

Агрохимия и Почвоведение

**Тема: «Изучение некоторых аспектов действия кремния (Si)
на рост и развитие декоративных культур»**

Шестопалов Алексей Сергеевич

Свято-Владимирская Православная школа, г. Москва

11 класс

Научный руководитель:

к.с.-х.н., ст.н.с., учитель биологии и химии
Свято-Владимирской Православной школы
Янишевская Оксана Леонидовна

г.Москва, 2022-23 учебный год

Оглавление

Введение.....	3
1. Обзор литературы.....	4
1.1. Кремний в жизни растений.....	4
1.2. Механизм поглощения кремния.....	4
1.3. Фотосинтез и кремний.....	5
2. Экспериментальная часть.....	5
2.1. Методы проведения исследований.....	6
2.2. Результаты и их обсуждение.....	7
I. Действие Силипланта на декоративные культуры класса двудольные.....	7
2.2.1. Влияние действия кремния на динамику морфологических показателей опытных культур.....	7
2.2.2. Влияние кремния на декоративные качества опытных культур.....	9
II. Действие Силипланта на декоративные культуры класса однодольные.....	11
Выводы.....	14
Список литературы.....	15

ВВЕДЕНИЕ

Показано влияние разных способов стимулирования роста и развития декоративных культур путем некорневых подкормок и предпосадочного замачивания луковиц. Рабочие растворы кремнийсодержащих удобрений применяли в фазу бутонизации культуры бархатцев и пиретрума и в фазу формирования вегетативных почек культуры декоративного лука и нарцисса в условиях Московской области на торфяном агрозёме.

Приведены результаты изменения морфологических и биометрических показателей, полученные в условиях микрополевого опыта.

Развитие инфраструктуры городов и прилегающих территорий и высокая потребность, в связи с этим, в озеленении и декорировании улиц, помещений и т.д., требует всестороннего изучения питания декоративных культур. В условиях города важным фактором для успешного декоративного цветоводства и озеленения является высокая продуктивность растений при наименьших затратах, устойчивость декоративных культур к загрязнению и засолению почв и вод, запылённости и загазованности воздуха.

В последнее время в современных технологиях производства декоративных растений все шире применяются регуляторы роста, обладающие антистрессовым и иммуномодулирующим действием, не только для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, но и в озеленении городов и других населенных пунктов.

В работе уделялось большое внимание комплексному удобрению Силиплант, обладающему широким спектром действия: ростостимулирующим, иммуномодулирующим, антистрессовым, адаптогенным.

Силиплант – микроудобрение, содержащее 13-15% двуокиси кремния и микроэлементы (Fe, Cu, Zn, S, Mn, Mg, Mo, Co, B). Относится к 3 классу опасности (умеренно опасным). В настоящее время Силиплант является единственным удобрением со столь высоким содержанием кремния.

Кремний является универсальным элементом, который необходим всем растениям, но особенно злаковым, папоротникам, которые относятся к

кремнефилам, а также виноградной лозе, хвойным и многим другим культурам, которые выносят достаточно большое количество кремния из почвы. Он влияет на процессы фотосинтеза, синтеза белка, углеводов, макроэргических соединений, образование раневой паренхимы, повышает прочность тканей. Кремний является составной частью клеточной стенки, придавая ей прочность, вместе с кутикулой защищает растения от поражения патогенами и вредителями. Кремний повышает устойчивость к болезням, которую можно охарактеризовать как «систематически приобретенную устойчивость», связанную с накоплением салициловой кислоты и патогенезом белков. Наряду с этим защитные механизмы, индуцируемые кремнием, включают также накопление лигнина и фенольных соединений, повышение активности хитиназ и пероксидаз, других ферментных систем.

Учитывая всё вышесказанное, понятен интерес к действию кремния на рост и развитие декоративных культур, относящихся разным ботаническим классам.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Кремний в жизни растений

Исследования показали, что кремний легко поглощается и накапливается в основном в корнях и листьях. В корнях он накапливается равномерно во всем слое ткани, в листьях — под кутикулой и в эпидермисе [1, 2-4]. Чем выше содержание кремния в почве, тем больше он потребляется и накапливается растениями. И чем больше потребляется кремния, тем меньше потребляется азота, фосфора, калия, кальция, магния, то есть проявляется взаимозаменяемость элементов и еще раз подтверждается, что от среды произрастания зависит конечный результат и состав растения [4, 6, 8].

Неоценима роль биологически активного кремния для повышения зимостойкости растений. Установлено, что защитные реакции растений против морозов связаны с повышенной активностью гидролитических ферментов и направлены на создание устойчивых коллоидных систем, обладающих водоудерживающими силами. Имеющиеся данные в литературе

свидетельствуют, что самые сильные сорбенты и прочные водоудерживающие вещества — кремнийсодержащие соединения [9,10].

Велика роль кремния и в борьбе с засухой [13,15].

