniya-na-biohimicheskie-pokazateli-rasteniy-sol-num-tuber-sum/viewer)
4. Горшков, А.А. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОКОМПОЗИТОВ Fe3O4/TiO2 и Fe3O4/SiO2/TiO2, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ ПЕРОКСИДНЫМ МЕТОДОМ / А.А. Горшков, В.В. Авдин, Д.А. Учаев, Р.С. Морозов, А.Г Звонарёв // Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск // [УДК 544.032.72+544.478-03 DOI: 10.14529/chem230405](https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-himicheskie-harakteristiki-nanokompozitov-fe3o4-tio2-i-fe3o4-sio2-tio2-sintezirovannyh-gidrotermalnym-peroksidnym-metodom/viewer)
5. Аминова, Е.В. [Оценка толерантности **растений** картофеля к применению оксида **кремния**](https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tolerantnosti-rasteniy-kartofelya-k-primeneniyu-oksida-kremniya/viewer) **/** Е.В. Аминова, Е.В. Ча-совских // ФГБНУ ФНЦ БСТРАН