Оригинальная статья / Original articles

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-80-85
УДК: 635.9:581.192.7:581.111

Л.А. Марченко*, Н.С. Умнов, А.В. Соловьев, А.В. Зубков, Е.Г. Самощенков, А.Е. Буланов

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева
127434, Россия, г. Москва,
Тимирязевская ул., 49

Автор для переписки:
l.marchenko@rgau-msha.ru

Финансирование: Данное исследование не имеет внешнего финансирования.

Вклад авторов: Марченко Л.А., Умнов Н.С.: проведение исследований, концептуализация; Умнов Н.С., Буланов А.Е.: сбор данных; Марченко Л.А., Соловьев А.В., Зубков А.В.: методология; Умнов Н.С., Марченко Л.А., Зубков А.В.: администрирование данных; Умнов Н.С., Марченко Л.А.: создание черновика рукописи; Марченко Л.А., Умнов Н.С., Соловьев А.В., Самощенков Е.Г.: создание рукописи и её редактирование; Соловьев А.В., Марченко Л.А.: окончательное одобрение варианта рукописи для опубликования.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Марченко Л.А., Умнов Н.С., Соловьев А.В., Зубков А.В., Самощенков Е.Г., Буланов А.Е. Влияние селеносодержащего препарата на рост растений семейства Астровые (Asteraceae): астра однолетняя (*Callistephus chinensis*), тагетес отклонённый (*Tagetes patula*), георгина гибридная (*Dahlia × hortensis*) в условиях водного дефицита. *Овощи России.* 2025;(5):80-85.
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-80-85

Поступила в редакцию: 03.09.2025
Принята к печати: 27.10.2025
Опубликована: 28.10.2025

Влияние селеносодержащего препарата на рост растений семейства Астровые (Asteraceae): астра однолетняя (*Callistephus chinensis*), тагетес отклонённый (*Tagetes patula*), георгина гибридная (*Dahlia × hortensis*) в условиях водного дефицита

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Возможность повышения стрессоустойчивости растений в условиях изменяющегося климата лежит в основе усовершенствования современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Знание об участии микро- и макроэлементов в процессах роста и развития растений обеспечивает возможность регулирования устойчивости к различным стрессам, среди которых одним из важнейших является водный дефицит. Многолетние мировые исследования выявили стрессопротекторную функцию селена, подтверждают большое значение этого элемента в повышении жизненных функций организмов и высокой эффективности при выживании растений в условиях стресса. Вместе с тем, сведения об особенностях воздействия селена на различные виды растений, формы селеносодержащих препаратов и удобрений, их концентрации, разнятся. В связи с этим, исследования, направленные на выявление влияния селеносодержащего препарата на рост растений семейства Астровые (Asteraceae) в условиях водного дефицита, являются актуальными.

Методы. Опыт по изучению влияния селеносодержащего препарата на рост растений наиболее распространённых видов семейства Астровые: астра однолетняя (*Callistephus chinensis*); тагетес отклонённый (*Tagetes patula*); георгина гибридная (*Dahlia × hortensis*) в условиях водного дефицита поставлен в контролируемых условиях. У изучаемых растений оценивали биометрические показатели: высоту побегов (см); количество листьев (шт.), площадь листовых пластин (см^2), которые влияют на декоративность. Измерения проводили на 7 сутки после стресса.

Результаты. Выявлены специфические реакции растений изучаемых видов семейства Астровые на воздействие селеносодержащего препарата в условиях водного стресса. Выявлено, что применение изучаемого препарата в период засухи способствует росту побегов у растений Астры однолетней, Тагетеса отклонённого и Георгины гибридной, сохранению имеющихся и росту новых листьев на растениях Астры однолетней и Георгины гибридной, увеличению площади листьев у растений Астры однолетней, что в целом сказывалось на большей жизнеспособности растений, скорейшему восстановлению после засухи и сохранению декоративности. Отмечено, что среди изучаемых видов растений семейства Астровые наибольшую устойчивость к воздействию водного стресса проявил Тагетес отклонённый.