1.2 Механизм поглощения кремния растениями

Поступает кремний в растение в виде аниона кремниевой кислоты $(\text{SiO}_3)^{2-}$, а также ионов $\text{Si}(\text{OH})_3$, $\text{Si}(\text{OH})_4$ и различных кислот, других соединений в виде $(\text{SiFe}_6)^{2-}$, $\text{Si}(\text{OH}_6)^{2-}$ и т.д. Установлена близость поступающих ионов кремния как органического, так и неорганического происхождения [1]. А. Шарно (1953) и К. Шварц (1978) вывели и идентифицировали фермент силиказу, который освобождает кремний из его соединений. Этот фермент присутствует в мембранно-связанной форме в митохондриях и микросомах. Выделенная К.Шварцем силиказа оказалась даже способной высвободить кремниевую кислоту из синтетических кремнийорганических соединений. Она отличается необыкновенной теплостойкостью. [7]

Вопрос о химической природе кремния рассматривался многими учеными. Joshida Shoichi [12] считает, что кремний в растении содержится в трех формах: ионной, коллоидной, труднорастворимой. При этом на долю труднорастворимого кремния падает 90 % общего содержания этого элемента в растении. Содержание ионного кремния составляет от 0,5 до 8 % и колеблется у различных растений [1,8,15]. Коллоидной кремниевой кислоты в растении может содержаться до 2 % [12,15,16].

1.3 Фотосинтез и кремний

Кремний положительно влияет на фотосинтез и на транспирацию, усиливает накопление пигментов в листьях, а также улучшает габитус растений, увеличивает площадь листьев, улучшает проницаемость света в ткани, уменьшает затраты на дыхание [1, 2, 11].

М. Воронков отмечает повышение фотосинтетической деятельности под влиянием вносимых кремнийсоединений [2-4]. Положительное влияние кремния на фотосинтез растений связано с биологически активной ролью кремния в обмене веществ растительных организмов; определенной

электропроводностью кремния, как носителя и передатчика импульсов; со светочувствительностью кремния; регулирующей ролью вязкости и буферности физиологического раствора-жидкости тела растений; сорбционной, влагоудерживающей ассенизирующей силой кремнийсоединений; кремнием, как красителем, способным придавать и обеспечивать необходимый цвет растительным тканям в необходимое время; стимулирующей деятельностью ферментов; теплорегулирующей деятельностью кремнийсоединений [6-8, 10-12,14].

Учитывая вышеизложенное, очевидно, что однодольные растения более отзывчивы на действие кремния, чем двудольные.

В соответствии с заявленными потребительскими свойствами и физиолого-биохимическим воздействием кремнийсодержащего удобрения Силиплант и учитывая пока ещё ограниченное его использование в декоративном растениеводстве и овощеводстве, оценка эффективности применения этого удобрения актуальна. В связи с этим были проведены исследования некоторых аспектов действия кремния на рост и развитие различных декоративных культур, широко используемых в озеленительных технологиях. Прикладные исследования, результаты которых представлены в данной работе, могут быть использованы в массовых технологиях озеленения городов, при моделировании флористических и дизайнерских проектов.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методически грамотная оценка пригодности кремнийсодержащего комплексного удобрения Силиплант является актуальной и своевременной для современного декоративного растениеводства защищённого и открытого грунта. В связи с этим:

Темой исследований стало изучение некоторых аспектов действия кремния(Si) на рост и развитие декоративных культур.

Цель работы: проверка ранее заявленной высокой эффективности кремнийсодержащего удобрения Силиплант при использовании его на декоративных культурах.

В ходе исследований решались следующие задачи:

- изучить влияние Силипланта на рост, развитие и динамику декоративных качеств опытных культур;
- изучить действие разных форм Силипланта на морфо-биометрические показатели декоративных растений.

2.1. Методы проведения исследований

Микрополевые опыты в 2021-2022г.г. проводились в хозяйстве «Назарьево». Техника и условия закладки микрополевых опытов отвечали общепринятой методике опытного дела [5]. Учётная площадь делянок составляла – 1,5 м², ширина защитных полос 25 см. Растения высаживали рассадой по схеме: 8 х 4 (м). Почва опытного участка – агрозём на основе торфа – типичный для использования на клумбах городов и других населённых пунктов (рН_{KCl} = 7,1, класс по содержанию калия и фосфора – VI), содержание N_{мин.} за 5 дней до посадки 40 мг/кг). Повторность полевых опытов – 4-кратная.

Дата высадки рассады бархатцев и пиретрума в грунт – 25 мая 2022 г.
Дата высадки луковиц нарцисса и лука – 15 сентября 2021.

