

УДК 581.14.1:631.81.095.337

Д.В. Сыщиков, С.А. Приходько, И.А. Удодов, О.В. Сыщикова

### ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА ХЕЛАТОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА

*хелаты, микроэлементы, проростки, всхожесть семян, рост и развитие, онтогенез*

#### Введение

Микроэлементы играют многогранную роль в жизнедеятельности растений: они участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, белковом обмене, в образовании комплексов с большим количеством органических соединений, регулируют водный режим растений, влияют на процессы синтеза хлорофилла и повышают интенсивность фотосинтеза, оказывают действие на физиологические функции рибосом, проницаемость клеточных мембран, регулируют поступление минеральных веществ в растение и улучшают энергетическую сторону их передвижения [1–4].

Недостаток или избыток в почве микроэлементов вызывает у растений значительные отклонения в росте и развитии, стимулируя их или угнетая, поскольку все процессы в живом организме происходят при содействии биологически активных веществ – ферментов, витаминов, гормонов, составной частью которых являются микроэлементы [5–7].

В настоящее время общепризнано, что микроэлементы в форме комплексонатов металлов значительно более эффективны, чем купоросы и другие неорганические соли. Основными преимуществами комплексонатов металлов перед неорганическими солями являются:

- устойчивость во всех видах почв;
- более быстрая ассимиляция растениями;
- совместимость с любыми видами удобрений;
- более низкие расходы удобрений на единицу продукции;
- отсутствие образования осадков при приготовлении рабочих растворов с использованием технической воды;
- устойчивость при длительном хранении.

Наиболее перспективными комплексообразователями (комплексонами) для синтеза комплексонатов микроэлементов принято считать следующие органические кислоты:

- ЭДТА – этилендиаминтетрауксусная кислота;
- ДТПА – диэтилентриаминпентауксусная кислота;
- ДБТА – дигидроксibuтилендиаминтетрауксусная кислота;
- ЭДЦА – этилендиаминдигидроуксусная кислота;
- ОЭДФ – оксиэтилидендифосфоновая кислота;
- НТФ – нитрилтриметиленфосфоновая кислота.

Чаще всего для синтеза комплексонатов микроэлементов используют наиболее доступную и дешёвую этилендиаминтетрауксусную кислоту  $C_{10}H_{16}O_8N_2$  или её соль – дигидратэтилендиамин-N,N,N,N-тетраацетатадинатрия  $C_{10}H_{14}O_8N_2Na_2 \cdot 2H_2O$  (трилон Б).

© Сыщиков Д. В., Приходько С. А., Удодов И. А., Сыщикова О. В.

### Цели и задачи исследований

Целью данной работы является изучение влияния на рост и развитие растений различных композиций микроэлементов, адаптированных для последующего применения к определённым почвенно-климатическим условиям, на ранних этапах онтогенеза.

### Объекты и методики исследований

Объектами исследований были проростки кукурузы деликатесной (*Zea mays* L. var. *saccharata* (Sturtev.) L.H. Bailey), фасоли кустовой (*Phaseolus vulgaris* L.), базилика фиолетового сорта «Пурпурная зоря» (*Ocimum basilicum* L. var. *purpurescens*), эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench), расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.). Для проведения модельных опытов по установлению эффекта хелатов микроэлементов на рост и развитие растений часть семян замачивали в дистиллированной воде при температуре +27–28°C (контроль), другую часть замачивали на 2 часа в растворах микроэлементов. Далее семена для проращивания переносили на чашки Петри, где контрольная группа семян выращивалась на дистиллированной воде, тогда как в опытной группе (семена, замоченные в растворе микроэлементов) одна часть семян выращивалась на дистиллированной воде, а другая – на растворе микроэлементов при естественном уровне освещенности и температуре +27–28°C.

