

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-25-30>
УДК 635.63:631.81.095.337:631.589

М.В. Селиванова,
Е.С. Романенко,
Т.С. Айсанов,
Е.А. Миронова,
Н.А. Есаулко,
М.С. Герман

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ставропольский государственный аграрный университет»
355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12
E-mail: selivanova86@mail.ru, elena_r65@mail.ru, aysanov_timur@mail.ru, elena_st_86@mail.ru, esaulko70@mail.ru, masha.german.93@mail.ru

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Селиванова М.В., Романенко Е.С., Айсанов Т.С., Миронова Е.А., Есаулко Н.А., Герман М.С. Эффективность применения кремнийсодержащих удобрений при малообъемной технологии выращивания огурца Киборг F₁. *Овощи России*. 2020;(6):25-30.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-25-30>

Поступила в редакцию: 01.09.2020
Принята к печати: 13.10.2020
Опубликована: 20.12.2020

Maria V. Selivanova,
Elena S. Romanenko,
Timur S. Aysanov,
Elena A. Mironova,
Natalia A. Esaulko,
Maria S. German

Federal state budgetary educational institution of higher education
"Stavropol state agrarian university"
12, Zootehnicheskii lane,
Stavropol, 355017, Russia

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

For citations: Selivanova M.V., Romanenko E.S., Aysanov T.S., Mironova E.A., Esaulko N.A., German M.S. Efficiency of application of silicon-containing fertilizers in low-volume cucumber growing technology Cyborg F₁. *Vegetable crops of Russia*. 2020;(6):25-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2020-6-25-30>

Received: 01.09.2020
Accepted for publication: 13.10.2020
Accepted: 20.12.2020

Эффективность применения кремнийсодержащих удобрений при малообъемной технологии выращивания огурца Киборг F₁



Резюме

Актуальность. Огурец в Российской Федерации в защищенном грунте по площадям выращивания и объему производства занимает первое место, на его долю в общем объеме производства тепличной продукции в последние годы приходится около 50-55%. Научные исследования подтверждают положительное влияние кремнийсодержащих агрохимикатов на интенсивность протекания процессов метаболизма в растительном организме, которое проявляется в повышении выхода товарной продукции, устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов среды, реализации биологического потенциала сельскохозяйственных культур.

Материал и методы. Цель исследований – оценка влияния кремнийсодержащих удобрений на продуктивность огурца Киборг F₁ в малообъемной технологии выращивания. Исследования проводили в зимне-весеннем обороте 2020 года в условиях зимней остекленной теплицы теплично-оранжерейного комплекса ФГБОУ ВО Ставропольский ГАУ. Объектами исследования были огурец Киборг F₁, удобрения Келик Калий-Кремний, Силиплант, Форрис, Bio Silicium. Удобрения применяли во внекорневые подкормки три раза в течение вегетации огурца. Все условия микроклимата в теплице регулировались в автоматическом режиме с помощью климатической программы Sercom. В качестве субстрата использовалась минеральная вата.

Результаты. Проведение подкормок кремнийсодержащими удобрениями увеличивало степень усвоения элементов питания растениями огурца Киборг F₁: содержание азота в дренажном растворе снижалось относительно контроля на 6-26 мг/л, фосфора – на 4-8 мг/л, калия – на 18-34 мг/л. Использование кремнийсодержащих удобрений способствовало увеличению площади листьев огурца по сравнению с контролем на 1,6-3,1%, выхода стандартной продукции – на 3,7-8,1%, урожайности – на 0,9-2,5 кг/м², снижению степени отмирания завязей – на 2,0-3,5%. При применении кремнийсодержащих удобрений улучшалось качество продукции огурца. Таким образом, в условиях шестой световой зоны для увеличения урожайности огурца Киборг F₁ в малообъемной технологии выращивания рекомендуется применять кремнийсодержащие удобрения Силиплант и Форрис, что обеспечивает прибавку относительно контроля 7,4 и 9,2 % соответственно.

Ключевые слова: огурец, защищенный грунт, кремний, удобрение, элемент питания, урожайность, качество продукции

Efficiency of application of silicon-containing fertilizers in low-volume cucumber growing technology Cyborg F₁

Abstract

Relevance. Cucumber in the Russian Federation in protected ground in terms of growing areas and production volume is the first, its share in the total production of greenhouse products in recent years accounts for about 50-55%. Scientific research confirms the positive effect of silicon-containing agrochemicals on the intensity of metabolic processes in the plant body, which is manifested in increasing the yield of commercial products, resistance to adverse environmental factors, and the realization of the biological potential of crops.