Состав исследуемых препаратов

Силиплант -1

Состав:

SiO₂ – 1 %

Fe - 580 – 600 мг/л

N - 400 мг/л

Mn, Zn, Mg – 100-200 мг/л

Co, Mo, B – 1-2 мг/л

Силиплант -2

Состав: SiO_2 – 1 %
Fe - 580 – 600 мг/л
N - 400 мг/л
Mn, Zn, Mg – 100-200 мг/л
Co, Mo, B – 1-2 мг/л

и дополнительно на каждый литр раствора – 0,1 мл препарата ЦИРКОН (или 1 мл / 10 л воды)

Обработки рассады Силиплантом – 1-я через 14 дней после высадки 2 – по необходимости (через 20 дней); концентрация рабочего раствора – 0,4%.

Обработки луковиц Силиплантом – допосадочное замачивание в 0,4%-ном растворе на 17 часов.

Схемы полевых опытов, 2021-2022 г.

Опыт 1 и 2 (бархатцы сортов Золото Маккены и пиретрум девичий)

1. Опрыскивание водой - Контроль
2. Опрыскивание Силиплантом – 1 (0,4%)
3. Опрыскивание Силиплантом – 2 (0,4%)

Опыт 3 и 4 (нарцисс сорта Поэтический, лук декоративный)

1. Замачивание луковиц в воде - Контроль
2. Замачивание луковиц в Силипланте – 1 (0,4%)
3. Замачивание луковиц в Силипланте – 2 (0,4%)

В программу исследований входили учёты биометрических показателей: динамика количества и высоты растений, интенсивность и качество цветения, общая декоративность и устойчивость к увяданию в букете.

Оценка эффективного укоренения луковиц нарцисса и лука проводилась методом определения прироста корневой системы по объёму вытесненной воды.

Определение содержания хлорофилла (a + b) проводилось на ацетоновых экстрактах методом электрофотокolorиметрии.

Результаты проведенных учётов статистически обрабатывались при помощи метода дисперсионного анализа.

Выбор опытных культур (объектов исследования) продиктован целью и задачами данного исследования. Были выбраны достаточно распространённые цветочные культуры отечественной селекции, применяемые в городском озеленении:

- Бархатцы прямостоячие сорта Золото Маккены
- Пиретрум девичий
- Нарцисс сорта Поэтический
- Лук декоративный Христофа сорта Розембаумский.

Были использованы цветочные культуры с разным типом корневой системы, принадлежащие к классам одно- и двудольных.