Композиция хелатов микроэлементов, разработанная для зерновых культур (кукуруза деликатесная) содержала Mn – 10–15; Zn – 8–12; Cu – 8–12; Mo – 8–10; Co – 1–2 г/л; для зернобобовых (фасоль кустовая) – Mn – 8–12; Zn – 6–10; Cu – 6–10; Mo – 8–12; Co – 1–2 г/л; универсальная (все используемые в эксперименте виды растений) – Mn – 8–12; Zn – 4–6; Cu – 4–6; Mo – 2–4; Co – 0,6–1; Fe – 4–6 г/л. Для замачивания и проращивания семян использовался рабочий раствор, приготовленный путем разбавления 1/100 базовых растворов хелатов микроэлементов. При разработке базовых составов жидких комплексных хелатных микроудобрений учитывались: необходимость растений в микроэлементах, содержание биогенных элементов в почвах, pH почв региона, а также pH и жёсткость вод используемых для приготовления рабочих растворов.

Корневой индекс (КИ) рассчитывали согласно методу D.Wilkins [8], по формуле:

$$KI = \frac{L_{me}}{L_c},$$

где  $L_{me}$  – прирост корней на растворе с хелатами микроэлементов (мм),  $L_c$  – прирост на контрольном растворе (мм).

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась по общепринятым методам параметрической статистики на 95% уровне значимости по Б.А. Доспехову и А.А. Егоршину [9, 10].

### Результаты исследований и их обсуждение

В результате проведенных экспериментов установлено, что использование комбинации хелатированных микроэлементов для применения под зерновыми культурами проявляло позитивный эффект только при предпосевной обработке семян кукурузы деликатесной и последующем их проращивании на дистиллированной воде. В данном варианте опыта статистически достоверно увеличивались значения всех исследуемых показателей (табл.). Так, всхожесть семян, длина главного корня и масса корневой системы возрастали более чем на 20% по сравнению с контролем (проращивание семян на дистиллированной воде). Наряду с этим, проращивание семян кукурузы на среде с использованным для их замачивания раствором микроэлементов привело к угнетению роста и развития проростков, что выражалось в существенном снижении всхожести (до 42%), ростовых показателей (до 50% относительно контроля) и истончению корней (снижение их массы на 75%). Использование разработанного универсального комплекса микроэлементов не вызывало положительного

эффекта ни на один из исследуемых показателей, а наоборот приводило к уменьшению их значений (табл.). Следует отметить, что, как и в предыдущем варианте, опыта использование для проращивания семян кукурузы раствора универсального комплекса микроэлементов значительно ингибировало рост и развитие проростков, даже в большей степени, чем комплекса для зерновых культур. Так, если значение КИ в данном варианте опыта составляло 0,35, а отмеченное снижение массы корневой системы – 82%, то при проращивании семян с использованием комбинации микроэлементов для зерновых культур – 0,53 и 74% соответственно.

Таблица. Биометрические показатели корневой системы проростков культурных растений при использовании комплекса микроэлементов

