

**УДК 631.811.98:635.912**

## **СТИМУЛЯЦИЯ УКОРЕНЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ЧЕРЕНКОВ ХРИЗАНТЕМЫ МЕЛКОЦВЕТКОВОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ НАНОСЕЛЕНА С $\beta$ -ИНДОЛИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ**

*Юркова И. Н., Омельченко А. В., Пидгайная Е. С.*

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: nanosilver@rambler.ru*

Впервые исследовано комбинированное действие низких концентраций наноселена и  $\beta$ -индолилуксусной кислоты (гетероауксина) на процессы укоренения и развития черенков хризантемы мелкоцветковой. Изучены закономерности увеличения выхода укорененных черенков, морфометрических показателей развития черенков, а также массы сухого вещества корней и надземной части черенков от концентрации наноселена в комбинации с  $\beta$ -индолилуксусной кислотой. Показано, что с увеличением концентрации наноселена от 1,0 до 3,0 мг/л в композиции с  $\beta$ -ИУК содержание пролина в листьях укорененных черенков повышалось в 2,0 – 2,4 раза по сравнению с контрольным вариантом.

**Ключевые слова:** укоренение, черенки, мелкоцветковая хризантема, наноселен,  $\beta$ -индолилуксусная кислота, пролин.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из тенденцией современного декоративного и ландшафтного дизайна является расширение ассортимента цветочных культур, используемых в озеленении территорий в осенний период. К таким культурам, по праву, относится хризантема мелкоцветковая (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). Ее популярность связана с длительным периодом цветения и высокой декоративностью [1].

Наиболее перспективным способом размножения хризантем является черенкование, позволяющее получать укорененные растения в промышленных масштабах [2]. Однако, даже при соблюдении оптимальных сроков черенкования и режимов укоренения, зеленые черенки растений различных видов укореняются неодинаково. Для более успешного укоренения черенков в последнее время используют различные стимуляторы корнеобразования ауксинового ряда [3]. Все они относятся к среднетоксичным соединениям. Наиболее эффективные из них производятся за рубежом и имеют достаточно высокую цену.

При посадке черенков в грунт они испытывают стресс, что отрицательно сказывается на их укоренении. В настоящее время показано, что большое значение в регуляции роста растений и процессов их стрессоустойчивости принадлежит селену [4]. Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о влиянии селена на метаболизм растительной клетки [5–8]. Показано, что селен усиливает фотосинтез,

углеводный обмен, дыхание и поглощение минеральных веществ. Он также присутствует в ряде окислительно-восстановительных ферментов вместе с железом и молибденом [9, 10]. Биологическая активность селена зависит от формы, в которой он находится. Наиболее токсичными являются неорганические формы селена (селенит- и селенат-ионы), которые могут вызывать негативные явления. Наночастицы селена являются наименее токсичными и биодоступными. Обладая пролонгированным действием, генерируя ионы и электроны, действующие на клеточном уровне [11]. Это приводит к усилению фотосинтеза, углеводного обмена, дыхания и поглощения минеральных веществ [12].

Целью настоящей работы было исследование комбинированного действия низких концентраций наноселена и  $\beta$ -индолилуксусной кислоты (гетероауксина) на процессы укоренения и развития черенков хризантемы мелкоцветковой.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования была хризантема мелкоцветковая (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) сорта Колдунья, широко используемая в ландшафтном дизайне городской среды.

Для обработки черенков использовали смесь водорастворимой композиции наноселена ( $\text{Se}^0$ ) с раствором  $\beta$ -индолилуксусной кислоты ( $\beta$ -ИУК) в концентрации: 1,0 мг/л  $\text{Se}^0$  + 5,0 мг/л  $\beta$ -ИУК, 3,0 мг/л  $\text{Se}^0$  + 5,0 мг/л  $\beta$ -ИУК, 5,0 мг/л  $\text{Se}^0$  + 5,0 мг/л  $\beta$ -ИУК. Контрольные черенки обрабатывали раствором  $\beta$ -ИУК в оптимальной концентрации для корнеобразования 20 мг/л [13]. Схема эксперимента была выбрана по результатам предыдущих исследований [14].

