

5. Упадышев М. Т., Метлицкая К. В., Петрова А. Д. Вирусные болезни на сортах черешни в Московской области //Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля. – 2019. – С. 88-93.

6. Метлицкая К.В., Упадышев М.Т., Петрова А.Д., Упадышева Г.Ю. Распространенность вредоносных вирусов в насаждениях сливы и алычи в Московской области // Плодоводство и ягодоводство России. — Москва: ФГБНУ «Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства», 2018. — С. 152-156.

7. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Кондратьев М.О. Распространенность вирусов косточковых культур в некоторых субъектах России и генетический анализ изолятов PNRSV. Садоводство и виноградарство. 2024;(2):39-46. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2024-2-39-46>

УДК 631.95:546.76:669.73:546.81:546.47:661.162:634.75

**EINFLUSS VON PFLANZENWACHSTUMSREGULATOREN
UND MIKRODÜNGER AUF DIE GESETZMÄßIGKEITEN DER Cd-
TRANSLOKATION IN ERDBEERPFLANZEN (*FRAGARIA* x *ANANASSA*
DUCH.)**

Bobkova Veronika Wjatscheslawowna, wissenschaftliche Mitarbeiterin, Abteilung für Agrochemie und Bodenkunde, föderale Anstalt für gartenbauliche Forschung und Entwicklung für Züchtung, Agrartechnologie und Baumzucht, vtisp.agrochem@yandex.ru

Konowalow Sergej Nikolajewitsch, Abteilungsleiter, Abteilung für Agrochemie und Bodenkunde, föderale Anstalt für gartenbauliche Forschung und Entwicklung für Züchtung, Agrartechnologie und Baumzucht, vtisp.agrochem@yandex.ru

Shirlina Elena Nikolajewna, Kandidatin der philologischen Wissenschaften, Dozentin des Lehrstuhls für Fremdsprachen und Russisch, Die Russische Staatliche Agraruniversität – Timirjasew-Akademie Moskau, shirl2005@yandex.ru

Zusammenfassung: In einem Vegetationsversuch wurde der Einfluss von Blattbehandlungen von Erdbeerpflanzen der Sorten Honey, Troitskaya, Red Gauntlet mit den Wachstumsregulatoren Epin-Extra, Emistim C und Blattdüngung mit Mikrodünger Silaktiv auf die Gesetzmäßigkeiten der Cd-Translokation in Früchten und Blättern mit Bodenkontamination mit Schwermetallen (SM) in Höhe von ungefähr zulässiger Konzentration UZK = 1 untersucht.

Schlüsselwörter: Erdbeeren, Pflanzenwachstumsregulatoren Epin-Extra, Emistim C, Silaktiv-Mikrodünger, Cd-Translokation.

Schwermetalle (SM) sind häufige Umweltschadstoffe. Sie sind biologisch toxisch und können lange Zeit im Boden verbleiben. SM werden von Pflanzen aktiv aus dem Boden aufgenommen und von den Wurzeln zu anderen Organen und Früchten transportiert. Die Kontamination mit Schwermetallen stellt eine ernsthafte

Bedrohung für landwirtschaftliche Produkte dar und kann potenzielle Umweltrisiken mit sich bringen, die sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken. Erdbeeren, die auf mit Schwermetallen kontaminierten Böden wachsen, reichern viel Cd, Ni, Hg, Cr, Pb, As, Zn an [1]. Um die negativen Folgen einer Bodenbelastung mit Schwermetallen zu minimieren, werden verschiedene agrartechnische Maßnahmen entwickelt: a) Verringerung der biologischen, chemischen Verfügbarkeit, Löslichkeit freier Schwermetallverbindungen im Boden (Einsatz von Adsorbentien, Kalkung, Phosphoritbehandlung von Böden, Nutzung von organischen, mineralischen Düngemitteln, mikrobiologischen Präparaten); b) der Einsatz von Pflanzenwachstumsregulatoren, biologisch aktiven Substanzen, die die Mobilität von SM in Pflanzenorganen reduzieren und die Folgen von durch SM verursachtem Stress reduzieren. Zu diesem Zweck werden Substanzen eingesetzt, die die Nährstoffverfügbarkeit der Pflanze verbessern, sich positiv auf Zellmembranen und Photosyntheseprozesse auswirken und eine optimale Pflanzenentwicklung fördern [2, 3]. Es gibt Belege für die positive Wirkung von Si, das Zellorganellen reguliert, Ionenbrücken mit SM bildet, die negativen Auswirkungen auf den Stoffwechsel verringert und die Haltbarkeit und Aktivität von Organellenzellen erhöht [4].