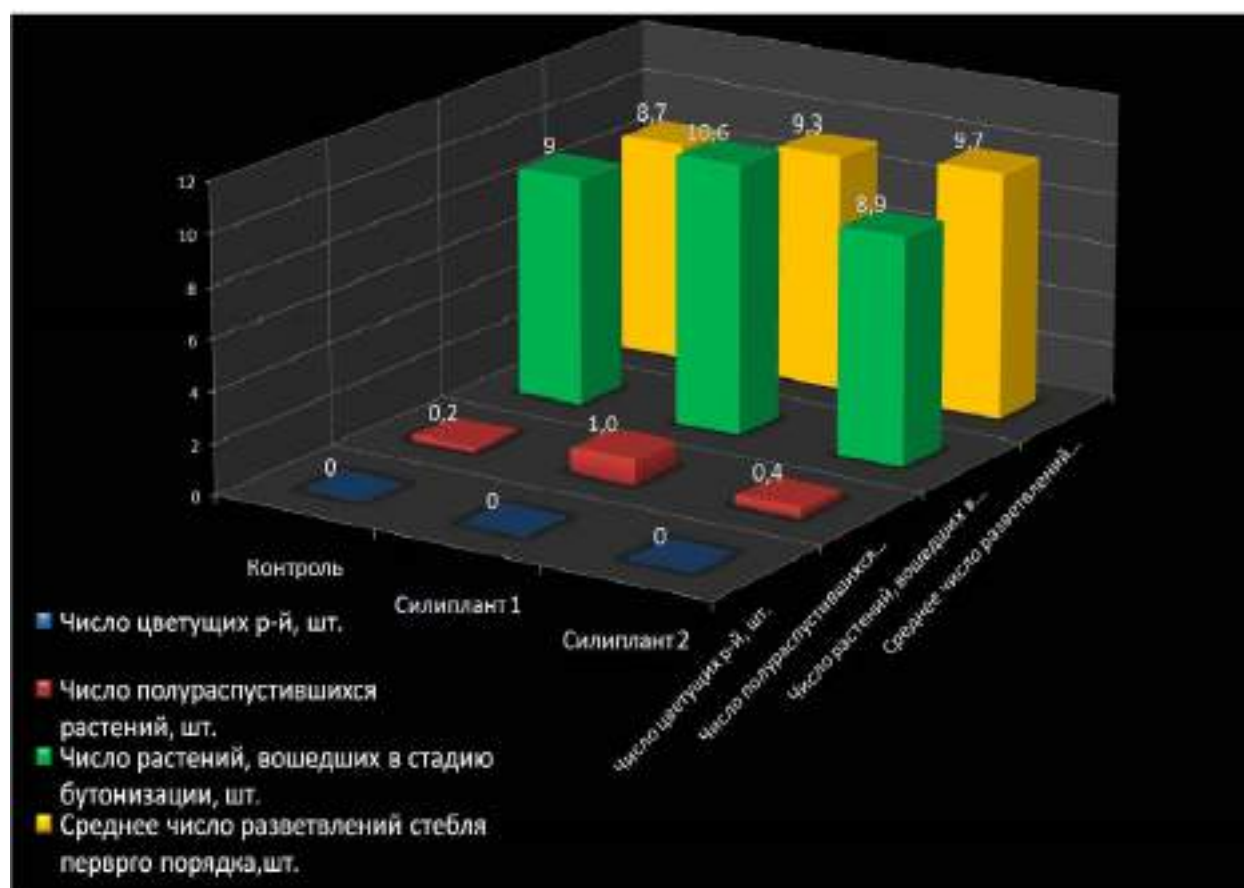
2.2. Результаты и их обсуждение

I. Действие Силипланта на декоративные культуры класса двудольные

2.2.1. Влияние действия кремния на динамику морфологических показателей опытных культур

Сравнение действия двух форм изучаемого удобрения, проведенное по истечении трёх недель после высадки рассады в грунт, показывает неодинаковый ответ культуры на опрыскивание Силиплантом (рис.1). Так, число вошедших в стадию бутонизации и полураспустившихся растений на варианте с применением Силипланта-1 достоверно превышало эти показатели на контроле. При этом число разветвлений первого порядка на этом варианте было несколько ниже, чем при использовании Силипланта-2. Таким образом, проявилась незначительная тенденция торможения цветения опытной культуры под действием опрыскивания Силиплантом-2.

Рис. 1. Действие Силипланта на некоторые морфологические показатели бархатцев сорта золото Маккены (на 15.06.2022), полевой опыт