Композицию наноселена получали по оригинальной технологии восстановлением селенистокислого натрия L-цистеином и стабилизацией альгинатом натрия (натриевая соль альгиновой кислоты) [15].

Летние черенки хризантемы мелкоцветковой длиной 10 см погружали в водные растворы регуляторов роста при экспозиции 24 часа и температуре 23 °С. Затем черенки высаживали в субстрат на глубину 5 см в условиях теплицы. Расстояние между черенками соответствовало 4 -5 см. Эксперименты проводили в 3-кратной повторности по 20 черенков в каждой. Стимулирующий эффект наноселена и  $\beta$ -ИУК определяли по выходу укорененных черенков, морфометрическим показателям развития черенков (среднему приросту черенков, диаметру черенков, количеству листьев и состоянию корневой системы), а также по массе сухого вещества корней и надземной части одного черенка и содержанию пролина в листьях. Все измерения проводили на 30-е сутки после посадки.

Состояние корневой системы оценивали по методике В.И. Будаговского: 1 балл - на растении нет корней; 2 балла - укоренение неудовлетворительное (1-2 слабых корешка или только их зачатки); 3 балла - укоренение удовлетворительное (3-4 корешка); 4 балла - укоренение хорошее (на растениях большое количество крупных и мелких корней); 5 баллов - укоренение очень хорошее (от черенков отходит много густо расположенных крупных и мелких корней) [16].

Укореняемость черенков находили из отношения количества укоренённых черенков к числу высаженных и выражали в процентах.

Биомассу надземной части и корней укоренённых черенков измеряли гравиметрическим, фиксируя растительный материал в течение 5 мин. при 110 °С и доводя его до постоянной массы при 60 °С. Содержание пролина определяли спектрофотометрически с нингидриновым реактивом по методу Bates et al. [17].

Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г.Ф. Лакину [18], в таблицах представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных ранее результатов влияния наноселена на укореняемость черенков хризантемы мелкоцветковой показал, что максимальный эффект наблюдался после 24-часовой экспозиции черенков в растворе наноселена с концентрацией 10,0 и 20,0 мг/л. При замачивании черенков в растворе наноселена с более высокой концентрацией (30,0 мг/л) увеличивалось время укоренения и снижалась укореняемость и прирост массы сухого вещества [14].

Исследование влияния совместного действия низких концентраций наноселена (1,0 – 5,0 мг/л) и 5,0 мг/л β-ИУК показало, что выход укорененных черенков увеличился на 19,5 - 29,1 % по сравнению с контролем. Максимальный эффект наблюдался в варианте 3,0 мг/л Se<sup>0</sup> + 5,0 мг/л β-ИУК (табл. 1). Эти результаты превышают полученные ранее на 14,0 – 15,0 % [14].

Как показано в таблице 1, увеличение морфометрических показателей (прирост и диаметр черенков, число листьев и состояние корневой системы) также наблюдалось в интервале концентраций 1,0 – 5,0 мг/л Se<sup>0</sup> и 5,0 мг/л β-ИУК. Максимальные значения морфометрических показателей отмечались в варианте 3,0 мг/л Se<sup>0</sup> + 5,0 мг/л β-ИУК. В этом случае увеличение прироста черенков составляло 5,8 см, диаметра черенков – 2,1 мм, числа листьев – 2,8 шт, а состояние корневой системы соответствовало 5 баллам. Наибольший эффект исследованная композиция оказывала на выход укорененных черенков и развитие корневой системы, которые увеличились на 41,1 % и 42,9 % соответственно по сравнению с контрольным вариантом.

Результаты проведенных экспериментов также свидетельствуют об увеличении интегрального показателя абсолютного роста – массы сухого вещества укорененных черенков хризантемы мелкоцветковой после обработки композицией наноселена с β-ИУК (табл. 2). При этом прирост массы сухого вещества как корней, так и надземной части увеличился на 72,0-97,6 % и 56,2-88,3 % соответственно. Максимальные значения массы сухого вещества также наблюдались в варианте 3,0 мг/л Se<sup>0</sup> + 5,0 мг/л β-ИУК. Анализ приведенных результатов показал, что прирост сухого вещества корней укорененных черенков было значительно выше, чем надземной части (на 97,6 % и 88,3 % соответственно).

