

ВЛИЯНИЕ АМОРФНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ «КОВЕЛОС» НА УРОЖАЙНОСТЬ, МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

© 2019 Е.В. Немцова, А.В. Харин, И.А. Разлуго, Т.П. Выхорь

Брянский государственный университет им. акад. И.Г. Петровского

Статья поступила в редакцию 06.02.2019

Приводятся результаты изучения влияния аморфного диоксида кремния «Ковелос» и его золя на параметры роста, физиологические показатели и урожайность некоторых овощных культур. Выявлено стимулирующее рост действие предпосевной обработки аморфным диоксидом кремния в количестве 50 мг/г на проростки гороха посевного сахарного (сорт Альфа), кукурузы сахарной (сорт Фаворит) и огурца (сорт Изящный). Опудривание семян гороха посевного (сорт Альфа) аморфным кремнеземом приводило к увеличению длины побегов проростков в 2,8 раз, а корней в 1,7 раза по сравнению с контрольным вариантом. Предпосевная обработка семян и рассады препаратами кремнезема приводила к увеличению урожайности моркови (сорт Лосиноостровская), кабачка (сорт Аэронавт) и томата черри (сорт Виноградная гроздь). Выявлено, что предпосевная обработка клубней картофеля (сорт Жуковский ранний) аморфным кремнеземом методом опудривания (3 г/кг) повышала урожайность на 13,8% по сравнению с контрольным вариантом. Отмечено стимулирующее действие препарата на параметры роста и чистую продуктивность фотосинтеза картофеля.

Ключевые слова: аморфный диоксид кремния, овощные культуры, предпосевная обработка, чистая продуктивность фотосинтеза.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям по Брянской области в рамках научно-инновационного конкурса «Умник» (договор № 12628ГУ/2017 от 19.04.2018 г) с использованием оборудования ИННО-центра биотехнологии и экологии БГУ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существуют данные о положительном воздействии соединений кремния на рост и развитие растений [1, 2]. Обработка семян и всходов кремнийсодержащими препаратами увеличивает темпы роста, урожайность культурных растений, а также качество сельскохозяйственной продукции [3, 4]. При этом наиболее выраженным является влияние соединений кремния на сельскохозяйственные культуры в условиях абиотического и биотического стресса, что проявляется в увеличении устойчивости растений к вредителям и болезням, воздействию высоких и низких температур, радиации, засухе, солевому стрессу, тяжёлым металлам и т.д. [5]. Замечено, что соединения кремния в растениях перемещаются в направлении тканей, которые оказались подвержены стрессу

[6]. В трудах российских учёных было установлено, что содержание кремния в листьях растений в состоянии стресса значительно выше, чем в здоровых [7].

Актуальность представляет исследование влияния диоксида кремния на физиологические, морфометрические показатели и урожайность различных сельскохозяйственных культур. Это позволит разработать технологию применения диоксида кремния в качестве дешевого регулятора роста растений, не обладающего фитотоксичностью и проявляющего стимулирующий эффект в низких концентрациях.

Цель исследования – определить влияние синтетического аморфного диоксида кремния и кремнезоля «Ковелос», производимых на предприятии ООО «Экокремний», на ростовые параметры, урожайность и физиологические показатели сельскохозяйственных культур.

Научная новизна настоящего исследования заключается в изучении способов использования аморфного кремнезема «Ковелос» и кремнезоля «Ковелос 3.5» в качестве регулятора роста при возделывании сельскохозяйственных культур. Определены стимулирующие количества кремнезоля и аморфного диоксида кремния и способы их внесения для некоторых сельскохозяйственных культур.

Немцова Елена Валентиновна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры биологии. E-mail: elenapnetz@mail.ru

Харин Андрей Викторович, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии.

E-mail: avbr1970@yandex.ru

Разлуго Ирина Алексеевна, магистрант кафедры биологии. E-mail: irina.razlugo@yandex.ru

Выхорь Татьяна Павловна, магистрант кафедры биологии. E-mail: vyxor2016@mail.ru

Методика исследования. Для изучения влияния диоксида кремния в данной работе использовался синтетический порошкообразный препарат «Ковелос-Сорб» (аморфный кремнезем), а также золь кремниевой кислоты «Ковелос 3.5», производимые ООО «Экокремний». Препарат «Ковелос-Сорб», содержит синтетический аморфный высокочистый диоксид кремния (98 %) с высокоразвитой поверхностью, кремнезоль «Ковелос 3.5» представляет собой коллоидный раствор с массовой долей диоксида кремния не менее 3,5%.