Methods. The aim of the research is to evaluate the effect of silicon – containing fertilizers on the productivity of Cyborg F₁ cucumber in low-volume cultivation technology. The research was conducted in the winter-spring period of 2020 in the conditions of a winter glazed greenhouse of the greenhouse complex of the Stavropol state agrarian university. The objects of research were cucumber Cyborg F₁, fertilizers Kelik Potassium Silicon, Siliplant, Forris, Bio Silicium. Fertilizers were applied to foliar top dressing three times during the cucumber growing season. All microclimate conditions in the greenhouse were regulated automatically using the Sercom climate program. Mineral wool was used as a substrate.

Results. Fertilizing with silicon – containing fertilizers increased the degree of assimilation of nutrients by plants of cucumber Cyborg F₁: the nitrogen content in the drainage solution decreased by 6-26 mg/l, phosphorus – by 4-8 mg/l, and potassium-by 18-34 mg/l. The use of silicon-containing fertilizers contributed to an increase in the area of cucumber leaves compared to the control by 1.6-3.1%, the yield of standard products-by 3.7-8.1%, yield-by 0.9-2.5 kg/m², and a decrease in the degree of ovary death – by 2.0-3.5%. When using silicon-containing fertilizers, the quality of cucumber products improved. Thus, in the conditions of the sixth light zone, to increase the yield of Cyborg F₁ cucumber in low-volume cultivation technology, it is recommended to use silicon-containing fertilizers Siliplant and Forris, which provides an increase relative to the control of 7.4 and 9.2%, respectively.

Keywords: cucumber, protected soil, silicon, fertilizer, food element, yield, product quality.

Введение

Овощеводство как растениеводческая отрасль сельского хозяйства является важной составляющей агропромышленного комплекса России. Овощебахчевые культуры обеспечивают население важными продуктами питания, а перерабатывающую промышленность – сырьем. Наибольшее распространение в Российской Федерации имеют 7-10 овощных культур, среди которых: капуста, лук, чеснок, томат, огурец, столовая свекла, перец и др. [1].

Огурец в защищенном грунте Российской Федерации по площадям выращивания и объему производства занимает первое место, на его долю в валовом сборе тепличной продукции в последние годы приходится около 50-55%. В защищенном грунте страны культуру огурца выращивают в зимне-весеннем, весенне-летнем и летне-осеннем оборотах. Производство продукции огурца в защищенном грунте обеспечивает ее потребление в свежем виде более длительные в течение года по сравнению со многими другими овощами.

Важным условием увеличения производства овощей с целью полного самообеспечения населения страны отечественной продукцией является интенсификация отрасли на основе применения современных, ресурсосберегающих технологий, рационального использования минеральных удобрений, химических средств защиты растений, внедрения в производство урожайных сортов и гибридов овощных культур и т.д. [2].

Исследования последних лет подтверждают положительное влияние различных кремнийсодержащих агрохимикатов на темпы протекания процессов метаболизма в растении, которое проявляется, прежде всего в увеличении выхода товарной продукции, устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов среды, реализации биологического потенциала сельскохозяйственных культур [3].

В научных работах приводятся данные, что кремний, принимая участие в физиологических процессах растений, способствует укреплению стенок эпидермальных клеток, развитию большего объема корневой системы, увеличению площади листьев, усилению фотосинтетических и ферментативных процессов в листьях [4-6]. Кремний усиливает усвоение питательных элементов растением, повышает их засухоустойчивость, обеспечивает более низкий уровень испарения влаги, увеличивает возможности антиоксидантной защиты растения. У сельскохозяйственных культур при обеспечении достаточного кремниевого питания можно наблюдать повышение устойчивости к влиянию вредителей [7].

Применение кремнийсодержащих агрохимикатов в технологиях возделывания сельскохозяйственных растений позволяет повысить их устойчивость к стрессовым факторам, результатом чего является увеличение урожайности культур [8]. Практика мирового сельского хозяйства показывает высокую эффективность кремнийсодержащих удобрений в технологиях возделывания культурных растений и отмечается рост потребления этих агрохимикатов, особенно при производстве зерновых культур [9-13]. Влияние кремния на продуктивность овощных культур и особенности роста отдельных современных гибридов изучено недостаточно и является актуальным.