**Таблица 1**  
**Влияние композиции наноселена с  $\beta$ -индолилуксусной кислотой на укореняемость и морфометрические показатели развития черенков хризантемы мелкоцветковой**

Вариант опыта	Выход укорененных черенков, %	Средний прирост черенков, см	Диаметр черенков, мм	Число листьев, шт	Оценка корневой системы, балл
Контроль 20 мг/л $\beta$ -ИУК	70,7 $\pm$ 2,8	6,3 $\pm$ 0,26	6,7 $\pm$ 0,30	7,2 $\pm$ 0,31	3,5 $\pm$ 0,14
1,0 мг/л Se <sup>0</sup> + 5,0 мг/л $\beta$ -ИУК	90,2 $\pm$ 3,2	8,7 $\pm$ 0,29	7,2 $\pm$ 0,29	9,8 $\pm$ 0,34	4,7 $\pm$ 0,16
3,0 мг/л Se <sup>0</sup> + 5,0 мг/л $\beta$ -ИУК	99,8 $\pm$ 3,5	10,1 $\pm$ 0,40	8,8 $\pm$ 0,27	12,0 $\pm$ 0,43	5,0 $\pm$ 0,17
5,0 мг/л Se <sup>0</sup> + 5,0 мг/л $\beta$ -ИУК	93,4 $\pm$ 3,3	9,3 $\pm$ 0,33	7,8 $\pm$ 0,28	10,5 $\pm$ 0,35	4,5 $\pm$ 0,15

Из результатов, приведенных в работе [14] видно, что максимальные значения укоренения и накопления массы сухого вещества корней и надземной части черенков хризантемы мелкоцветковой наблюдались при концентрации наноселена 10,0 - 20,0 мг/л. Однако, сочетание низких концентраций наноселена (3,0 - 5,0 мг/л) и  $\beta$ -индолилуксусной кислоты (5,0 мг/л) оказывало более высокий эффект, что свидетельствует о их синергизме при стимуляции укоренения и ростовой активности черенков исследуемых растений.

**Таблица 2**  
**Влияние композиции наноселена с  $\beta$ -индолилуксусной кислотой на массу сухого вещества корней и надземной части укорененных черенков хризантемы мелкоцветковой**

Вариант опыта	Масса сухого вещества			
	корни, мг	надземная часть, мг	корни, %	надземная часть, %
Контроль ( $\beta$ -ИУК) 20 мг/л	0,48 $\pm$ 0,03	1,52 $\pm$ 0,07	100,0	100,0
1,0 мг/л Se <sup>0</sup> + 5,0 мг/л $\beta$ -ИУК	0,95 $\pm$ 0,04	2,37 $\pm$ 0,08	172,0	156,2
3,0 мг/л Se <sup>0</sup> + 5,0 мг/л $\beta$ -ИУК	0,95 $\pm$ 0,05	2,86 $\pm$ 0,09	197,6	188,3
5,0 мг/л Se <sup>0</sup> + 5,0 мг/л $\beta$ -ИУК	0,92 $\pm$ 0,04	2,68 $\pm$ 0,08	192,3	176,5

Черенкование и посадка растений в грунт вызывает стресс, отрицательно сказывающийся на укоренении и развитии черенков. Ряд работ указывает на множественное защитное действие селена при стрессе у растений, которое проявляется на уровне синтеза антиоксидантных органических осмолитов, активности ферментов антиоксидантной системы, торможении процессов перекисного окисления липидов [19].

При адаптации растений к неблагоприятным условиям произрастания важная роль принадлежит универсальному совместимому осмолиту высших растений – пролину [20]. Роль пролина заключается в предотвращении инактивации белков и сохранении структуры и целостности мембран [21,22].

Как видно из результатов, представленных на рисунке, с увеличением концентрации наноселена в композиции с  $\beta$ -ИУК от 1,0 до 3,0 мг/л содержание пролина в листьях укорененных черенков хризантемы мелкоцветковой повышалось в 2,0 – 2,4 раза по сравнению с контрольным вариантом. Дальнейшее увеличение концентрации наноселена вызывало незначительное понижение содержания селена в листьях.