Объектами исследования являлись: огурец (сорт Изящный), горох сахарный (сорт Альфа), кукуруза сахарная (Сорт Фаворит), морковь (сорт Лосиноостровская), кабачок (сорт Аэронавт), томат черри (сорт Виноградная гроздь), картофель (сорт Жуковский ранний).

Изучение влияния аморфного диоксида кремния на прорастание семян сельскохозяйственных культур, а также на физиологические и морфометрические показатели проростков, проводили при проращивании семян в кристаллизаторах на влажной фильтровальной бумаге согласно ГОСТ 12038-84 [8]. Использовали семена огурца (сорт Изящный), гороха сахарного (сорт Альфа), кукурузы сахарной (Сорт Фаворит). Семена исследуемых культур опудривали аморфным диоксидом кремния в количестве 50 мг/г, или замачивали в коллоидном растворе, содержащем диоксид кремния в количестве 2 г/л. Семена контрольного варианта замачивали в дистиллированной воде. Каждый вариант опыта закладывался в 3-х кратной повторности, по 50 семян в каждом варианте. Определяли морфометрические показатели – длину побегов и корней недельных проростков.

Определение содержания хлорофилла а, b и суммарного содержания хлорофилла в листьях 4-недельных проростков гороха посевного (сорт Альфа) проводили спектрофотометрическим способом с использованием общепринятой методики [9]. Экстракцию пигментов осуществляли 96 % этанолом. Оптическую плотность вытяжек определяли на спектрофотометре СФ-2000.

Определяли влияние обработок кремнеземсодержащими препаратами на урожайность некоторых овощных культур – морковь (сорт Лосиноостровская), кабачок (сорт Аэронавт), томат черри (сорт Виноградная гроздь). Выращивание осуществляли на микроделянках 1 м², количество делянок в каждом варианте опыта – 4-5. Рассадку томатов и кабачков обрабатывали путем опудривания корней аморфным кремнеземом в количестве 0,1-0,15 г на растение или выдерживания корней в растворе кремнезоля с концентрацией 2 г/л в течение часа. Растения контрольного варианта выдерживали в воде в течение часа. Увлажненные семена моркови опудривали аморфным кремнеземом в коли-

честве 50 мг/г или замачивали в кремнезоле с концентрацией 2 г/л в течение 8 часов. Семена моркови контрольного варианта замачивали в воде в течение 8 часов.

Изучение влияния аморфного диоксида кремния на урожайность, физиологические и морфометрические показатели картофеля проводили на сорте Жуковский ранний на микроделянках 20 м². Осуществляли предпосевную обработку (опудривание) клубней растений опытного варианта в количестве 3 г препарата на 1 кг клубней. Показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) определяли дважды: в фазу появления всходов (май-июнь) и в фазу цветения-формирования клубней (июль-август), повторность опытов – трехкратная. Проводили определение содержания крахмала в картофеле в зависимости от его плотности весовым методом [10].

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программы Microsoft Excel 2010, отличия достоверны при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние аморфного кремнезема и его золя на показатели роста и урожайность некоторых овощных культур

Изучали влияние предпосевной и корневой обработок препаратами диоксида кремния на параметры роста, содержание хлорофилла и урожайность некоторых овощных культур (таблицы 1, 2). Стимулирующее рост действие проявлялось при использовании аморфного кремнезема для предпосевной обработки семян в количестве 50 мг/г. Опудривание семян порошком диоксида кремния в количестве 100-150 мг/г приводило к снижению всхожести семян и угнетению проростков.