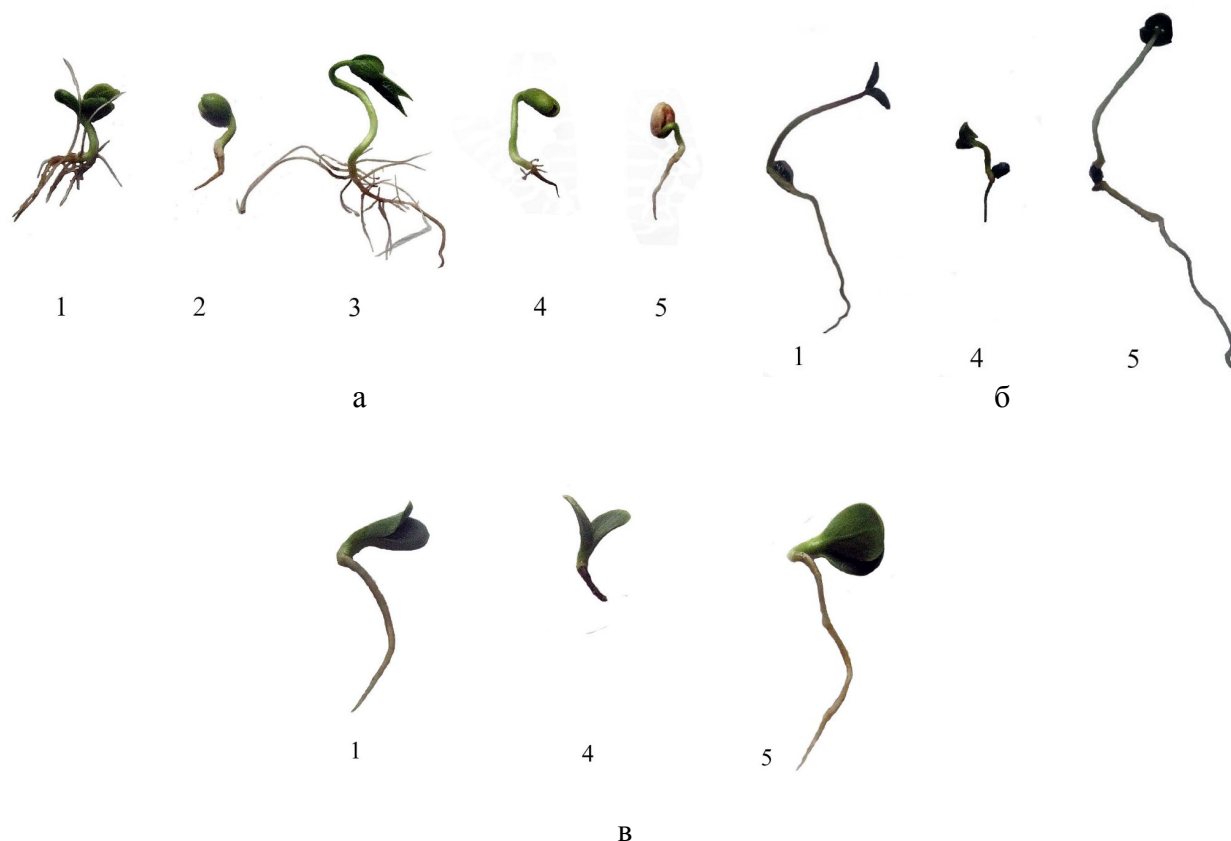
Вариант	Всхожесть, %	Длина главного корня, мм		Масса корневой системы, мг	
		М ± m	КИ	М ± m	% к контролю
Кукуруза деликатесная					
I	56	28,3 ± 1,16	–	79,6 ± 7,73	–
II	42	15,1 ± 0,82*	0,53	20,3 ± 2,15*	25,5
III	70	35,2 ± 1,4*	1,24	100,6 ± 4,18*	126,3
IV	36	9,9 ± 0,39*	0,35	14,2 ± 1,81*	17,8
V	44	21,8 ± 1,27*	0,77	38,9 ± 4,22*	48,9
Фасоль кустовая					
I	64	35,4 ± 1,59	–	98,1 ± 10,19	–
II	46	14,8 ± 0,95*	0,42	29,1 ± 3,3*	29,7
III	72	47,0 ± 2,1*	1,33	136,5 ± 10,47*	139,1
IV	38	14,6 ± 1,13*	0,41	22,2 ± 2,65*	22,6
V	50	24,0 ± 1,32*	0,68	44,0 ± 4,09*	44,8
Базилик фиолетовый					
I	29	31,8 ± 1,11	–	5,1 ± 0,25	–
IV	19	4,9 ± 0,26*	0,15	1,3 ± 0,15*	26,2
V	17	35,5 ± 1,3*	1,12	4,5 ± 0,12*	87,9
Эхинацея пурпурная					
I	75	13,5 ± 0,4	–	4,8 ± 0,3	–
IV	41	2,3 ± 0,1*	0,17	2,0 ± 0,12*	42,5
V	67	7,2 ± 0,21*	0,54	3,2 ± 0,16*	67,3
Расторопша пятнистая					
I	22	34,5 ± 1,65	–	34,2 ± 2,8	–
IV	25	8,1 ± 0,39*	0,24	9,4 ± 0,45*	27,5
V	48	40,4 ± 1,49*	1,17	37,2 ± 2,16	108,7