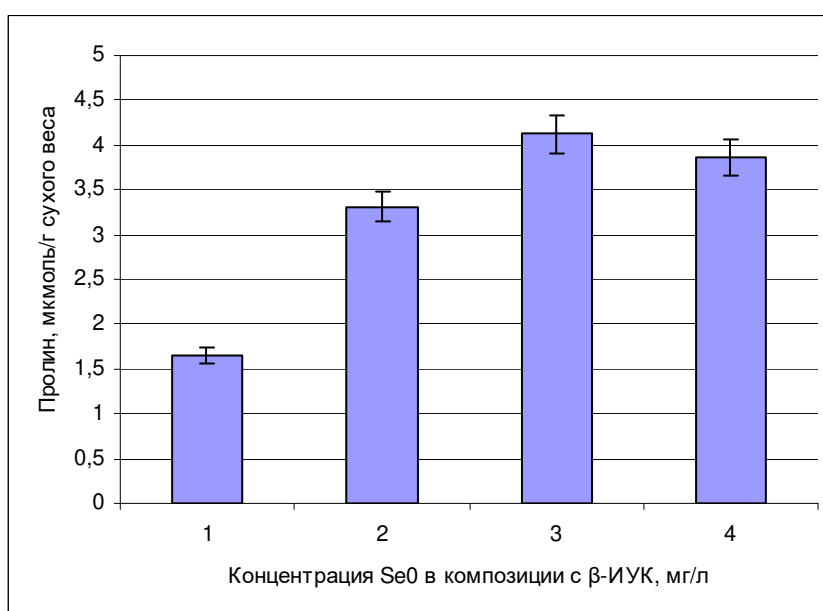


Рисунок. Влияние концентрации наноселена и  $\beta$ -индолилуксусной кислоты на содержание пролина в листьях хризантемы мелкоцветковой: 1 – 20 мг/л  $\beta$ -ИУК (контроль); 2 – 1,0 мг/л Se<sup>0</sup> + 5,0 мг/л  $\beta$ -ИУК; 3 – 3,0 мг/л Se<sup>0</sup> + 5,0 мг/л  $\beta$ -ИУК; 4 – 5,0 мг/л Se<sup>0</sup> + 5,0 мг/л  $\beta$ -ИУК.

Таким образом, отмечается определенная закономерность стимуляции низкими концентрациями наноселена и  $\beta$ -ИУК укоренения и развития черенков, с одной стороны, и накопления пролина в листьях хризантемы мелкоцветковой. Вероятно,

это связано с увеличением концентрации солей за счет усиления поступления питательных веществ под влиянием наноселена или его аккумуляцией в клетках.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые исследовано комбинированное действие низких концентрацией наноселена и  $\beta$ -индолилуксусной кислоты (гетероауксина) на процессы укоренения и развития черенков хризантемы мелкоцветковой.
2. Показано, что в интервале концентраций 1,0 – 5,0 мг/л  $Se^0$  в композиции с  $\beta$ -ИУК наблюдалось значительное увеличение выхода укорененных черенков, их морфометрических показателей, а также прирост массы сухого вещества корней и надземной части.
3. С увеличением концентрации наноселена от 1,0 до 3,0 мг/л в композиции с  $\beta$ -ИУК содержание пролина в листьях укорененных черенков хризантемы мелкоцветковой повышалось в 2,0 – 2,4 раза по сравнению с контрольным вариантом.

*Статья публикуется в рамках выполнения госзадания Министерства образования и науки РФ с госбюджетным финансированием № 6.7794.2017/БЧ по теме «Разработка системы рационального использования декоративных фитобиологических ресурсов на территории Крыма»*