Заключение. Применение селеносодежащего препарата оказало положительное влияние на рост растений у изучаемых видов семейства Астровые (Asteraceae): астра однолетняя (*Callistephus chinensis*); тагетес отклонённый (*Tagetes patula*); георгина гибридная (*Dahlia × hortensis*) в условиях водного дефицита, способствуя сохранению жизнеспособности и декоративности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

селен, водный дефицит, стресс, стрессопротектор, повышение декоративности, астра однолетняя, тагетес отклонённый, георгина гибридная

Liudmila A. Marchenko*, Nikolay S. Umnov, Alexandr V. Solovyev, Alexandr V. Zubkov, Egor G. Samoshchenkov, Alexandr E. Bulanov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Timiryazevskaya street, 49,
Moscow, 127434, Russia

Correspondence Author:
l.marchenko@rgau-msha.ru

Funding: This study does not have any external funding.

Authors' Contribution: Marchenko L.A., Umnov N.S.: conducting research, conceptualization; Umnov N.S., Bulanov A.E.: data collection; Marchenko L.A., Solovyev A.V., Zubkov A.V.: methodology; Umnov N.S., Marchenko L.A., Zubkov A.V.: data administration; Umnov N.S., Marchenko L.A.: drafting; Marchenko L.A., Umnov N.S., Solovyev A.V., Samoshchenkov E.G.: writing and editing; Solovyev A.V., Marchenko L.A.: final approval of the manuscript for publication.

Conflict of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

For citations: Marchenko L.A., Umnov N.S., Solovyev A.V., Zubkov A.V., Samoshchenkov E.G., Bulanov A.E., The influence of selenium-containing preparations on the growth of Asteraceae family: Annual aster (*Callistephus chinensis*), Tagetes patula (*Tagetes patula*), and Hybrid dahlias (*Dahlia × hortensis*) plants under conditions of water deficit. *Vegetable crops of Russia.* 2025;(5):80-85. (In Russ.)
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-5-80-85

Received: 03.09.2025
Accepted for publication: 27.10.2025
Published: 28.10.2025

The influence of selenium-containing preparations on the growth of Asteraceae family: Annual aster (*Callistephus chinensis*), Tagetes patula (*Tagetes patula*) and Hybrid dahlias (*Dahlia × hortensis*) plants under conditions of water deficit

ABSTRACT

Relevance. The potential to enhance the stress resistance of plants in a changing climate underpins the improvement of modern agricultural technologies. Understanding the role of micro- and macroelements in the growth and development processes of plants allows for the regulation of their resilience to various stresses, among which water deficit is one of the most significant. Long-term global research has identified the stress-protective function of selenium, confirming the importance of this element in enhancing the life functions of organisms and its high effectiveness in plant survival under stress conditions. However, information regarding the effects of selenium on different plant species, the forms of selenium-containing preparations and fertilizers, and their concentrations varies. Consequently, research aimed at identifying the influence of selenium-containing preparations on the growth of plants in the Asteraceae family (Asteraceae) under conditions of water deficit is highly relevant.

Methods. An experiment was conducted to study the effect of a selenium-containing preparation on the growth of common species in the Asteraceae family: Annual aster (*Callistephus chinensis*), Tagetes patula (*Tagetes patula*), and Hybrid dahlias (*Dahlia × hortensis*) under water deficit conditions in a controlled environment. Biometric parameters were evaluated for the studied plants: stem height (cm), number of leaves (pieces), and leaf area (cm^2), which affect their ornamental quality. Measurements were taken on the 7th day after stress exposure.

Results. Specific reactions of the studied species of Asteraceae family plants to the effect of a selenium-containing preparation under conditions of water stress were revealed. It was found that the use of the studied preparation during the drought period promotes the growth of shoots in Annual aster, Tagetes patula, and Hybrid dahlias plants, the preservation of existing leaves and the growth of new leaves in Annual aster and Hybrid dahlias plants, and the increase in leaf area in Annual aster plants, which generally affected the greater vitality of the plants, their faster recovery after drought, and the preservation of their decorative properties. It was noted that Tagetes patula showed the highest resistance to water stress among the studied species of the Asteraceae family.

Conclusion. The use of the selenium-containing drug had a positive effect on plant growth in the studied species of the Asteraceae family (Asteraceae): Annual aster (*Callistephus chinensis*), Tagetes patula (*Tagetes patula*), and Hybrid dahlias (*Dahlia × hortensis*) in conditions of water scarcity, contributing to the preservation of vitality and decorative properties.