Цель исследований – оценка влияния кремнийсодержащих удобрений на продуктивность огурца Киборг F₁ в малообъемной технологии выращивания.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в зимней остекленной теплице теплично-оранжерейного комплекса ФГБОУ

Ставропольский ГАУ. Объектами исследования были огурец Киборг F₁, удобрения Келик Калий-Кремний, Силиплант, Форрис, Bio Silicium.

Киборг F₁ (Оригинатор «Гавриш» – Россия) – партенокарпический гибрид огурца. Растение отличается хорошим ростом, средней облиственностью, подходит для ведения культуры с приспусканием. Гибрид формирует в узле 1-4 плода, женского типа цветения. Плод длиной 10-12 см, массой 110-130 г, темно-зеленого цвета, овально-цилиндрической формы со слабыми зелеными полосками, с небольшими бугорками, которые расположены со средней частотой.

Келик Калий-Кремний (Производитель – «Атлантика Агрикола», Испания) – удобрение с иммунопротекторными свойствами, в состав которого входят калий (15%) и кремний (10%) в хелатной форме (агент EDTA). Норма применения: 0,2 л/га.

Силиплант Универсальный (Производитель – АНО «НЭСТ М», РФ) – кремнийсодержащее удобрение (калий – 1%, кремний – 7,5-7,8%) с набором микроэлементов в хелатной форме (Fe, Mg, Mn, Cu, Co, Zn) и бор. Норма применения: 1,0 л/га.

Форрис (Производитель – ЗАО «Петрохим», РФ) – удобрение, содержащее калий (150 г/л), кремний (100 г/л), дигидрокверцетин (0,5 г/л), ауксин (0,1 г/л). Норма применения: 0,5 л/га.

Bio Silicium (ООО АТ Хром Трейдинг, РФ) – универсальное удобрение на основе биологически активного кремния, в состав которого входят: кремний – 50%, железо – 6%, медь – 1%, цинк – 0,5%. Норма применения: 0,5 л/га.

Удобрения применяли в качестве внекорневых подкормок: 1-я – в фазу 2-4 настоящих листьев огурца (расход рабочего раствора – 250 л/га), последующие 2 обработки – каждые 14 дней (расход рабочего раствора 800-1000 л/га).

Схема опыта:

1. Контроль (фон);
2. Фон + Келик Калий-Кремний;
3. Фон + Силиплант;
4. Фон + Форрис;
5. Фон + Bio Silicium.

Исследования проводили в зимне-весеннем обороте 2020 года. Согласно приходу солнечной радиации г. Ставрополь, на территории которого находится теплица, относится к шестой световой зоне. В теплично-оранжерейном комплексе огурец является монокультурой. Огурец выращивали в зимней остекленной теплице типа Venlo, все условия микроклимата регулировались в автоматическом режиме с помощью климатической программы Sercom. В качестве субстрата использовали минеральную вату. Посев семян огурца на рассаду был проведен 25 декабря 2019 года, последний сбор – 15 июня 2020 года. Дружные всходы огурца появились на 4-й день после посева. Рассаду выращивали в течение 14 дней с применением дополнительного досвечивания, поливы проводили по мере необходимости с ЕС=1,8 мСм/см, pH=5,7. Маты запитывали за два дня до высадки рассады питательным раствором с показателями ЕС=1,8 мСм/см, pH=5,7. Густота посадки – 2,2 раст./м². В течение вегетации огурца использовали питательные растворы с определенным содержанием элементов. Питательный раствор был контролем и фоном во всех вариантах опыта. Показатели питательного раствора для полива растений после пересадки: ЕС=2,2-2,6 мСм/см, pH=5,7. После пересадки растения с помощью шпагата подвязывали к шпалере, которая находится на

высоте 3 м от подвесных лотков. Формировка растений: первые 5 узлов полностью ослепляли, пасынки прищипывали на 3-4 узле, верхушку прищипывали после ее отрастания на 1 м от шпалеры. Среди вредителей встречались паутинный клещ, тля, из болезней – серая гниль, аскохитоз, альтернариоз и мучнистая роса.

Определяли содержание азота в растворе – по ГОСТ 33045-2014, содержание фосфора в растворе – по ГОСТ 18309-2014, содержание калия в растворе – пламенно-фотометрическим методом; площадь листьев – методом высечек; степень отмирания завязей; общий выход стандартной продукции за оборот; общий урожай в динамике его поступления по мере созревания плодов; содержание сухого вещества в плодах – методом высушивания; содержание сахаров в плодах – поляриметрическим методом; количество нитратов в плодах – с помощью нитратного ионоселективного датчика.