$НСР_{0,05}$ числа цветущих р-й = 0

$НСР_{0,05}$ бутонизац. = 1,1

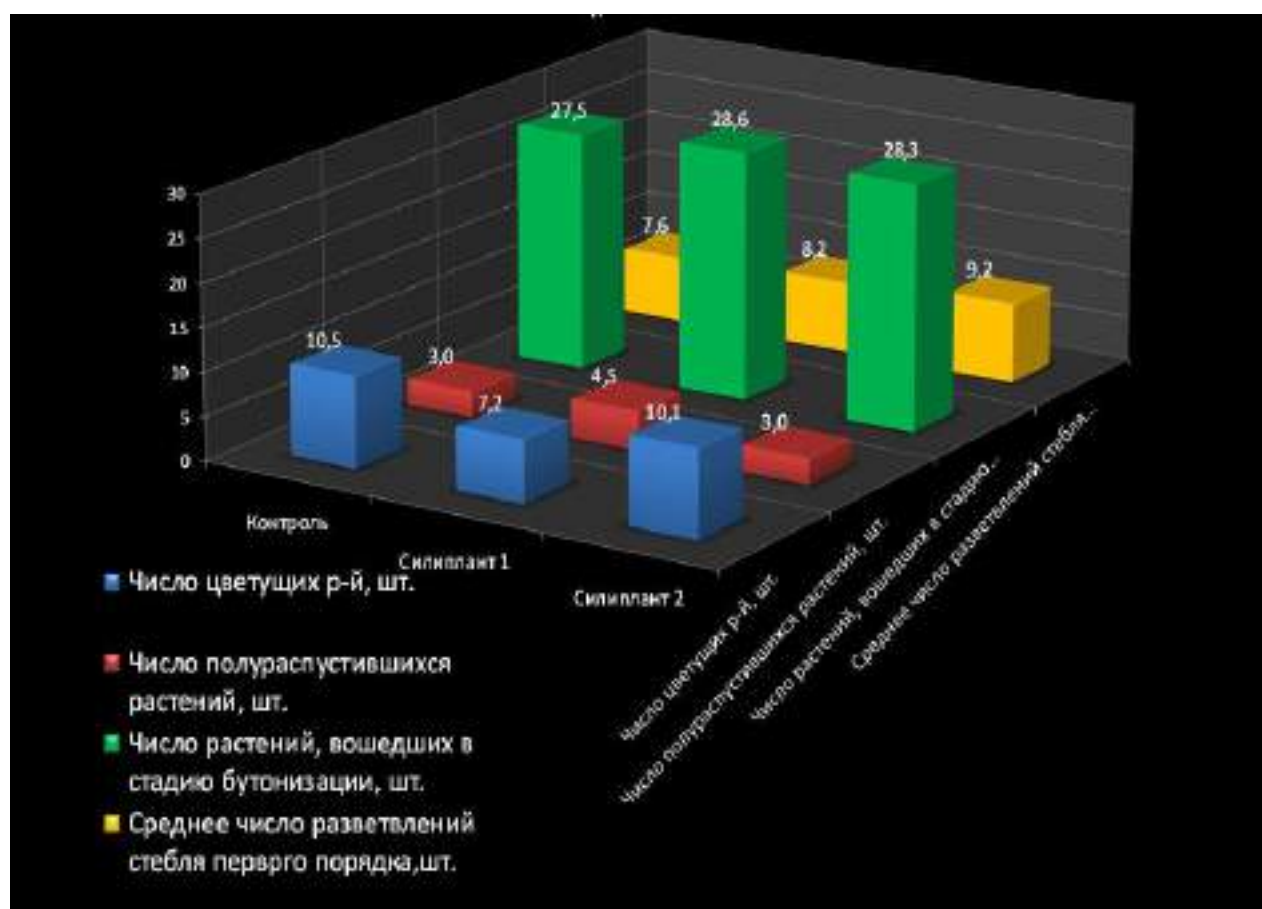
$НСР_{0,05}$ полурасп. р-й = 0,07

$НСР_{0,05}$ разветвлений = 0,66

По истечении недели влияние исследуемых удобрений несколько изменилось (рис.2). По-прежнему на варианте с применением Силипланта-1 количество полураспустившихся и вошедших в стадию бутонизации растений было максимальным. Вместе с тем Силиплант-1 значительно сдерживал цветение культуры: в-среднем, 7,2 цветущих растения по сравнению с 10,5 на контроле. Обе формы удобрения стимулировали образование побегов 1-го порядка.

Декоративность цветочных культур, используемых как в городском, так и в приусадебном озеленении, определяется комплексом параметров. Количество цветущих соцветий, безусловно, является одним из основных показателей, определяющих декоративность культуры, но в случае с бархатцами также важно количество зеленых побегов и листьев, придающих растению объемность и красоту.

Рис. 2. Действие Силипланта на некоторые морфологические показатели бархатцев сорта Золото Маккены (на 22.06.2022), полевой опыт



$НСР_{0,05}$ числа цветущих р-й = 1,07

$НСР_{0,05}$ полурасп. р-й = 0,68

$НСР_{0,05}$ бутонизац. = 0,91

$НСР_{0,05}$ разветвлений = 0,35

Действие кремния, входящего в состав исследуемых удобрений, проявилось в интенсивном ветвлении стебля опытной культуры (Рис.2). Добавление в состав удобрения ростового вещества ЦИРКОН существенно усилило этот процесс.

2.2.2. Влияние кремния

на декоративные качества опытных культур

Декоративность цветущего растения, кроме количества и размера цветков, их окраски оценивается, кроме того, и общим его видом, интенсивностью зелени листьев. Учитывая, что, по мнению многих исследователей, кремний, играющий одну из главных ролей в обмене веществ, активно влияет на интенсивность фотосинтеза, понятен интерес к динамике такого информативного показателя, как содержание хлорофилла в листьях бархатцев.

Результаты визуальной диагностики коррелировали с цифрами содержания хлорофилла в интенсивно-тёмно-зелёных листьях культуры (табл. 1).

Табл. 1. Динамика содержания хлорофилла в листьях бархатцев, % массы сырых листьев [полевой опыт, 2021-2022 г.г.]