#### Список литературы

1. Филатов В.Н. О применении ростовых веществ при размножении хризантемы корейской методом черенкования / В.Н. Филатов // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 10. – С. 41-45.
2. Соколова Т.А. Декоративное растениеводство: Цветоводство. 5-изд. / Т.А. Соколова, И.А. Бочкова – М.: Академия, 2012. – 458 с.
3. Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений повышают стрессоустойчивость культур / В.В. Вакуленко // Защита и карантин растений. – 2015. – № 2. – С. 13-15.
4. Адаптогенная роль селена в высших растениях / В.А. Вихрева, В.Н. Хрянин, В.К. Гинс [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 2. – С.65-66.
5. Барабой В. А. Биологические функции, метаболизм и механизм действия селена / В.А. Барабой // Успехи современной биологии. – 2004. – № 2. – С. 157-168.
6. Биологическая активность наноразмерного коллоидного селена / И. Н. Никонов, Ю. Г. Фолманис, Л. В. Коваленко [и др.] // Доклады Академии наук. – 2012. – Т. 447, № 6. – С. 675-677.
7. Вихрева В.А. Влияние селена на рост, развитие и адаптивный потенциал козлятника восточного (*Galera orientalis*): автореф. дис. на соискан. учен. степ. канд. биол. наук / Валерия Александровна Вихрева. – М., 2001. – 28 с.
8. Юркова И. Н. Защитно-стимулирующие свойства наноселена при инкрустации семян пшеницы / И. Н. Юркова, А. В. Омельченко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия». – 2016. – Т. 2 (68). – № 2. – С. 79-85.
9. Торшин С.П. Биогеохимия и агрохимия селена и методы устранения селенодефицита в пищевых продуктах и кормах / С.П. Торшин, Т.М. Удельнова, Б.А. Ягодин // Агрохимия. – 1996. – № 8 - 9. – С. 127-144.
10. Селен. Некоторые аспекты химии, экологии и участия в развитии патологии (обзор) / В.В. Вапиров, М. Э. Шубина, Н. В. Вапирова [и др.]. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. – 68 с.

11. Пролонгированное воздействие ультрадисперсных порошков металлов на семена злаковых культур / В. Н. Селиванов, Е. В. Зорин, Е. Н. Сидорова [и др.] // Перспективные материалы. – 2001. – № 4. – С. 66-69.
12. Усубова Е.З. Влияние селена на физиологические показатели и продуктивность фасоли сорта «Сакса» (*Phaseolus vulgaris* L.) / Е.З. Усубова, А.М. Жижаев, П.В. Миронов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3. – С. 257-260.
13. Плодоводство: учебник / Под редакцией В.А. Потапова, Ф.Н.Пильщикова. - М.: Колос, 2000. - С.150-153.
14. Юркова И.Н. Влияние селена на размножение мелкоцветковой хризантемы методом черенкования / И.Н. Юркова, Е.С. Пидгайная // Современные научные исследования и разработки. – 2018. – 2 (19). – С. 365-368.
15. Пат. РФ 159620 МПК6 А 61 К 33/38, А 61 К 31/00. Способ получения водорастворимой композиции наночастиц, содержащей наночастицы селена / Юркова И.Н., Панова Э.П., Панов Д.А., Омельченко А.В. : патентообладатель Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского; – № 2015146880; заявл. 26.04.13; опубл. 10.02.16. Бюл. № 4.
16. Будаговский В.И. Карликовые подвои для яблони / В.И. Будаговский. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 352с.
17. Bates L.S. Rapid determination of free proline for water stress studies / L.S. Bates, R.P. Waldren, I.D. Teare // Plant and Soil. – 1973. – Vol. 39. – P. 205-207.
18. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
19. Кузнецов В.В. Защитное действие селена при адаптации растений пшеницы к условиям засухи : автореф. на соискан. учен. степ. канд. биол. наук / Василий Владимирович Кузнецов. – Москва, 2004. – 21с.
20. Compatible solute accumulation and stress mitigating effects in barley genotypes contrasting in their salt tolerance / Z. Chen, T.A. Cuin, M. – J. Exp. Bot. – 2007. – Vol. 58. – P. 4245-4255.
21. Nawrylak-Nowak B. Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress / B. Nawrylak-Nowak // Biol. Trace Elem. – 2009. – Vol. 132. – P. 259-269.
22. Кузнецов В. В. Проллин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция / Кузнецов В. В., Шевякова Н. И. // Физиол. раст. – 1999. – Т. 46, № 2. – С. 305-320.