KEYWORDS:

selenium, water deficiency, stress, stress protector, increased ornamental value, Annual aster, Tagetes patula, Hybrid dahlias

Введение

Современный уровень развития технологий, глобальное изменение климата, стремление к повышению качества жизни обращают внимание исследователей всего мира на изучение процессов, происходящих в растениях под влиянием микроэлементов. Особое значение при этом уделяется возможности повышения защитных механизмов сельскохозяйственных растений в ответ на стресс.

Известно, что абиотические стрессы, такие как засоленность, засуха, высокие и низкие температуры, повышенное содержание в почве и воде тяжелых металлов, оказывают существенное влияние на рост и развитие растений. Эти факторы нарушают важнейшие физиологические процессы, включая фотосинтез, поглощение воды и элементов питания, ионный баланс, целостность мембран и метаболизм в целом. Такие нарушения приводят к дисбалансу питательных веществ, окислительному стрессу, замедлению роста, снижению урожайности и гибели растений [1].

Широко известна роль селена в повышении устойчивости различных сельскохозяйственных культур к изменяющимся климатическим и почвенным условиям [1-2]. Селен (Se) признан элементом, способствующим росту растений, усиливающим их развитие и повышающим устойчивость к абиотическим стрессам [3].

Вместе с тем, влияние элемента неоднозначно. В относительно высоких концентрациях селен может негативно сказываться на росте корней и побегов, снижая тем самым урожайность сельскохозяйственных растений [4].

Уменьшение биомассы у различных культур под воздействием высоких концентраций Se исследователи связывают с подавлением жизнеспособности клеток, выражающимся в понижении содержания хлорофилла и повреждении структуры хлоропласта, что приводит к нарушению фотосинтеза и снижению его эффективности [5-6].

Низкие концентрации селена, напротив, усиливают различные биохимические и молекулярные процессы в растениях, обеспечивают повышение скорости фотосинтеза, стабильности мембран, антиоксидантных систем, поглощение воды и питательных веществ, а также экспрессию генов, связанных со стрессом [7-8].

Селен в низких концентрациях усиливает фотосинтез, увеличивая содержание хлорофилла a, хлорофилла b и общего хлорофилла [9] и помогает в восстановлении поврежденных клеточных мембран и клеточных структур [10].

Выявлено, что Se способствует выработке органических и неорганических осмопротекторов, способствуя лучшему удержанию воды в растениях пшеницы [11-12].

Andrade F.R. et al. (2018) установили, что растения риса, обработанные Se, имели более высокие показатели чистого фотосинтеза, эффективности использования воды и антиоксидантной системы, что подтверждает протекторную функцию элемента при водном дефиците [13].

Положительное влияние внесения Se как в условиях нормального водоснабжения, так и при водном дефиците было отмечено у растений оливы [14].

В связи с установленными фактами положительного воздействия селена на растения, испытывающие влияние стресса, была определена цель исследований – изучить влияние селеносодержащего препарата на рост растений семейства Астровые (Asteraceae) в условиях водного дефицита.

Материалы и методы

Опыты проводили в контролируемых условиях на базе УНПЦ Садоводства и овощеводства им. В.И. Эдельштейна. К данным условиям относятся: субстрат (верховой торф, известковый материал, некоторые примеси: (NH_4+NO_3 ~ 150 мг/л; P_2O_5 ~ 140 мг/л; K_2O ~ 220 мг/л), погодные условия (от 20˚С до 30˚С), влажность почвы (от 70% до 40%).

В качестве объектов исследований выбраны наиболее распространённые в декоративном садоводстве виды семейства Астровых: Астра однолетняя (*Callistephus chinensis*); Тагетес отклонённый (*Tagetes patula*); Георгина гибридная (*Dahlia* × *hortensis*).

Опыт заложен в двух вариантах, в трёхкратной повторности по 30 растений в каждой.

Опытные растения подвергали воздействию водного стресса (засухе) на протяжении 3-х суток. Впоследствии согласно схеме опыта, растения одного варианта опыта выращивалась с поливом, второго варианта опыта – с поливом и внесением селеносодержащего препарата.

У изучаемых растений оценивали биометрические показатели: высоту побегов (см); количество листьев (шт.), площадь листовых пластин (см^2). Измерения проводили в момент начала засухи и на 7 сутки после стресса.