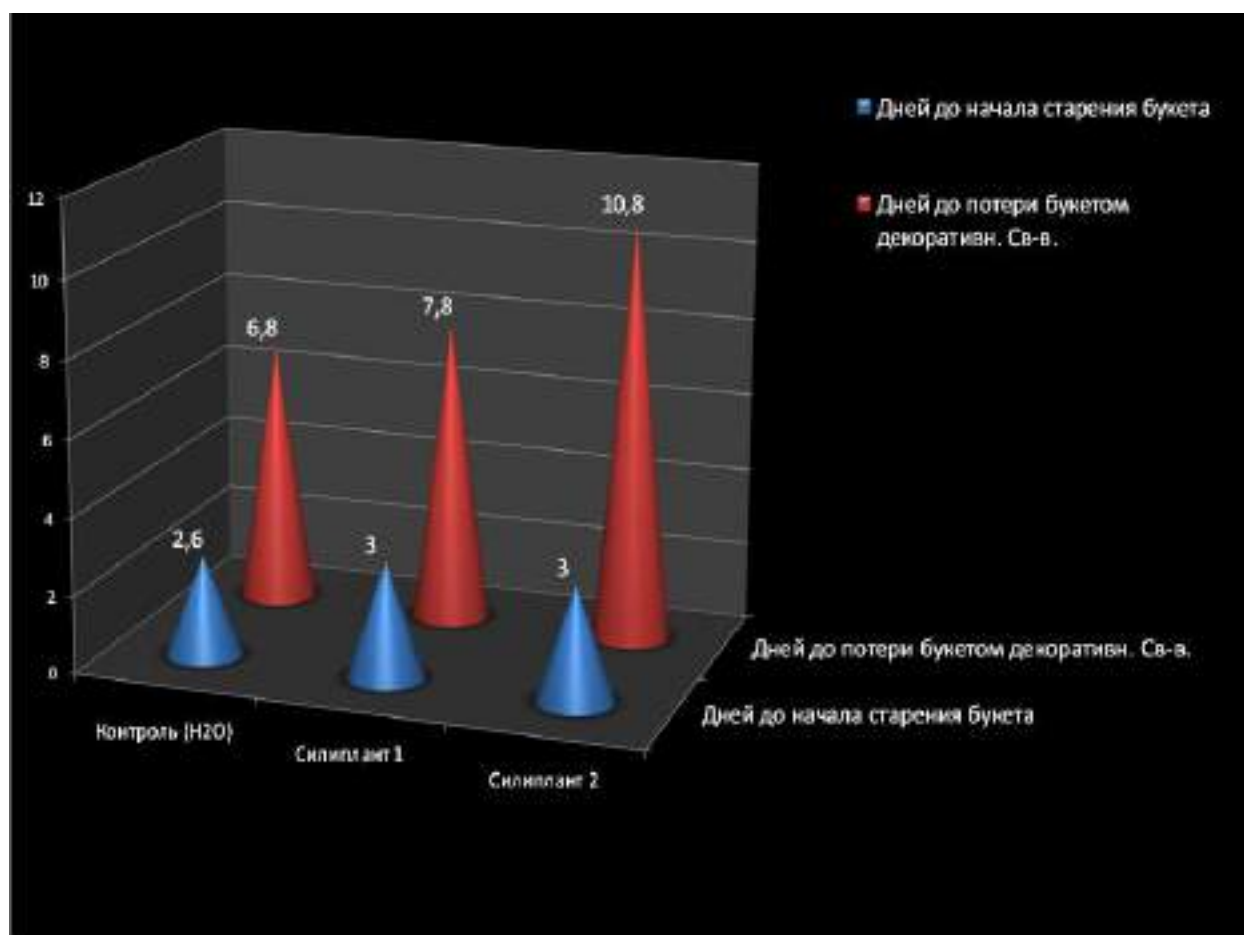
	Контроль			Силиплант-1			Силиплант-2		
	Часов после обработки								
	0	24	48	0	24	48	0	24	48
Хлорофилл л (a+b),% сыр. массы	0,45	0,50	0,44	0,44	0,81	0,75	0,45	0,94	0,71

Полевой опыт для оценки эффективности двух форм Силипланта, проведенный на культуре пиретрума девичьего, позволил получить результаты, сходные с данными по бархатцам.

Влияние обработок разными видами препарата Силиплант на длительность стояния в срезке пиретрума девичьего [полевой опыт, 2022 г.]

Силиплант-1 существенно не улучшил показатель длительность стояния букета пиретрума девичьего в срезке (Рис. 3). Действие его было слабее, чем Силиплант – 2 в 1,4 раза и практически равно действию воды на контроле.

Рис. 3. Сводные показания по длительности стояния пиретрума девичьего в срезке в зависимости от обработки (на 27.07.2022 г.)



II. Действие Силипланта на декоративные культуры класса однодольные

Большое количество кремния обнаружено у однодольных растений, меньшее – у двудольных. В среднем в листьях растений, накапливающих кремний содержится до 2% этого элемента, а в листьях обычных растений – 0,25% (Таканаскы Т.,1964). С ростом растений концентрация кремния в их составе еще больше возрастает, достигая максимума в конце вегетации.