**STIMULATION OF THE ROOTING AND DEVELOPMENT OF CUTTINGS OF  
CHRYSANTHEMUM PARVIFLORUS BY THE COMPOSITION OF  
NANOSELENE WITH  $\beta$ -INDOLYLACETIC ACID**

*Yurkova I. N., Omel'chenko A. V., Pidgaynaya E. S.*

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia  
E-mail: nanosilver@rambler.ru*

One of the trends of modern decorative and landscape design is the expansion of the range of flower crops. Such crops include *Chrysanthemum parviflorus*. The most promising way of chrysanthemums propagation is cutting which allows to receive rooted plants on industrial scale. When planting cuttings in the ground, they experience stress, which negatively affects their rooting. The aim of this work was to investigate the combined action of low concentrations of nanoselenium and  $\beta$ -indolylacetic acid (heteroauxin) on rooting and development of *Chrysanthemum parviflorus* cuttings.

The object of the study was *Chrysanthemum parviflorus* (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) of the varieties Sorceress. A mixture of a water-soluble nanoselenium composition

(Se<sup>0</sup>) and a solution of  $\beta$ -indolylacetic acid ( $\beta$ -IAA) was used to treat the cuttings at a concentration of 1.0 mg/L Se<sup>0</sup> + 5.0 mg/L  $\beta$ -IAA, 3.0 mg/L Se<sup>0</sup> + 5.0 mg/L  $\beta$ -IAA, 5.0 mg/L Se<sup>0</sup> + 5.0 mg/L  $\beta$ -IAA. The control cuttings were treated with a solution of  $\beta$ -IAA at the optimum concentration for the root formation of 20 mg/L. The stimulating effect of nanoselenium was determined by the yield of rooted cuttings, the morphometric indices of the development of cuttings (the average increment of cuttings, the diameter of the cuttings, the number of leaves and the state of the root system), and also by the dry matter mass of the roots and the aerial part of one cutting and the proline content in the leaves. All measurements were performed on the 30<sup>th</sup> day after planting.

Investigation of the effect of combined action of low concentrations of nanoselenium and  $\beta$ -IAA showed that the yield of rooted cuttings increased by 19.5 - 29.1% compared to the control. The maximum effect was observed in the version 3.0 mg/L Se<sup>0</sup> + 5.0 mg/L  $\beta$ -IAA. An increase in the morphometric parameters (increment and diameter of the cuttings, the number of leaves and the state of the root system) was also observed in the concentration range 1.0-5.0 mg/L Se<sup>0</sup> + 5.0 mg/L  $\beta$ -IAA. The investigated composition had the greatest effect on the yield of rooted cuttings and the development of the root system. The investigated indicators increased by 41.1% and 42.9%, respectively, compared with the control variant. It is shown that the increase in the dry matter mass of both the roots and the aboveground part increased by 72.0-97.6% and 56.2-88.3%, respectively. With an increase in the concentration of nanoselenium in the composition with  $\beta$ -IAA from 1.0 to 3.0 mg/L, proline content in the leaves of rooted cuttings increased 2.0-2.4 times compared with the control variant.

Thus, the regularity of stimulation with low concentrations of the nanoselenium composition and  $\beta$ -IAA of rooting and development of cuttings, as well as the accumulation of proline in the leaves of *Chrysanthemum parviflorus*, was established.