Обнаружено стимулирующее рост действие вещества на проростки гороха посевного сахарного (сорт Альфа) при предпосевной обработке семян аморфным диоксидом кремния в количестве 50 мг/г (рис. 1,2, таблица 1). Выявлено, что синтетический аморфный диоксид кремния в исследуемой концентрации оказывал стимулирующее влияние на длину побегов и корней проростков гороха (отличия достоверны при $p < 0,05$). Длина побегов у недельных проростков гороха сорта Альфа, семена которых прошли обработку диоксидом кремния, составляла $15,84 \pm 0,65$ мм, что в 2,8 раза больше, чем у контрольных растений, средняя длина проростков которых составляла $5,68 \pm 0,84$ мм. Длина корней у растений гороха опытного варианта в 1,7 раза превышала показатель контрольного варианта ($21,89 \pm 1,02$ мм и $12,82 \pm 0,55$ мм соответственно).



Рис. 1. Влияние синтетического аморфного диоксида кремния на растения гороха посевного сахарного (сорт Альфа, четырехнедельные проростки):
1-3 – предпосевная обработка семян аморфным кремнеземом 50 мг/г,
4-6 – контроль (без предпосевной обработки)

Таблица 1. Влияние синтетического аморфного диоксида кремния на морфометрические показатели недельных проростков некоторых овощных культур (* – достоверно при $p \leq 0,05$)

Вариант	Длина побега, мм	Длина корня, мм
Горох посевной сахарный, сорт Альфа		
Контроль	5,68±0,84	12,82±0,55
Опыт, 50 мг SiO ₂ /г	15,84±0,65*	21,89±1,02*
Кукуруза сахарная, сорт Фаворит		
Контроль	18,3±2,1	37,8±2,8
Опыт, 50 мг SiO ₂ /г	19,6±1,4	47,6±2,3*
Огурец, сорт Изящный		
Контроль	42,0±2,0	88,3±2,1
Опыт, 50 мг SiO ₂ /г	50,8±2,5*	84,4±2,6

Обнаружено стимулирующее действие аморфного диоксида кремния на прорастание семян кукурузы сорта Фаворит (таблица 1, рис. 2). Предпосевная обработка препаратом в количестве 50 мг/г приводила к увеличению длины корней в 1,3 раза по сравнению с контрольным вариантом (достоверно при $p \leq 0,05$). Длина корней у проростков

кукурузы опытного варианта составляла 47,6±2,3 мм, контрольного – 37,8±2,8 мм. Статистически достоверного увеличения длины побегов не выявлено: средняя длина недельных проростков кукурузы составляла 18,3±2,1 мм в контрольном варианте и 19,6±1,4 мм при предпосевной обработке семян 50 мг/г аморфным кремнеземом.

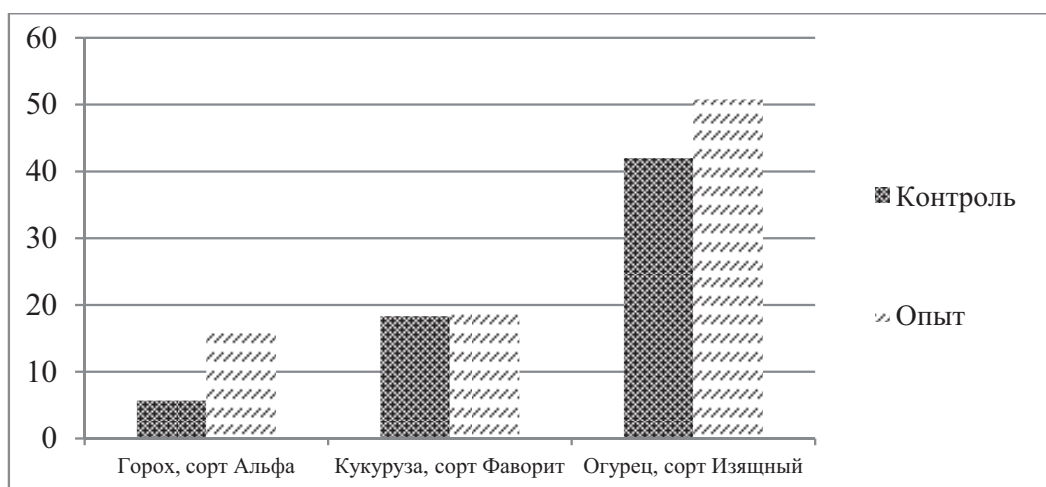


Рис. 2. Влияние синтетического аморфного диоксида кремния на длину побегов недельных проростков гороха посевного сахарного (сорт Альфа), кукурузы сахарной (сорт Фаворит), огурца (сорт Изящный)