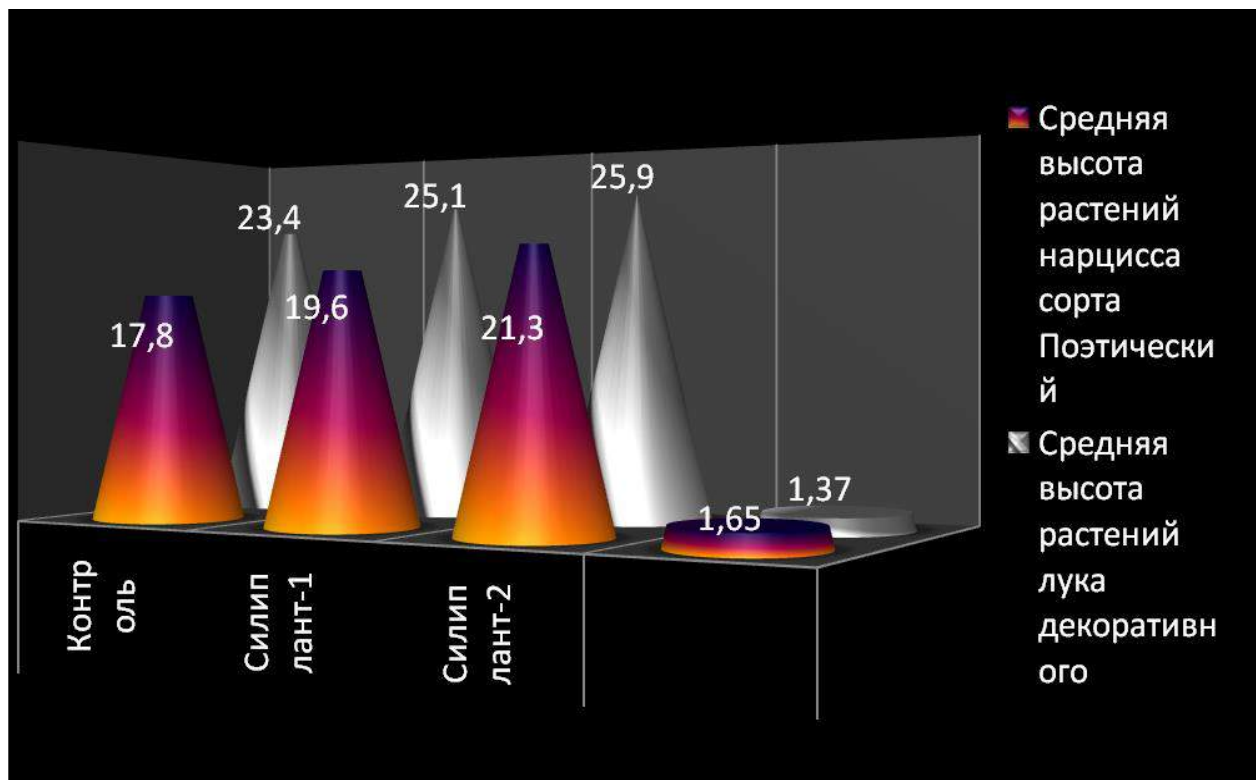
Учитывая все вышеизложенное, очевидно, что однодольные растения являются более отзывчивыми на действие кремния, чем растения класса двудольных.

Табл. 2. Влияние Силипланта на прирост корневой системы луковичных растений, полевой опыт 2021-2022 гг. (через шесть месяцев после замачивания луковиц)

Показатель	Варианты опыта			НСР 0,05
	Контроль	СИЛИ- ПЛАНТ-1	СИЛИ- ПЛАНТ-2	
Объём корней нарцисса, мл вытесненной воды/% к контролю	4,06/100	12,54/309	15,38/379	1,33
Объём корней лука, мл вытесненной воды/% к контролю	6,20/100	16,11/260	19,06/307	2,05

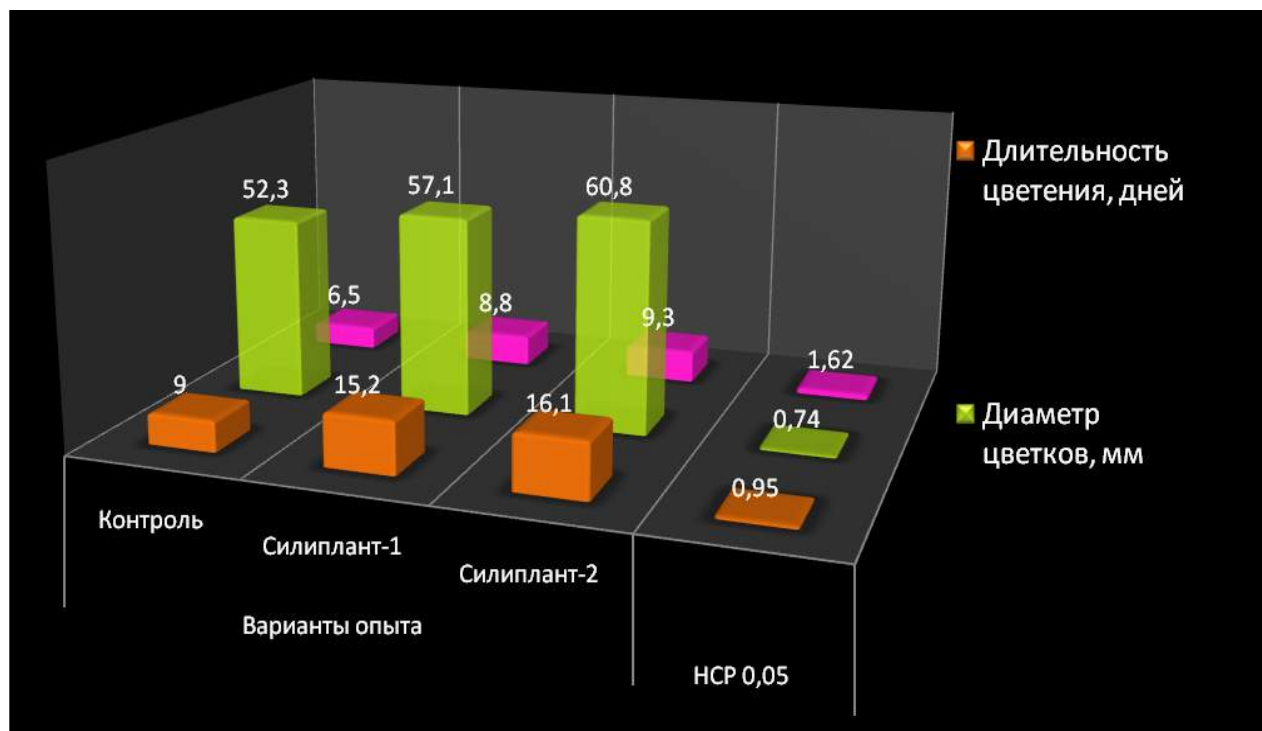
На основании данных научной литературы известно, что соединения кремния обладают общим ростостимулирующим действием, в частности, усиливают рост корневой системы. В экспериментах корнестимулирующее действие кремния проявилось на всех вариантах с использованием кремнийсодержащих удобрений (табл.2). Следует особо подчеркнуть, что на вариантах с применением Силипланта-2 наблюдался интенсивный прирост корневой массы по сравнению с контролем. В опыте с нарциссом отмечали почти 4-х-кратное, а в опыте с луком 3-х-кратное, его превышение (табл.2).