Препарат селеносодержащий относится к ноу-хау «Способ применения селеносодержащего препарата при проращивании семян декоративных культур семейства Астровые» №2024020 от 01.11.2024, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Массовая доля веществ в препарате (W(E) = m(E) / m (вещества): селен 26,22%, калий 25,96%, кислород 37,18%, азот 9,30%, водород 1,34%, форма препарата – водорастворимый порошок – смесь неорганических соединений 99,9% чистоты. Препарат применяли в разведении 0,4 мг/л.

Содержание хлорофиллов *a, b* и каротиноидов в листьях определяли спектрофотометрически. Пигменты экстрагировали 100% ацетоном с добавлением NH_4OH для предотвращения разрушения. Оптическую плотность экстракта измеряли при длинах волн 662, 644 и 440,5 нм. Количественное содержание рассчитывали по формулам Ветштейна и Хольма и выражали в мг/г сырой массы [15].

Схл*a*, мг/л = 9,784·D662 – 0,990·D644
Схл*b*, мг/л = 21,426·D644 – 4,650·D662
Схл*a*+хл*b*, мг/л = 5,134·D662 + 20,436·D644
Скар, мг/л = 4,695·D440,5 – 0,268·Схл*a*+хл*b*

Содержание аскорбиновой кислоты в листьях определяли фотометрическим методом по Чупахиной с 2% метафосфорной кислотой. Количественное содержание рассчитывали по калибровочному графику и выражали в мг/100 г сырой массы. [16].

Результаты

Моделирование условий засухи с последующим восстановлением растений Астры однолетней позволили выявить влияние селеносодержащего препарата на ряд их изучаемых биометрических параметров (табл. 1).

Растения астры однолетней после перенесения засухи возобновили рост побегов в обоих вариантах опыта. В варианте с применением селеносодержащего препарата высота побегов увеличилась в среднем на 4,08 см, в варианте без применения селеносодержащего препарата – на 1,51 см. Эти различия внутри каждого изучаемого варианта были

существенными. Вместе с тем, значимых различий по высоте побегов астры однолетней между вариантами как до, так и после засухи не выявлено (табл. 1).

По количеству листьев, сохранившихся после воздействия водного стресса, существенное превосходство выявлено в варианте с применением селеносодержащего препарата. В обоих вариантах после засухи количество листьев на растениях уменьшилось. При этом селеносодержащий препарат оказал защитное действие, что сказалось на сохранении листьев у растений в период засухи, а также на дальнейшем росте новых листьев, в отличие от варианта без применения изучаемого препарата. И если до воздействия водного стресса существенных различий между изучаемыми вариантами по количеству листьев на растениях не выявлено, то после – существенное превосходство по количеству листьев выявлено в варианте с применением селеносодержащего препарата (табл. 1).

Анализ площади листовой пластины у растений астры однолетней существенных различий в изучаемых вариантах до и после воздействия засухи не выявил. Некоторое снижение показателей по изучаемому параметру в обоих вариантах опыта после засухи связано с частичным усыханием листьев. Вместе с тем, при сравнении площади листовой пластины между вариантами опыта выявлено превосходство варианта с применением селеносодержащего препарата после воздействия на растения засухи. В этом варианте площадь листовой поверхности сохранялась существенно больше, чем в варианте без применения испытуемого препарата (табл. 1).

Таким образом, можно заключить, что селеносодержащий препарат оказывал существенное положительное влияние на состояние растений при воздействии на них водного стресса: способствовал дальнейшему росту побегов, сохранению листьев на растениях и площади их поверхности, что сказывалось на большей жизнеспособности растений Астры однолетней, восстановлению после засухи и сохранению декоративности.

При изучении влияния селеносодержащего препарата на рост растений тагетеса отклонённого (*Tagetes patula*) в условиях воздействия водного стресса существенные различия выявлены только по высоте побегов в варианте с применением препарата (табл. 2).

Практически все изучаемые биометрические параметры растений до и после водного стресса в сравниваемых вариантах имели различия в пределах ошибки опыта (табл. 2). Очевидно, что растения Тагетеса отклонённого оказались наиболее устойчивыми к воздействию засухи.

Анализ изменения биометрических параметров роста растений Георгины гибридной (*Dahlia* × *hortensis*) до и после воздействия водного стресса в изучаемых вариантах опыта позволил выявить ряд существенных различий (табл. 3).