Cd in Pflanzen verursacht Störungen im Stickstoff- und Kohlenhydratstoffwechsel, unterdrückt die Photosynthese und das Pflanzenwachstum, inaktiviert Proteine und Enzyme, erhöht den Wasserverlust durch Transpiration, zerstört die Chlorophyll-Biosynthese und verringert die Nährstoffaufnahme durch Pflanzen. Cd wirkt sich negativ auf das Wachstum von Erdbeerpflanzen, die Pflanzenbiomasse, die Anzahl der Früchte und die Wurzeigenschaften aus, verringert die Aktivität von Dehydrogenase und Phosphatase und verringert die mikrobielle Biomasse [5]. Studien haben gezeigt, dass die Verwendung von Si Erdbeerpflanzen durch die Verbesserung ihrer morphologischen, physiologischen und biochemischen Eigenschaften eine Toleranz gegenüber Cd verleiht. Si verbessert die Entwicklung und reduziert den Cd-Stress bei Erdbeerpflanzen unter verschmutzten Bedingungen [6].

Wir haben die Wirksamkeit der Verwendung der Präparate Epin-Extra, Emistim C und des Agrochemikalien Silaktiv untersucht, um die Ansammlung von Gartenerdbeerpflanzen der Sorten Honey, Troitskaya und Red Gauntlet Cd aus dem Boden zu reduzieren. Das Präparat Epin-Extra ist ein Pflanzenwachstumsregulator auf Basis des Wirkstoffs 24-Epibrassinolid – 0,025 g/l. Emistim C ist ein Komplex aus biologisch aktiven Verbindungen, Abfallprodukten von Mikromycetenpilzen, der 1 g/l gesättigte und ungesättigte Fettsäuren (C₁₄-C₂₈), Polysaccharide, 15 Aminosäuren, Phytohormonen der Natur Cytokinin und Auxin enthält. Silaktiv ist ein Mikrodünger auf Basis von aktivem Silizium (Konzentration bis zu 2 %), der das Immunsystem der Pflanze aktiviert und bei Pflanzenstress eine Schutzfunktion übernimmt. Die Untersuchungen wurden unter kontrollierten Bedingungen am Laborstandort der Föderalen Staatshaushaltsanstalt des Föderalen Wissenschaftlichen Zentrums für Gartenbau im Leninsky-Bezirk der Region Moskau durchgeführt. Der Versuch wurde in Vegetationsgefäßen mit einem Fassungsvermögen von 5 Litern

und lehmig-granulometrischer Erde angelegt. Chemische Zusammensetzung des Bodens: alkalisch-hydrolysierbarer Stickstoff nach Kornfield - 160 mg/kg, mobiles P₂O₅ nach Kirsanov - 540 mg/kg, mobiles Kalium K₂O nach Kirsanov - 193 mg/kg, pH_{KCl} = 6,5. Der Versuch wurde fünffach wiederholt. Bei der Einrichtung des Versuchs wurde der Boden mit 4,6 mg/kg Cadmium kontaminiert 3(CdSO₄)·8H₂O. Die Wurzelbehandlungen und Düngungen wurden fünfmal während der folgenden Phänophasen durchgeführt: Frühjahrsblattwachstum, Blüte, Bildung der Fruchtknoten, Fruchtbildung und Ansatz der generativen Knospen. Die agrotechnische Pflege der Pflanzen erfolgte nach der allgemein anerkannten Technologie des Erdbeeranbaus. Die Mineralisierung von Pflanzenproben wurde mit der Trockenveraschungsmethode gemäß GOST 26657-85 durchgeführt. Die Bestimmung des Cd-Gehalts in Pflanzenproben erfolgte mittels Atomabsorptionsspektrometrie mit Flammenzerstäubung. Basierend auf den erhaltenen Daten wurde der Cd-Translokationskoeffizient berechnet, der dem Verhältnis des Cd-Gehalts in Früchten und Blättern zu seinem Gehalt in Pflanzenwurzeln entspricht. Die statistische Datenverarbeitung erfolgte mit dem Softwarepaket MS Excel.