Рис.4. Влияние Силипланта на высоту луковичных растений, полевой опыт 2021- 2022 гг. (через шесть месяцев после замачивания луковиц)



Активное корнеобразование, усиленное действием кремния, положительно повлияло на перезимовку луковиц опытных культур, что не могло не сказаться на дальнейшем росте и развитии растений (Рис.4) и на их декоративность (Рис.5).

Рис.5. Влияние Силипланта на общую декоративность растений нарцисса сорта Поэтический, полевой опыт 2021-2022 гг.



Отзывчивость опытных культур класса однодольных, в частности, декоративного лука и нарцисса, ярко проявилась по таким показателям как: длительности цветения, диаметру цветков и длительности стояния в срезке. Растения, луковицы которых были замочены в растворе Силипланта-2, расцвели на 4 дня раньше контрольных, цвели, в среднем, на неделю дольше и их цветки были заметно крупнее. Реакция опытных растений на обработку Силиплантом-1 была несколько слабее при сохранении общей тенденции.

Отмеченная ранее закономерность проявлялась и в длительности стояния в срезке.

ВЫВОДЫ

1. Кремнийсодержащее удобрение Силиплант может быть использовано в декоративном цветоводстве в условиях как открытого, так и защищенного грунта.

2. Применение Силипланта на опытных культурах не оказывало на протяжении двух лет эксперимента отрицательного воздействия на их рост и развитие.

3. Растения, обработанные Силиплантом, существенно раньше входили в стадию бутонизации, наблюдалось усиление ветвлений стебля, а также увеличение числа одновременно цветущих растений и диаметр соцветий (цветков).

4. Силиплант значительно ускоряет развитие рассады опытных декоративных культур благодаря интенсивному приросту корневой системы.

5. Исследуемое удобрение Силиплант в форме 2 показал большую эффективность благодаря содержащемуся в его составе фитогормону ЦИРКОН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосова Я.М., Балабко П.Н., Матыченков В.В., Аветян Н.А. Кремний в системе почва-растение//Агрохимия. 1990. №10.103с.
2. Воронков М.Г., Зелчан Г.И., Лукевиц Э.Я. Кремний и жизнь. – Рига: «Зинатне», 1978.185с
3. Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Удивительный элемент жизни. – Иркутск, 1983.230с
4. Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Кремний в живой природе. Новосибирск: Наука, 1984. 157с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1965, 423с.
6. Ермолаев А.А. Кремний в сельском хозяйстве. – М.: 1992. 256с.
7. Ермолаев А.А. О роли кремния в повышении продуктивности почв и растений. – Барнаул, 1989. 175с
8. Кудинова Л.И. Влияние кремния на рост, величину площади листьев и адсорбирующую поверхность корней растений//Агрохимия. 1975, №10. 117с.
9. Пономарев И.Ф. Химия и практическое применение кремнийорганических соединений. – Л., 1961. – Вып. 6.68с.

10. *Потатыева Ю.А.* О биологической роли кремния//Агрохимия. – 1968. - №9.111 – 116с.
11. *Швыркин С.Н., Янишевская О.Л., Янишевский В.П.*//Эффективность кремнийсодержащего удобрения СИЛИПЛАНТ при выращивании разных видов лука.- М.: Гавриш, № 3, 2010 г.
12. *Mc Keague, M.C.Cline.* Silica in soil solution. Canad. J.Soil Sci., v.145, №3630,1964.
13. *Polet C.*// Silice et calcification arterielle. Paris: These. 1957.
14. *Snyder G.H.*// Silicon in Agriculture Conference. 1999. Florida. P. 7 – 8.
15. *Toshida Shoichi.* Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci.,series B,№15,1965.
16. *Takachashi E., Ma F.* The possibility of silicon as on essential element for higher plants// Comments Agric. and Foot chemistry. 1991. v.2(2). №3.