Так, значимые изменения установлены по высоте побегов растений георгины гибридной до и после засухи в варианте с применением селеносодержащего препарата. До воздействия водного стресса существенное превосходство по высоте побегов имели растения в варианте без применения изучаемого препарата (20,53 см). Однако, при наступлении засухи, это превосходство было утрачено: побеги выросли незначительно (на 0,38 см). В это же время в варианте с применением селеносодержащего препарата высота побегов увеличилась на 3,1 см, что подтверждает протекторную функцию изучаемого препарата (табл. 3).

Существенные различия выявлены и по количеству листьев у растений Георгины гибридной. В варианте с применением селеносодержащего препарата несмотря на воздействие водного стресса количество листьев увеличилось и имело значительное превосходство как внутри опыта, так и в сравнении с вариантом без применения изучаемого препарата (табл. 3).

Изменение параметров площади листовой пластины в изучаемых вариантах до и после наступления засухи находилось в пределах ошибки опыта (табл. 3).

Таким образом, применение селеносодержащего препарата оказало существенное положительное влияние на рост побегов и количество листьев у растений георгины гибридной.

Таблица 1. Влияние селеносодержащего препарата на рост растений Астры однолетней (Callistephus chinensis) в условиях влияния водного стресса
Table 1. The Effect of Selenium-containing Preparation on the Growth of Annual Aster (Callistephus chinensis) Under Water Stress Conditions

Вариант опыта	Биометрические параметры роста растений								
	высота побега, см			количество листьев, шт.			площадь листовой пластины, см²		
	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$
С применением селеносодержащего препарата	18,59	22,67	**1,85**	11,10	14,47	**1,25**	15,06	14,73	1,31
Без применения селеносодержащего препарата	19,14	20,65	**1,83**	11,13	12,20	1,69	13,75	12,71	1,27
$НСР_{05}$	1,47	2,14	-	1,06	**1,81**	-	1,36	**1,22**	-

Таблица 2. Влияние селеносодержащего препарата на рост растений Тагетеса отклонённого (Tagetes patula) в условиях влияния водного стресса
Table 2. The Effect of a Selenium-containing Preparation on the Growth of Tagetes patula (Tagetespatula) under Water Stress Conditions

Вариант опыта	Биометрические параметры роста растений								
	высота побега, см			количество листьев, шт.			площадь листовой пластины, см²		
	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$
с применением селеносодержащего препарата	15,85	16,57	**0,53**	9,53	9,50	0,85	11,60	12,27	0,86
без применения селеносодержащего препарата	15,77	16,18	0,39	9,67	9,53	0,82	11,67	12,20	0,65
$НСР_{05}$	0,48	0,45	-	0,82	0,85	-	0,79	0,74	-

Обработка селеносодержащим препаратом оказывает положительное влияние на аккумуляцию аскорбиновой кислоты в листьях декоративных растений, причем наиболее выраженный стимулирующий эффект (в процентах) наблюдается у вида с изначально низким базовым содержанием витамина С (георгины) (табл. 4).

У астры применение селеносодержащего препарата вызвало увеличение содержания витамина С на 20% (с 10,38 до 12,47 мг/100 г). У тагетеса эффект от обработки составил увеличение содержания витамина С на 24% (с 4,39 до 5,44 мг/100 г). Наибольший эффект достигнут у растений георгины – относительное увеличение витамина С на 41% (с 1,63 до 2,29 мг/100 г) (табл.4).

Реакция на обработку селеном кардинально различается у трех изучаемых видов по содержанию хлорофилла и каротиноида (табл. 5).

Очевидно, что физиологический ответ сильно зависит от генетических особенностей растений. У астры селен вызвал мощный синтез хлорофиллов, особенно типа b, но подавил синтез каротиноидов, недостаток которых может сделать растение более уязвимым к фотоокислительному стрессу, особенно при ярком свете. У тагетеса наблюдали наиболее благоприятный и сбалансированный ответ. Растение не столько наращивает фотосинтетический аппарат, сколько перестраивает его для большей эффективности и защиты. Для георгины применяемая концентрация селена оказалась избыточной. Селен мог блокировать ферменты биосинтеза хлорофилла или вызывать разрушение уже существующих пигментов. Резкое изменение соотношения *a/b* (с 0,63 до 1,28) говорит о повреждении светособирающих комплексов (антенн), где сосредоточен хлорофилл *b*.