Обработка семян огурца (сорт Изящный) аморфным диоксидом кремния в количестве 50 мг/г приводила к увеличению длины побегов в 1,2 раза (отличия достоверны при $p < 0,05$). Средняя длина проростков контрольного варианта составляла $42,0 \pm 2,0$ мм, опытного – $50,8 \pm 2,5$ мм. Предпосевная обработка семян огурца аморфным кремнезёмом не влияла на длину корней (отличия недостоверны при $p < 0,05$).

Изучено влияние обработок семян и рассады аморфным диоксидом кремния и кремнеземом на урожайность некоторых овощных культур. Выявлено, что обработка препаратами кремнезема увеличивала урожайность томатов черри «Виноградная гроздь», которая составляла 1 кг/м² в контрольном варианте, 1,2 кг/м² при опудривании корней рассады аморфным кремнеземом и 2,0 кг/м² при обработке корней рассады золем диоксида кремния с концентрацией 2 г/л.

Урожайность моркови сорта «Лосиноостровская» в контрольном варианте составляла 5,5 кг/м², при проведении предпосевной обработки семян моркови аморфным диоксидом кремния в количестве 50 мг/г – 3,9 кг/м², при предпосевной обработке семян золем кремнезема с концентрацией 2 г/л – 6,3 кг/м². Для предпосевной обработки кабачков сорта «Аэронавт» оптимальным являлось опудривание рассады аморфным кремнеземом, что приводило к увеличению урожайности в 1,7 раза (1,8 кг/м² в контрольном и 3,1 кг/м² в опытном вариантах).

Изучали влияние предпосевной обработки семян аморфным диоксидом кремния на содержание хлорофилла в листьях проростков гороха посевного (таб. 3, рис. 3). Содержание хлорофилла а, b и суммарное содержание хлорофилла в листьях четырехнедельных проростков опытных растений гороха в 1,2, 1,1 и 1,1 раза больше

Таблица 2. Влияние предпосевной обработки диоксидом кремния на урожайность некоторых овощных культур

Вариант	Контроль, кг/м ²	Обработка аморфным кремнеземом, кг/м ²	Обработка кремнеземом с концентрацией 2 г/л, кг/м ²
Томаты черри, сорт Виноградная гроздь	1	1,2	2,0
Морковь, сорт Лосиноостровская	5,5	3,9	6,3
Кабачок, сорт Аэронавт	1,8	3,1	1,5

Таблица 3. Влияние синтетического аморфного диоксида кремния на содержание хлорофилла в листьях гороха посевного сахарного (сорт Альфа)

Вариант	Хлорофилл а, мг/г	Хлорофилл b, мг/г	Суммарный хлорофилл, мг/г
Контроль	$1,05 \pm 0,05$	$0,96 \pm 0,09$	$2,01 \pm 0,14$
Опыт, 50 мг SiO ₂ /г	$1,27 \pm 0,09$	$1,02 \pm 0,09$	$2,30 \pm 0,18$

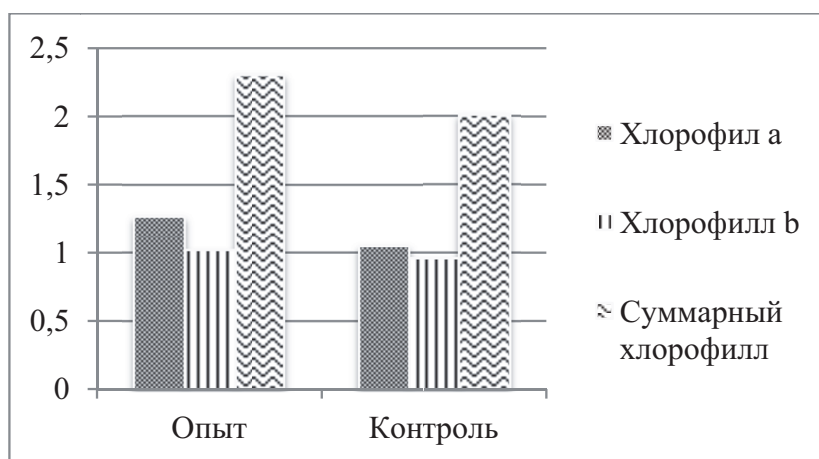


Рис. 3. Влияние синтетического аморфного диоксида кремния на содержание хлорофилла в листьях четырехнедельных проростков гороха посевного сахарного (сорт Альфа)