Результаты исследований и их обсуждение

Применение кремнийсодержащих удобрений в технологии выращивания тепличного огурца Киборг F₁ обеспечило повышение продуктивности культуры. Кремний, активизируя обменные процессы в растении, влиял на степень усвоения макроэлементов (азот, фосфор, и калий) растениями огурца из питательного раствора и остаточное содержание этих элементов в дренажном растворе. Лабораторные исследования по поглощению элементов питания растениями огурца проводили в две фазы культуры: в первые 4-6 недель после посадки (рис. 1) и массового плодоношения (рис. 2). В эти фазы развития использовали две схемы питания, которые были фоном во всех вариантах опыта. Уровень ЕС в зависимости от прихода солнечной радиации и фазы развития культуры изменялся в пределах 2,2-2,6 мСм/см (табл. 1).

По результатам лабораторных исследований установлено, что проведение подкормок кремнийсодержащими удобрениями способствовало увеличению степени усвоения азота, фосфора и калия растениями огурца из питательного раствора, впоследствии это отразилось в снижении остаточного количества элементов в дренажном растворе. Содержание азота, фосфора и калия в растворе различалось в зависимости от используемого удобрения и фазы развития огурца. При использовании удобрений в подкормках в первые 4-6 недель после посадки рассады огурца на постоянное место, остаточное количество азота в дренажном растворе было меньше относительно контроля на 15-26 мг/л, фосфора – на 4-8 мг/л и калия – на 18-31 мг/л, в период массового плодоношения разница составила 6-16, 4-6 и 20-34 мг/л соответственно. Наименьшее содержание элементов питания в дренажном растворе было отмечено при применении Келик Калий-Кремний (табл. 2).



Рис. 1. Первые 4-6 недель после посадки огурца на минераловатные маты (ориг.)

Fig. 1. The first 4-6 weeks after planting a cucumber on mineral wool mats (orig.)



Рис. 2. Массовое плодоношение огурца (ориг.)

Fig. 2. Mass fruiting of cucumber (orig.)

Таблица 1. Составы питательных растворов для огурца, мг/л
Table 1. Compositions of nutrient solutions for cucumber, mg/l

Период	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ⁵⁺	SO ₄
Рассада, запитка минераловатных матов, кубиков	10	220	220	220	60	40	50
Первые 4-6 недель после посадки	10	220	270	190	45	40	50
Период массового плодоношения	10	220	310	205	65	40	50

Таблица 2. Влияние кремнийсодержащих удобрений на остаточное количество элементов питания в дренажном растворе при выращивании огурца, мг/л
Table 2. Influence of silicon-containing fertilizers on the residual amount of nutrients in the drainage solution when growing cucumber, mg/l

Вариант	Первые 4-6 недель после посадки			Период массового плодоношения		
	N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль (фон)	110	21	157	87	17	132
Фон + Келик Калий-Кремний	84	13	126	71	11	98
Фон + Силиплант	95	17	138	81	13	112
Фон + Форрис	88	14	134	74	12	101
Фон + Bio Silicium	91	15	139	78	13	107
HCP _{0,05}	2	2	4	2	1	3

Содержание макроэлементов в дренажном растворе было меньше относительно их количества в питательном растворе (табл. 1). Содержание азота в дренажном растворе в фазу первые 4-6 недель после посадки было меньше, чем в питательном растворе на 52-63%, фосфора – на 47-67%, калия – на 42-53%. В период массового плодоношения огурца отмечалось более усиленное потребление элементов питания, чем в предыдущую наблюдаемую фазу, так как у растений увеличилась вегетативная масса, корневая система и формировались плоды. Вследствие этого количество элементов питания снизилось относительно значений питательного раствора: азот – на 62-69%, фосфор – на 57-72%, калий – на 57-68%.

Кремний активизирует фотосинтез растений, способствует увеличению вегетативной массы растений, что благоприятно сказывается на урожайности огурца, у которого весь листовой аппарат «работает» на формирование плодов. При применении кремнийсодержащих удобрений площадь листьев огурца увеличивалась относительно контроля на 1,6-3,1%. Наибольший размер листового аппарата был получен при подкормке растений огурца Силиплантом – 1,756 м²/растение, разница по сравнению с контролем составила 0,053 м²/растение, относительно использования Келик Калий-Кремний, Форрис и Bio Silicium – 0,009-0,017 м²/растение. Эффективное действие Силипланта на формирование листового аппарата объясняется набором микроэлементов в его составе, которые способствовали активизации роста вегетативной массы. При применении Келик Калий-Кремний площадь листьев огурца превышала значение контроля на 0,044 м²/растение. Подкормки огурца удобрениями Форрис и Bio Silicium способствовали увеличению площади листьев огурца относительно контроля на 0,038 и 0,027 м²/растение соответственно (табл. 3).