Таблица 3. Влияние селеносодержащего препарата на рост растений георгины гибридной (Dahlia × hortensis) в условиях влияния водного стресса
Table 3. The effect of a selenium-containing preparation on the growth of Hybrid dahlias (Dahlia × hortensis) under conditions of water stress

Вариант опыта	Биометрические параметры роста растений								
	высота побега, см			количество листьев, шт.			площадь листовой пластины, см²		
	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$	до воздействия водного стресса	после воздействия водного стресса	$НСР_{05}$
с применением селеносодержащего препарата	18,18	21,28	**2,08**	22,87	27,67	**2,68**	9,87	13,79	4,9
без применения селеносодержащего препарата	20,53	20,91	1,84	22,73	22,87	3,34	8,98	9,31	1,98
$НСР_{05}$	**1,71**	2,19	-	3,12	**2,93**	-	1,84	4,98	-

Таблица 4. Влияние селеносодержащего препарата на содержание аскорбиновой кислоты в листьях астры однолетней (Callistephus chinensis), тагетеса отклонённого (Tagetes patula), георгины гибридной (Dahlia × hortensis)
Table 4. The effect of a selenium-containing drug on the ascorbic acid content in the leaves of annual Aster (Callistephus chinensis), Tagetes patula, Hybrid Dahlia (Dahlia × hortensis)

Вариант	мг/100 г	$НСР_{05}$
Георгина +Se	2,2941	0,131
Георгина контроль	1,6318	0,153
Тагетес +Se	5,4406	0,046
Тагетес контроль	4,3851	0,122
Астра +Se	12,474	0,730
Астра контроль	10,384	0,695

Обсуждение

В результате проведённых исследований установлено положительное влияние селеносодержащего препарата на растения семейства Астровые (Asteraceae): в условиях водного дефицита.

Выявлено, что применение селеносодержащего препарата в период засухи способствует росту побегов у растений Астры однолетней, Тагетеса отклонённого и Георгины гибридной, сохранению имеющихся и росту новых листьев на растениях Астры однолетней и Георгины гибридной, увеличению площади листьев у растений Астры однолетней, что в целом сказывалось на большей жизнеспособности растений, скорейшему восстановлению после засухи и сохранению декоративности.

Отмечено, что среди изучаемых видов растений семейства Астровые наибольшую устойчивость к воздействию водного стресса проявил тагетес отклонённый (*Tagetes patula*).

Селен в использованной концентрации оказал различное влияние на синтез хлорофилла, однако в синтезе аскорбиновой кислоты оказал положительный эффект для растений всех изучаемых видов. Он может оказывать как положительное влияние (в опыте с тагетесом), так и приводить к нарушению некоторых функций синтеза хлорофилла *b* (в опыте с Георгиной), либо вызывать дисбаланс отношения хлорофилла и каротиноидов (в опыте с Астрой). Тагетес, по-видимому, обладает более эффективными механизмами детоксикации и использования селена, что делает его более устойчивым к воздействию избыточного количества селена.

Различия в реакции изучаемых растений на водный стресс при применении селеносодержащего препарата свидетельствуют о индивидуальных реакциях и необходимости дальнейшего изучения вопроса.

Заключение

Применение селеносодежащего препарата оказало положительное влияние на рост растений у изучаемых видов семейства Астровые (Asteraceae): астра однолетняя (*Callistephus chinensis*); тагетес отклонённый (*Tagetes patula*); георгина гибридная (*Dahlia × hortensis*) в условиях водного дефицита, способствуя сохранению жизнеспособности и декоративности.