чем в листьях контрольного варианта соответственно (отличия недостоверны при $p \leq 0,05$).

Незначительное увеличение содержания хлорофилла в растениях гороха опытного варианта можно объяснить небольшой выборкой и нивелированием влияния препарата по мере развития проростков. Для дальнейшего изучения влияния диоксида кремния требуется определение данного показателя в динамике.

Влияние аморфного диоксида кремния на урожайность, физиологические и морфометрические показатели картофеля

Изучено влияние аморфного диоксида кремния «Ковелос» на урожайность, физиологические и морфометрические показатели картофеля сорта «Жуковский ранний». Выявлено, что предпосевная обработка клубней препаратом методом опудривания (3 г/кг) повышала урожайность картофеля на 13,8% по сравнению с контрольным вариантом. Урожайность на контрольном участке составляла 86,4 кг/100 м², на опытном – 98,3 кг/100 м² (таблица 4). Не обнаружено влияния препарата на содержание крахмала в клубнях картофеля (контроль – 19%, опыт – 18,7%).

Таблица 4. Влияние аморфного диоксида кремния на урожайность, чистую продуктивность фотосинтеза и содержание крахмала в клубнях картофеля (сорт Жуковский ранний)

Показатель	Контроль	Опыт (3 г SiO ₂ /кг клубней),
Урожайность, кг/100 м ²	86,4	98,3
Содержание крахмала, %	19,0	18,7
ЧПФ картофеля в фазу появления всходов (май-июнь), г/м ² /сут.	6,4	7,3
ЧПФ картофеля в фазу цветения-формирования клубней (июль-август), г/м ² /сут.	1,3	1,8

Изучалось влияние аморфного диоксида кремния на показатели чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) картофеля сорта Жуковский ранний. ЧПФ определялась дважды: в фазу появления всходов (май-июнь) и в фазу цветения-формирования клубней (июль-август). Наиболее отчетливо влияние аморфного диоксида кремния прослеживалось в фазу цветения – ЧПФ растений, выращенных из обработанных препаратом клубней, составляла 1,8 г/м² в сутки, что в 1,4 раза превышает ЧПФ контрольных растений. Также стимулирующий эффект от внесения диоксида кремния наблюдали в фазу появления всходов, в это время ЧПФ растений опытного варианта составляла 7,3 г/м² в сутки, что в 1,2 раза больше, чем соответствующие показатели для растений контрольного варианта (таблица 4).

ВЫВОДЫ

Выявлено стимулирующее действие предпосевной обработки аморфным диоксидом кремния в количестве 50 мг/г на прорастание семян огурца (сорт Изящный), гороха сахарного (сорт Альфа), кукурузы (Сорт Фаворит). Применение препарата приводило к увеличению параметров роста корней и побегов.

Выявлено, что обработка препаратами кремнезема увеличивала урожайность овощных культур. Эффективным являлось использование кремнезоля с концентрацией 2 г/л для предпосевной обработки семян моркови сорта «Лосиноостровская» и рассады томатов «Виноградная гроздь», что приводило к увеличению урожайности в 1,2 и 2 раза соответственно. Для предпосевной обработки кабачков сорта «Аэронавт» оптимальным являлось опудривание рассады аморфным кремнеземом, что приводило к увеличению урожайности в 1,7 раза.