Одной из основных функций кремния для растения является повышение устойчивости организма к неблагоприятным факторам среды. В зимних теплицах при использовании современного оборудования для растений

создаются благоприятные условия микроклимата. При нарушении одного из параметров микроклимата тепличный огурец может реагировать отмиранием завязей. В условиях опыта теплично-оранжерейного комплекса основной неблагоприятный фактор для огурца был недостаточный приход солнечной радиации. Дополнительное досвечивание применяли только в рассадный период. При применении кремнийсодержащих удобрений степень отмирания завязей огурца была меньше по сравнению с контролем на 2,0-3,5%. Входящие в состав Форриса кремний, ауксины и дигидрокверцетин в синергизме способствовали получению минимального количества «отмерших» завязей в опыте.

Исследуемый огурец Киборг F₁ формирует бугорчатые плоды. Этот гибрид является сравнительно новым для тепличных комбинатов, его популярность за счет получения высоких урожаев и формирования сильного растения возрастает у тепличников. Гибрид характеризуется высокой товарностью плодов, но в период массового плодоношения, когда растение «стареет», начинается отмирание корневой системы, вследствие чего появляются искривленные поврежденные плоды, относящиеся к категории нестандарта. Разные категории качества продукции огурца отличаются по стоимости, что впоследствии влияет на рентабельность производства. Количество стандартной и нестандартной продукции учитывали в течение каждого сбора, в конце оборота определяли общий выход стандартной продукции.

В опыте выход стандартной продукции изменялся в зависимости от применяемых кремнийсодержащих удобрений. Наибольший выход стандартной продукции за оборот был получен при выращивании огурца с использованием удобрения Силиплант – 93,5%, что было несущественно больше, чем при использовании Форрис – на 0,9%, достоверно больше по сравнению с контролем, Келик Калий-Кремний и Bio Silicium – на 3,7-8,1%.

Сборы огурца в опыте проводили по мере созревания плодов: плодоношение началось во второй декаде февра-

Таблица 3. Влияние кремнийсодержащих удобрений на площадь листьев, формирование завязей и плодов огурца
Table 3. Influence of silicon-containing fertilizers on the leaf area, the formation of ovaries and cucumber fruits

Вариант	Площадь листьев, м ² /растение	Степень отмирания завязей, %	Общий выход стандартной продукции, %	Урожайность, кг/м ²
Контроль (фон)	1,703	19,5	85,4	27,1
Фон + Келик Калий-Кремний	1,747	17,5	89,8	28,5
Фон + Силиплант	1,756	16,4	93,5	29,1
Фон + Форрис	1,741	16,0	92,6	29,6
Фон + Bio Silicium	1,730	17,2	89,1	28,0
HCP _{0,05}	0,009	0,3	1,8	0,5

Таблица 4. Влияние кремнийсодержащих удобрений на содержание сухого вещества, сахаров и нитратов в плодах огурца
Table 4. Influence of silicon-containing fertilizers on the content of dry matter, sugars and nitrates in cucumber fruits

Вариант	Сухое вещество, %	Сахара, %	Нитраты, мг/кг
Контроль (фон)	6,17	1,89	124
Фон + Келик Калий-Кремний	6,23	1,95	112
Фон + Силиплант	6,28	1,98	107
Фон + Форрис	6,26	1,97	102
Фон + Bio Silicium	6,22	1,95	109
НСР _{0,05}	0,02	0,02	4

ля, последний сбор был во второй декаде июня. В конце оборота определяли общую урожайность культуры. В результате проведения внекорневых подкормок кремнийсодержащими удобрениями в опыте был получен статистически достоверный прирост урожайности огурца относительно контроля – на 3,3-9,2%. Самая высокая урожайность была отмечена при применении удобрения Форрис – 29,6 кг/м², разница по сравнению с контролем составила 2,5 кг/м². При обработке растений огурца Силиплантом урожайность достоверно превышала значение контроля на 2,0 кг/м² и была несущественно больше относительно использования Форрис на 0,5 кг/м². Обработка растений Келик Калий-Кремний и Bio Silicium обеспечило увеличение урожайности огурца по сравнению с контролем на 1,4 и 0,9 кг/м² соответственно.