Таблица 5. Влияние селеносодержащего препарата на содержание хлорофилла и каратиноидов в листьях астры однолетней (Callistephus chinensis), тагетеса отклонённого (Tagetes patula), георгины гибридной (Dahlia × hortensis)
Table 5. Effect of selenium-containing preparation on the content of chlorophyll and carotenoids in the leaves of annual Aster (Callistephus chinensis), Tagetes patula, Hybrid Dahlia (Dahlia × hortensis)

Вариант	Содержание хлорофилла и каротина, мкг/мг сырой массы				Отношение	
	хлорофилл *a*	хлорофилл *b*	хлорофилл (*a*+*b*)	каротиноиды	хлорофилла *a* и *b*	общего хлорофилла к каротиноидам
Тагетес Se+	1,34	0,69	2,03	0,57	1,95	3,56
Тагетес контроль	1,07	0,90	1,97	0,40	1,19	4,87
Георгина Se+	0,65	0,50	1,15	0,18	1,28	6,33
Георгина контроль	0,71	1,13	1,83	0,18	0,63	10,44
Астра Se+	1,77	1,75	3,51	0,15	1,01	23,95
Астра контроль	1,66	0,96	2,63	0,49	1,73	5,36

• Литература

1. Omar A.A., Heikal Y.M., Zayed E.M., Shamseldin S.A. M., Salama Y.E., Amer K.E., Basuoni M.M., Abd Ellatif S., & Mohamed A.H. Conferring of Drought and Heat Stress Tolerance in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes and Their Response to Selenium Nanoparticles Application. *Nanomaterials.* 2023;13(6). 998. https://doi.org/10.3390/nano13060998
2. Аладина О.Н., Акимова С.В., Лебедева С.Ю., Полянская А.Е., Скоробогатова И.В., Никиточкин Д.Н. Роль субстратов и некорневых обработок регуляторами роста в укоренении зеленых черенков крыжовника в пластиковых ячейках *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии.* 2008;(1):111-122. https://elibrary.ru/isdlvd
3. Ni G., Shi G., Hu C., Wang X., Nie M., Cai M., Cheng Q., Zhao X. Selenium improved the combined remediation efficiency of Pseudomonas aeruginosa and ryegrass on cadmium-nonylphenol co-contaminated soil. *Environ Pollut.* 2021;287:117552. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117552
4. Molnár A., Kolbert Z., Kéri K., Feigl G., A. Ördög A., Szőllősi R., Erdei L. Selenite-induced nitro-oxidative stress processes in Arabidopsis thaliana and *Brassica juncea. Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2018;148:664-674. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.035
5. Chen J., Huang T., Zeng C., Xing Y., Pan L., Liao Q., ... & Liu Y. Physiological Responses of Pak Choi to Exogenous Foliar Salicylic Acid Under Soil Se Stress. *Water, Air, & Soil Pollution.* 2021;232(9):374. https://doi.org/10.1007/s11270-021-05319-5
6. da Cruz Ferreira R.L., de Mello Prado R., de Souza Junior J.P., Gratao P.L., Tezotto T., & Cruz F.J.R. Oxidative stress, nutritional disorders, and gas exchange in lettuce plants subjected to two selenium sources. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 2020;(20):1215-1228. https://doi.org/10.1007/s42729-020-00206-0
7. Ashraf M.A., Akbar A., Parveen A., Rasheed R., Hussain I., Iqbal M., Phenological application of selenium differentially improves growth, oxidative defense and ion homeostasis in maize under salinity stress. *Plant Physiol. Biochem.* 2018;(123):268–280. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.12.023
8. Zahedi S.M., Abdelrahman M., Hosseini M.S., Hoveizeh N.F., Tran L.-S.P., Alleviation of the effect of salinity on growth and yield of strawberry by foliar spray of selenium-nanoparticles. *Environ. Pollut.* 2019;(253):246–258. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.078
9. Sardar R., Ahmed S., Shah A. A. & Yasin N. A. Selenium nanoparticles reduced cadmium uptake, regulated nutritional homeostasis and antioxidative system in Coriandrum sativum grown in cadmium toxic conditions. *Chemosphere.* 2022;(287):132332 https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132332
10. Ismael M.A., Elyamine A.M., Moussa M.G., Cai M., Zhao X., & Hu C. Cadmium in plants: uptake, toxicity, and its interactions with selenium fertilizers. *Metallomics.* 2019;11(2):255-277. https://doi.org/10.1039/c8mt00247a
11. Nawaz F., Ahmad R., Ashraf M.Y., Waraich E.A., Khan S.Z. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress Ecotoxicol. *Environ.* 2015;(113):191-200. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.003
12. Sattar A., Cheema M. A., Sher A., Ijaz M., Ul-Allah S., Nawaz A., & Ali Q. Physiological and biochemical attributes of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings are influenced by foliar application of silicon and selenium under water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum.* 2019;(41):1-11. https://doi.org/10.1007/s11738-019-2938-2
13. Andrade F.R., Nascimento da Silva G., Guimarães K.C., Barreto H.B.F., Dázio de Souza K.R., Guilherme L.R.G., Faquin V, Rodrigues dos Reis A. Selenium protects rice plants from water deficit stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2018;164(30):562-570. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.022
14. Proietti P., Nasini L., Del Buono D., D'Amato R., Tedeschini E., Businelli D. Selenium protects olive (*Olea europaea* L.) from drought stress Sci. *Hortic. (Amst.).* 2013;(164):165-171. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.034
15. Чупахина Г.Н. Физиологические и биохимические методы анализа растений. Калининград, 2000. 59 с.
16. Полевой В.В., Максимов Г.Б. Методы биохимического анализа растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. 192 с.