Отмечено повышение урожайности картофеля на 13,8% по сравнению с контрольным вариантом при опудривании клубней картофеля сорта «Жуковский ранний» порошком диоксида кремния в количестве 3 г/кг. Не обнаружено влияния препарата на содержание крахмала в

клубнях картофеля. Чистая продуктивность растений картофеля опытного варианта в 1,2-1,4 раза превышала аналогичный показатель контрольных растений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтетический диоксид кремния «Ковелос» обладал стимулирующим действием на прорастание семян, параметры роста, физиологические показатели гороха посевного, кукурузы сахарной, огурцов. Предпосевная обработка семян, клубней и рассады различными формами препарата приводила к повышению урожайности моркови, картофеля, кабачков и томатов черри.

Рекомендуется дальнейшее изучение влияния синтетического диоксида кремния «Кове-

лос» на урожайность, физиологические и морфометрические показатели сельскохозяйственных культур с целью разработки технологической схемы использования препарата в качестве синтетического регулятора роста и развития растений. Перспективу представляет определение сроков и методов внесения, количеств препарата, обладающих стимулирующим действием для разных сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Datnoff L.E., Snyder G.H., Korndörfer G.H. Silicon In Agriculture // Studies in Plant Science. 2011. Vol. 8. 424 p.
2. Liang Y. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review / Y. Liang, W. Sun, Y. Zhu, and P. Christie // Environmental Pollution. 2007. Vol. 147. № 2. P. 422-428.
3. Потапов В., Сивашенко В., Зеленков В. Нанодисперсный диоксид кремния: растениеводство и ветеринария // Промышленные нанотехнологии. 2013. Выпуск 4. С. 18-25.
4. Водные золи гидротермального нанокремнезема, капуста брокколи, внекорневая обработка, урожайность / В.Н. Зеленков, М.И. Иванова, В.В. Потапов, А.Ф. Бухаров, А.В. Литнецкий, Н. Л. Воронаева, В.В. Карпачев // Сборник тезисов VIII ежегодной конференции НОР: сб. статей. Москва, 2017. С.194-197.
5. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants // Annals Applied Biology. 2009. Vol. 155. P. 155-160.
6. Ma J.F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses // Soil Science and Plant Nutrition. 2004. Vol. 50. №.1. P. 11-18.
7. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: дис. ... докт. биол. наук. Пушино, 2008. 136 с.
8. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. 64 с.
9. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии. М.: Наука, 1971. С. 154-170.
10. Вавилов П.П., Гриценко В.В., Кузнецов В.С. Практикум по растениеводству. М.: Колос, 1983. 352 с.

THE INFLUENCE OF AMORPHOUS SILICON DIOXIDE «KOVELOS» ON YIELD AND GROWTH CHARACTERISTICS OF SOME CROPS

© 2019 E. V. Nemtsova, A.V. Kharin, I. A. Razlugo, T. P. Vykhор'

Bryansk State University named after Acad. I. G. Petrovsky

In the study the influence of amorphous silica "Kovelos" and its colloidal solution on shoot growth, physiological characteristics and crop yield of some crops have been investigated. The preplant treatment by means of amorphous silicon dioxide powder of 50 mg/g demonstrated growth-promoting effect on the "Alfa" pea, "Izyashchnyj" cucumber and "Favorit" maize sprouts. The preplant powdering of 50 mg/g amorphous silicon dioxide of the pea "Alfa" seeds increased the root and shoot length to 1.7 and 2.8 times respectively as compared to control. The preplant treatment of amorphous silica resulted to the crop yield increase of "Losinoostrovskaya13" carrot, "Aehronavt" squash, "Vinogradnaya grozd" cherry tomatoes. The preplant treatment of the potato tubers (Zhukovskij rannij variety) of amorphous silicon dioxide powder of 3 g/kg increased the yield by 13.8% as compared to control. The substance demonstrated a stimulating effect on potatoes growth characteristics and photosynthetic yield.

Keywords: amorphous silica, vegetable crops, preplant treatment, photosynthetic yield.

Elena Nemtsova, Candidate of Biology, Ass. Professor at the Biology Department. E-mail: elenanemz@mail.ru
Andrey Kharin, Candidate of Biology, Ass. Professor at the Biology Department. E-mail: avbr1970@yandex.ru
Irina Razlugo, Undergraduate Student of the Biology Department. E-mail: irina.razlugo@yandex.ru
Tatyana Vykhор', Undergraduate Student of the Biology Department. E-mail: vxor2016@mail.ru