Среди наиболее известных в настоящее время диетических продуктов в мире огурец считается одним из самых полезных. Плод огурца может содержать до 95% живой структурированной воды, а, следовательно, он имеет низкую калорийность. В биохимический состав плодов огурцов также входят высоко полезные, а также легкоусвояемые соединения йода. В плодах огурца находится большое количество клетчатки, также множество полезных веществ – фолиевая кислота, витамины В₁, В₂, С, а также белок и сахар [14].

Применение подкормок кремнийсодержащих удобрений способствовало улучшению биохимического состава плодов огурца. Качественный состав плодов огурца по содержанию сухого вещества, сахаров и нитратов определяли в фазу массового плодоношения гибрида.

При применении кремнийсодержащих удобрений содержание сухого вещества в плодах огурца достоверно увеличилось относительно контроля на 0,05-0,11%. Разница в накоплении сухого вещества в плодах между применением Силипланта и Форриса, Келик Калий-Кремний и Bio Silicium была не существенная. Наибольшее количество сухого вещества в плодах было получено при подкормке растений Силиплантом – 6,28% (табл. 4).

В состав сухого вещества огурца входят сахара, клетчатка, азотистые и безазотистые вещества, витамины, ферменты, ароматические вещества, минеральные соли фосфора, кальция, железа и др. Среди всех питательных веществ в сухом веществе плодов огурца важное место занимают сахара. Подкормка растений огурца изучаемыми удобрениями способствовала накоплению большего количества сахаров в плодах относительно контроля на 0,06-0,09%. Больше всего сахаров в плодах огурца было отмечено при использовании Силипланта.

Важным качественным показателем тепличной продукции, особенно в интенсивных технологиях малообъемного выращивания, является содержание в ней нитратов. В плодах огурца защищенного грунта предельно допустимая концентрация нитратов не должна превышать 400 мг/кг. Содержание нитратов в плодах огурца было меньше ПДК на

276-298 мг/кг. Кремний способствует лучшему протеканию азотного обмена в тканях растений. При применении кремнийсодержащих удобрений количество нитратов в плодах огурца снижалось относительно контроля на 12-22 мг/кг. Меньше всего нитратов в плодах было получено при использовании удобрения Форрис – 102 мг/кг.

Закключение

Результаты исследований свидетельствуют о том, что применение кремния в составе удобрений обеспечивает повышение продуктивности тепличного огурца. Кремний повышает степень усвоения элементов питания растения, обеспечивая эффективное использование удобрений в системах фертигации. Применение кремния способствует увеличению вегетативной массы растений. Этот элемент питания, принимая участие в биосинтезе защитных метаболитов, повышает стрессоустойчивость растений. Комплекс положительных свойств кремния позволяет увеличивать урожайность выращиваемых сельскохозяйственных культур и улучшать качество получаемой продукции.

При применении подкормок кремнийсодержащими удобрениями степень усвоения элементов питания растениями огурца увеличивалась: содержание азота в дренажном растворе снижалось относительно контроля на 6-26 мг/л, фосфора – на 4-8 мг/л, калия – на 18-34 мг/л. Использование кремнийсодержащих удобрений способствовало увеличению площади листьев огурца по сравнению с контролем на 0,027-0,053 м²/растение, общего выхода стандартной продукции – на 3,7-8,1%, снижению степени отмирания завязей – на 2,0-3,5%. Урожайность огурца в результате проведения подкормок кремнийсодержащими удобрениями была достоверно больше чем в контроле на 3,3-9,2%. Наибольшая урожайность огурца Киборг F₁ была получена при применении удобрения Форрис и разница по сравнению с контролем составила 2,5 кг/м². При обработке растений огурца Силиплантом урожайность достоверно превышала значение контроля на 2,0 кг/м² и была несущественно больше относительно использования Форрис на 0,5 кг/м². Применение кремнийсодержащих удобрений способствовало улучшению биохимического состава плодов огурца: содержание сухого вещества было больше относительно контроля на 0,05-0,11%, сахаров – на 0,06-0,09%, количество нитратов снижалось на 12-22 мг/кг.

Таким образом, в условиях шестой световой зоны для увеличения урожайности огурца Киборг F₁ в малообъемной технологии выращивания рекомендуется применять кремнийсодержащие удобрения Силиплант и Форрис, что обеспечивает прибавку относительно контроля 7,4 и 9,2% соответственно.