Plan der Versuchsanstellung:

1. Kontrolle (ohne Düngemittel);
2. NPK – Hintergrund;
3. NPK+3(CdSO₄)·8H₂O, 4,6 mg/kg Boden – Hintergrund;
4. Hintergrund + Silaktiv, 0,06 ml/l;
5. Hintergrund + Epin-Extra, 0,2 ml/l;
6. Hintergrund + Emistim S, 0,06 ml/l.

Blattbehandlungen mit Epin-Extra und Emistim C sowie die Düngung von Erdbeerpflanzen mit dem Agrochemikalien Silaktiv hatten unterschiedlich starken Einfluss auf die Anreicherung von Cd in Pflanzenorganen (Tab. 1).

Tabelle 1

Cd-Gehalt in Erdbeerpflanzenorganen, mg/kg Trockengewicht

Variante	Copr		
	Honey	Troitskaya	Red Gauntlet
Früchten			
Kontrolle (ohne Düngemittel);	0,03	0,04	0,05
NPK – Hintergrund;	0,05	0,02	0,02
NPK+3(CdSO ₄)·8H ₂ O, Boden – Hintergrund;	0,06	0,08	0,08
Hintergrund + Silaktiv	0,08	0,12	0,07
Hintergrund + Epin-Extra	0,05	0,15	0,03
Hintergrund + Emistim C	0,04	0,10	0,04
* KSD ₀₅	F _f < F _t	F _f < F _t	F _f < F _t
Blätter			
Kontrolle (ohne Düngemittel);	0,05	0,06	0,06
NPK – Hintergrund;	0,04	0,04	0,03
NPK+3(CdSO ₄)·8H ₂ O, Boden – Hintergrund;	0,11	0,28	0,15
Hintergrund + Silaktiv	0,11	0,22	0,13
Hintergrund + Epin-Extra	0,11	0,19	0,15
Hintergrund + Emistim C	0,11	0,26	0,12

KSD ₀₅	$F_f < F_t$	0,05	0,03
Wurzeln			
Kontrolle (ohne Düngemittel);	0,18	0,10	0,10
NPK – Hintergrund;	0,10	0,11	0,28
NPK+3(CdSO ₄)·8H ₂ O, Boden – Hintergrund;	1,54	2,00	1,48
Hintergrund + Silaktiv	1,74	1,74	1,25
Hintergrund + Epin-Extra	1,43	1,48	1,59
Hintergrund + Emistim C	1,72	1,54	0,87
KSD ₀₅	0,11	0,13	0,10

* Kleinste Signifikante Differenz

Bei Verwendung der untersuchten Präparate und Agrochemikalien sank der Cd-Gehalt in den Wurzeln von Pflanzen aller drei untersuchten Sorten am stärksten (um 41,2 % der Kontrolle für das Präparat Emistim C in Pflanzen der Sorte Red Gauntlet), mit Ausnahme des Agrochemikalien Silaktiv in der Sorte Honey. Bei Pflanzenblättern war dieser Effekt bei Sorten weniger ausgeprägt Troitskaya und Red Gauntlet (bis zu 32,1 % der Kontrolle für das Präparat Epin-Extra in der Sorte Troitskaya) und wurde in der Sorte Honey überhaupt nicht beobachtet. Die Tendenz zur geringsten Anreicherung von Cd in den Früchten in allen Varianten des Versuchs war bei der Sorte Honey. Allerdings trug der Einsatz des Agrochemikalien Silaktiv in Pflanzen dieser Sorte (sowie in der Sorte Troitskaya) trotz einer Verringerung des SM-Gehalts in den Wurzeln zu einer erhöhten Cd-Anreicherung in Erdbeerfrüchten bei ($K_{\text{transl.}}$ -Werte in allen Sorten übertrafen die entsprechenden Werte in der Variante mit Hintergrund-TM-Verschmutzung). Das Präparat Epin-Extra schwächte die Prozesse der SM-Translokation in Früchten der Sorte am stärksten Red Gauntlet ($K_{\text{transl.}} = 0,02$). Beim Präparat Emistim C gilt der gleiche Mindestwert $K_{\text{transl.}} = 0,02$ wurde für Erdbeerfrüchte der Sorte Honey gewonnen (Tab. 2).