• References

2. Aladina O.N., Akimova S.V., Lebedeva S.YU., Polyanskaya A.E., Skorobogatova I.V., Nikitochkin D.N. Role of substratum and leaf treatment in green gooseberry cuttings taking root in plastic cells. *Izvestiya of Timiryazev agricultural academy.* 2008;(1):111-122. (In Russ.) https://elibrary.ru/isdlvd
15. Chupakhina G.N. Physiological and biochemical methods of plant analysis. Kaliningrad, 2000. 59 p. (In Russ.)
16. Polevoy V.V., Maksimov G.B. Methods of biochemical analysis of plants. Leningrad: Leningrad State University Press, 1978. 192 p. (In Russ.)

Об авторах:

Людмила Александровна Марченко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, SPIN-код: 8671-8187, https://orcid.org/0000-0002-7247-9829, Scopus ID: 57193568421, автор для переписки: l.marchenko@rgau-msha.ru

Николай Сергеевич Умнов – аспирант, ассистент кафедры ландшафтной архитектуры института Садоводства и ландшафтной архитектуры, SPIN-код: 7015-2591, https://orcid.org/0000-0002-3955-4380, n.umnov@rgau-msha.ru

Александр Валерьевич Соловьев – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой плодоводства, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, https://orcid.org/0000-0002-3186-9767, Scopus ID: 57204731886, SPIN-код: 8245-2748, a.solovev@rgau-msha.ru

Александр Валерьевич Зубков – кандидат экономических наук, доцент кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, https://orcid.org/0000-0003-2410-152X, Scopus ID: 57946823000, SPIN-код: 7829-0105, a.zubkov@rgau-msha.ru

Егор Григорьевич Самощенков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, SPIN-код: 6322-9264, plodovod2009@gmail.com

Александр Евгеньевич Буланов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия института Садоводства и ландшафтной архитектуры, SPIN-код: 1728-3643, bulanov@rgau-msha.ru

About the Authors:

Liudmila A. Marchenko – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking, Institute of Horticulture and landscape architecture, https://orcid.org/0000-0002-7247-9829, Scopus ID: 57193568421; SPIN-code: 8671-8187, Correspondence Author: l.marchenko@rgau-msha.ru

Nikolay S. Umnov – Postgraduate Student, Assistant of the Department of Landscape Architecture, Institute of Horticulture and Landscape Architecture, https://orcid.org/0000-0002-3955-4380, SPIN-code: 7015-2591, n.umnov@rgau-msha.ru

Alexandr V. Solovyev – Cand. Sci. (Agriculture), Head of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking Institute of Horticulture and Landscape Architecture, https://orcid.org/0000-0002-3186-9767, Scopus ID: 57204731886, SPIN-code: 8245-2748, a.solovev@rgau-msha.ru

Alexandr V. Zubkov – Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, Institute of Horticulture and landscape architecture, https://orcid.org/0000-0003-2410-152X, Scopus ID: 57946823000, SPIN-code: 7829-0105, a.zubkov@rgau-msha.ru

Egor G. Samoshchenkov – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of Fruit Growing, Viticulture and Winemaking, Institute of Horticulture and Landscape Architecture, SPIN-code: 6322-9264, plodovod2009@gmail.com

Alexandr E. Bulanov – Cand. Sci. (Agriculture), Associate Professor of the Department of fruit growing, viticulture and winemaking, Institute of Horticulture and Landscape Architecture, SPIN-code: 1728-3643, bulanov@rgau-msha.ru