**Keywords:** rooting, cuttings, *Chrysanthemum parviflorus*, nanoselen,  $\beta$ -indolylacetic acid.

## References

1. Filatov V.N., O primeneniі rostovyh veshchestv pri razmnozhenii hrizntemy korejskoj metodom cherenkovaniya, *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*, **4**, 41-45 (2016).
2. Sokolova T.A., Bochkova I.A., *Dekorativnoe rastenievodstvo: Cvetovodstvo. 5-izd.* (M.: Akademiya, 2012).
3. Vakulenko V.V., Regulyatory rosta rastenij povyshayut stressoustojchivost' kul'tur, *Zashchita i karantin rastenij*, **2**, 13-15 (2015).
4. Vihreva V.A., Hryanin V.N., Gins V.A., Blinohvatov A.F., Adaptogennaya rol' selena v vysshih rasteniyah, *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, **2**, 65-66 (2001).
5. Baraboj V.A., Biologicheskie funkcii, metabolizm i mekhanizm dejstviya selena, *Uspekhi sovremennoj biologii*, **2**, 157-168 (2004).
6. Nikonov I.N., Folmanis Yu.G., Kovalenko L.V., Laptev Yu., Folmanis G.E., Biologicheskaya aktivnost' nanorazmernogo kolloidnogo selena, *Doklady Akademii nauk*, **447** (6), 675-677 (2012).
7. Vihreva V.A., Vliyanie selena na rost, razvitie i adaptivnyj potencial kozlyatnika vostochnogo (*Galera orientalis*): avtoref. dis. kand. biol. nauk, 28 p. (Moskov, 2001).
8. Yurkova I. N., Zashchitno-stimuliruyushchie svojstva nanoselena pri inkrustacii semyan pshenicy, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Seriya: «Biologiya, himiya»*, **2**, 79-85 (2016).



9. Torshin S.P., Biogeohimiya i agrohimiya selena i metody ustraneniya selenodeficyta v pishchevyh produktah i kormah, *Agrohimiya*, **8 – 9**, 127-144 (1996).
10. Vapirov V.V., Shubina M.E., Vapirova N.V., Belichenko V.I., Shubin I.V., Selen. Nekotorye aspekty himii, ehkologii i uchastiya v razvitii patologii (obzor) (Petrozavodsk: PetrGU, 2000).
11. Selivanov V.N., Zorin E.V., E.H. Sidorova E.H., Dzidzigur E.L., Folmanis G.E., Prolongirovannoe vozdejstvie ul'tradispersnyh poroshkov metallov na semena zlakovyh kul'tur, *Perspektivnye materialy*, **4**, 66-69 (2001).
12. Usubova E.Z., Zhizhaev A.M., Mironov P.V., Vliyanie selena na fiziologicheskie pokazateli i produktivnost' fasoli sorta «Saksa» (*Phaseolus vulgaris* L.), *Fundamental'nye issledovaniya*, **3**, 257-260 (2012).
13. Plodovodstvo: uchebnik / Pod redakciej V.A. Potapova, F.N. Pil'shchikova (M.: Kolos, 2000).
14. Yurkova I.N., Vliyanie naselena na razmnozhenie melkocvetkovej hrizantemy metodom cherenkovaniya, *Sovremennye nauchnye issledovaniya i razrabotki*, **2**, 65-368 (2018).
15. Pat. 159620 MPK6 A 61 K 33/38, A 61 K 31/00. Sposob polucheniya vodorastvorimoj kompozicii nanochastic, sodержashchej nanochasticy selena / I.N. Yurkova, E.P.Panova, D.A. Panov, A.V. Omel'chenko : patentoobladatel' Krymskij federal'nyj universitet im. V.I. Vernadskogo; – № 2015146880; zayavl. 26.04.13; opubl. 10.02.16. Byul. № 4.
16. Budagovskij V.I., Karlikovye podvoi dlya yabloni (M.: Sel'hozgiz, 1959).
17. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D., Rapid determination of free proline for water stress studies, *Plant and Soil*, **39**, 205-207 (1973).
18. Lakin G. F., *Biometriya* (Moscov, Vyssh. shk., 1990).
19. Kuznecov V.V., Zashchitnoe dejstvie selena pri adaptacii rastenij pshenicy k usloviyam zasuhi: avtoref. dis. kand. biol. nauk, 21 p. (Moskov, 2004).
20. Chen Z., Cuin T.A., Compatibl solute accumulation and stressmitigating effects in barley genotypes cont rasting in their salt tolerance, *J. Exp. Bot.* **58**, 4245-4255 (2008).
21. Hawrylak-Nowak B., Beneficial effects of exogenous selenium in cucumber seedlings subjected to salt stress, *Biol. Trace Elem.*, 132, 259-269 (2009).
22. Kuznecov V.V., Prolin pri stresse: biologicheskaya rol', metabolizm, regulyaciya, *Fiziol. rast.*, **46** (2), 305-320 (1999).