Tabelle 2

Translokationskoeffizienten ($K_{\text{transl.}}$) Cd in Früchten und Blättern von Gartenerdbeeren

Variante	Copr		
	Honey	Troitskaya	Red Gauntlet
Früchten			
Kontrolle (ohne Düngemittel);	0,17	0,40	0,50
NPK – Hintergrund;	0,50	0,18	0,07
NPK+3(CdSO ₄)·8H ₂ O, Boden – Hintergrund;	0,04	0,04	0,05
Hintergrund + Silaktiv	0,05	0,07	0,06
Hintergrund + Epin-Extra	0,03	0,10	0,02
Hintergrund + Emistim C	0,02	0,06	0,05
KSD ₀₅	$F_f < F_t$	$F_f < F_t$	$F_f < F_t$
Blätter			
Kontrolle (ohne Düngemittel);	0,28	0,60	0,60
NPK – Hintergrund;	0,40	0,36	0,11
NPK+3(CdSO ₄)·8H ₂ O, Boden – Hintergrund;	0,07	0,14	0,11
Hintergrund + Silaktiv	0,06	0,13	0,10
Hintergrund + Epin-Extra	0,08	0,13	0,09

Hintergrund + Emistim C	0,06	0,17	0,14
KSD ₀₅	F _f < F _t	F _f < F _t	F _f < F _t

Schlussfolgerung. Beim Anbau von Erdbeeren auf Böden, die bis zu 1 UZK Cd kontaminiert waren, war die Anwendung des Elicitor-Präparats Emistim C am wirksamsten, um die Anreicherung von SM in den Früchten zu reduzieren. Gleichzeitig war der Einfluss der untersuchten Präparate und Agrochemikalie auf die Cd-Translokationsprozesse in den Organen der Erdbeerpflanze stark sortenabhängig.

Bibliographie

1. Бобкова В.В., Коновалов С.Н. Влияние регуляторов роста растений и агрохимикатов Силактив на аккумуляцию кадмия растениями земляники (*Fragaria×ananassa* Duch.) // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – 63(1): 254-259. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-63-254-259>.

2. Бобкова В.В., Коновалов С.Н. Закономерности аккумуляции тяжёлых металлов растениями земляники (*Fragaria×Ananassa* Duch.) из дерново-подзолистой оболочки при использовании адсорбентов на основе минеральных и полимерных подложек. // Плодоводство и ягодоводство России. – 2020. – 62: 152-164. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-62-152-164>.

3. Yunfeng Yang, Hui Zhang, Songyin Qiu et. al. Risk assessment and early warning of the presence of heavy metal pollution in strawberries. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – Vol. 243. – 15 September 2022. – 114001. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114001>

4. Dogan M, Bolat I, Karakas S, Dikilitas M, Gutiérrez-Gamboa G, Kaya O. Remediation of Cadmium Stress in Strawberry Plants Using Humic Acid and Silicon Applications. *Life (Basel)*. – 2022. – Nov 23; – 12(12):1962. doi: 10.3390/life12121962.

5. Pinto-Poblete A, Retamal-Salgado J, López MD, Zapata N, Sierra-Almeida A, Schoebitz M. Combined Effect of Microplastics and Cd Alters the Enzymatic Activity of Soil and the Productivity of Strawberry Plants. *Plants (Basel)*. – 2022. – Feb 17. – 11(4): 536. doi: 10.3390/plants11040536.

6. Zhang, Z.; Gao, S.; Shan, C. Effects of sodium selenite on the antioxidant capacity and the fruit yield and quality of strawberry under cadmium stress. *Sci. Hortic.* – 2020. – Vol. 260. – 108876. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.108876.

УДК 636.223.1

INNOVATIVE SOLUTIONS TO IMPORT SUBSTITUTION IN DOMESTIC CATTLE BREEDING EXPERIENCE OF BRYANSK MEAT COMPANY

Богданов Евгений Викторович, аспирант кафедры молочного и мясного скотоводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bogdanof2011@yandex.ru

Алипчев Алексей Юрьевич, кандидат педагогических наук, доцент, кафедры иностранных и русского языков ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.