Дальнейшее изучение влияния кремнийсодержащих удобрений на продуктивность среднеплодных и пчелоопыляемых гибридов огурца в условиях защищенного грунта и экономическое обоснование применения этих удобрений является перспективным.

Об авторах:

Мария Владимировна Селиванова – канд. с.-х. наук, доцент кафедры производства и переработки продуктов питания из растительного сырья, selivanowa86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5770-6272>

Елена Семеновна Романенко – канд. с.-х. наук, зав. кафедрой производства и переработки продуктов питания из растительного сырья, elena_r65@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6514-414X>

Тимур Солтанович Айсанов – канд. с.-х. наук, доцент кафедры производства и переработки продуктов питания из растительного сырья, aysanov_timur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2525-7465>

Елена Алексеевна Миронова – канд. тех. наук, доцент кафедры производства и переработки продуктов питания из растительного сырья, elena_st_86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2425-0528>

Наталья Александровна Есаулко – канд. с.-х. наук, доцент кафедры производства и переработки продуктов питания из растительного сырья, esaulko70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1901-3616>

Мария Сергеевна Герман – ассистент кафедры производства и переработки продуктов питания из растительного сырья, masha.german.93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6958-5815>

About the authors:

Maria V. Selivanova – Cand. Sci. (Agriculture), associate professor of the department of production and processing of food products from plant raw materials, selivanowa86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5770-6272>

Elena S. Romanenko – Cand. Sci. (Agriculture), head of department of production and processing of food products from plant raw materials, elena_r65@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6514-414X>

Timur S. Aysanov – Cand. Sci. (Agriculture), associate professor of the department of production and processing of food products from plant raw materials, aysanov_timur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2525-7465>

Elena A. Mironova – Cand. Sci. (Techn.), associate professor of the department of production and processing of food products from plant raw materials, elena_st_86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2425-0528>

Natalia A. Esaulko – Cand. Sci. (Agriculture), associate professor of the department of production and processing of food products from plant raw materials, esaulko70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1901-3616>

Maria S. German – assistant of agricultural sciences, senior lecturer of the department of production and processing of food products from plant raw materials, masha.german.93@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6958-5815>

• Литература

1. Селиванова М.В., Лобанкова О.Ю., Романенко Е.С., Есаулко Н.А., Нуднова А.Ф., Сосюра Е.А., Прудко Ю.С. Повышение урожайности огурца в защищенном грунте : монография. Ставрополь : Ставропольское издательство «Параграф», 2014. 112 с.
2. Лушчик А.А. Оценка потребности в овощах в соответствии с рациональными нормами их потребления. *Овощи России*. 2019;(2):16-21. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-16-21>
3. Козлов А.В., Уромова И.П., Куликова А.Х. Влияние кремнийсодержащих стимуляторов роста на биологическую продуктивность и показатели качества озимой пшеницы и картофеля. *Вестник Мининского университета*. 2016;(1):31.
4. Козлов А.В., Куликова А.Х., Яшин Е.А. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах. *Вестник Мининского университета*. 2015;2(10):23-32.
5. Осипова Л.В., Курносоева Т.Л., Быковская И. А. Повышение адаптивного потенциала ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) при действии абиотического стресса. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2016;(3):48-51.
6. Самсонова Н.Е., Капустина М.В., Зайцева З.Ф. Влияние соединений кремния и минеральных удобрений на урожайность яровых зерновых культур и содержание в них антиоксидантных ферментов. *Агрохимия*. 2013;(10):66-74.
7. Матыченков В.В., Кособрюхов А.А., Шабнова Н.И., Бочарникова Е.А. Кремниевые удобрения как фактор повышения засухоустойчивости растений. *Агрохимия*. 2007;(5):63-67.
8. Рябинович Г.Ю., Смирнова Ю.Д., Фомичева Н.В. Получение новых кремнийорганических удобрений и их апробация при моделировании водных стрессов. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2020;10(2)(33):284-293. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-2-284-293
9. Merwad A. R. M. A. Response of yield and nutrients uptake of pea plants to silicate under sandy soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2018;49(13):1553-1562. DOI: 10.1080/00103624.2018.1474895
10. Maghsoudi K., Emam Y., Pessarakli M. Effect of silicon on photosynthetic gas exchange, photosynthetic pigments, cell membrane stability and relative water content of different wheat cultivars under drought stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*. 2016;39(7):1001-1015. DOI: 10.1080/01904167.2015.1109108.
11. Мнатсакян А.А., Чуварлеева Г.В., Волкова А.С. Кремний и его роль в повышении продуктивности и качества зерна сои. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020;2(34):21-28.
12. Серегина И.И., Ниловская Н.Т., Баранов А.В. Продуктивность, фотосинтетическая деятельность и донорно-акцепторные отношения растений яровой пшеницы при применении силиката калия. *Агрохимия*. 2014;(4):60-69.
13. Сластя И.В. Влияние обработки соединениями кремния семян и вегетирующих растений на продуктивность сортов ярового ячменя. *Агрохимия*. 2012;(10):51-59.
14. Селиванова М.В. Влияние биологически активных веществ на урожайность и качество продукции огурца в условиях защищенного грунта. *Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе: материалы 78-й науч.-практ. конф.* (Ставрополь, 22-24 апреля 2014 г.). Ставрополь, 2014. С.186-188.

• References

1. Selivanova M.V., Lobankova O.Yu., Romanenko E.S., Esaulko N.A., Nudnova A.F., Sosyura E.A., Prudko Yu.S. Increasing the yield of cucumber in protected soil : monograph / I. Stavropol : Stavropol publishing house "Paragraph", 2014. 112 p. (In Russ.)
2. Lushchik A.A. Assessment of the need for vegetables in accordance with rational norms of consumption. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(2):16-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-16-21>
3. Kozlov A.V., Uromova I.P., Kulikova A.H. Influence of silicon-containing growth stimulants on biological productivity and quality indicators of winter wheat and potatoes. *Vestnik Mininskogo universiteta*. 2016;(1):31. (In Russ.)
4. Kozlov A.V., Kulikova A.Kh., Yashin E.A. The role and significance of silicon and silicon-containing substances in agroecosystems. *Bulletin of Minin University*. 2015;2(10):23-32. (In Russ.)
5. Osipova L.V., Kurnosova T.L., Bykovskaya I.A. Increasing the adaptive potential of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) under the action of abiotic stress. *Problems of Agrochemistry and ecology*. 2016;(3):48-51. (In Russ.)
6. Samsonova N.E., Kapustina M.V., Zaitseva Z.F. Influence of silicon compounds and mineral fertilizers on the yield of spring grain crops and the content of antioxidant enzymes in them. *Agrochemistry*. 2013;(10):66-74. (In Russ.)
7. Matychenkov V.V., Kosobryukhov A.A., Shabnova N.I., Bocharnikova E.A. Silicon fertilizers as a factor of increasing the drought resistance of plants. *Agrochemistry*. 2007;(5):63-67. (In Russ.)
8. Ryabinovich G.Yu., Smirnova Yu.D., Fomicheva N.V. Obtaining new organosilicon fertilizers and their approbation In modeling water stresses. *Lime of universities. Applied chemistry and biotechnology*. 2020;10(2)(33):284-293. (In Russ.)DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-2-284-293
9. Merwad A.R.M.A. Response of yield and nutrients uptake of pea plants to silicate under sandy soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2018;49(13):1553-1562. DOI: 10.1080/00103624.2018.1474895
10. Maghsoudi K., Emam Y., Pessarakli M. Effect of silicon on photosynthetic gas exchange, photosynthetic pigments, cell membrane stability and relative water content of different wheat cultivars under drought stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*. 2016;39(7):1001-1015. DOI: 10.1080/01904167.2015.1109108.
11. Mnatsakanyan A.A., Volkov G.V., Chuvartleeva A.S., Silicon and its role in improving the productivity and quality of soybean. *Bean and grouts crops*. 2020;2(34):21-28. (In Russ.)
12. SerEGINA I.I., Milovskaya N.T., Baranov A.V. Productivity, photosynthetic activity and donor-acceptor relations in plants of spring wheat with application of potassium silicate. *Agrochemistry*. 2014;(4):60-69. (In Russ.)
13. Slasty I.V. Influence of treatment with silicon compounds of seeds and vegetative plants on the productivity of spring barley varieties. *Agrochemistry*. 2012;(10):51-59. (In Russ.)
14. Selivanova M.V. influence of biologically active substances on the yield and quality of cucumber products in protected ground conditions. *Modern resource-saving innovative technologies of crop cultivation in the North Caucasus Federal district: materials of the 78th scientific and practical conference*. (Stavropol, April 22-24, 2014). Stavropol, 2014. P.186-188. (In Russ.)