Примечание: I – контроль, II – замачивание семян в растворе микроэлементов для зерновых/зернобобовых культур и их выращивание на нем, III – замачивание семян в растворе микроэлементов для зерновых/зернобобовых культур и их выращивание на дистилляте, IV – замачивание семян в растворе универсального комплекса микроэлементов и их выращивание на нем, V – замачивание семян в растворе универсального комплекса микроэлементов и их выращивание на дистилляте, КИ – корневой индекс, \* – различия достоверны при  $p \leq 0,05$

У растений фасоли кустовой комплекс хелатов микроэлементов, разработанный для зернобобовых культур, также оказывал позитивный эффект только в случае предпосевной обработки семян. Отмеченная стимуляция в большей степени касалась показателей корневой

системы (длина главного корня и масса корневой системы возросли на 30-40%, а также увеличилась ее разветвленность), чем всхожести, которая повысилась лишь на 12,5% (табл.).

Проращивание семян фасоли на используемом растворе микроэлементов приводило к значительному угнетению их прорастания и ингибированию процессов роста и развития проростков (рис., а). Так, всхожесть уменьшилась на 28%, длина главного корня – практически на 60%, а его масса – более чем в 3 раза.



**Рисунок.** Проростки фасоли кустовой (а), базилика фиолетового (б) и эхинацеи пурпурной (в) при использовании комплекса микроэлементов. 1 – контроль, 2 – замачивание семян в растворе микроэлементов для зернобобовых культур и их выращивание на нем, 3 – замачивание семян в растворе микроэлементов для зернобобовых культур и их выращивание на дистилляте, 4 – замачивание семян в растворе универсального комплекса микроэлементов и их выращивание на нем, 5 – замачивание семян в растворе универсального комплекса микроэлементов и их выращивание на дистилляте

**Figure.** The sprouts of bush beans (а); basil (б) and purple Echinacea (в) induced by the microelements complex. 1 – control, 2 – pre-sowing seed treatment with microelement solution for grain legume crops and growing on it, 3 – pre-sowing seed treatment with microelement solution for grain legume crops and growing on distilled water, 4 – seed soaking in universal microelement complex solution and growing in it, 5 – seed soaking in universal microelement complex solution and growing in distilled water

Выявленный эффект, скорее всего, обусловлен хроническим негативным влиянием ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , входящих в состав удобрений. Также, как и для растений кукурузы, использование универсальной комбинации микроэлементов не только не оказывало стимулирующего действия на развитие растений, но и приводило к негативным последствиям, что выражалось в статистически достоверном уменьшении значений исследуемых

показателей как при предпосевной обработке семян, так и при более длительном применении комплекса хелатов микроэлементов (табл.). Следует отметить, что при проращивании семян на среде с использованием универсальной комбинации микроэлементов угнетение процессов роста и развития было более выраженным.

Анализ данных, приведенных в таблице, позволяет констатировать, что у растений базилика фиолетового сорта «Пурпурная зоря» на ранних этапах онтогенеза предпосевная обработка семян универсальным комплексом микроэлементов вызвала незначительное увеличение (значение КИ составляло 1,12) только длины главного корня, в то время как его масса снижалась на 12%, а всхожесть – более чем на 40%. Проращивание семян с внесением раствора хелатированных форм микроэлементов приводило к существенному ингибированию их прорастания, что выражалось в уменьшении значений исследуемых показателей в 3,9–6,5 раз (рис., б). Наряду с этим негативное действие на прорастание семян было менее выражено, а всхожесть составила 19%.

Предпосевная обработка семян эхинацеи пурпурной универсальной комбинацией хелатированных микроэлементов не вызывала позитивного эффекта на рост и развитие проростков ни в одном из вариантов опытов (табл.). Также, как и для других видов растений, использование для проращивания семян эхинацеи раствора микроэлементов приводило к более значительному ингибированию ростовых процессов и всхожести семян. Следует отметить, что наиболее сильно угнеталось удлинение главного корня в сравнении с массой корневой системы (рис., в). Так если отмеченное снижение длины корня составляло 46–83%, то его масса уменьшилась на 33–57%.

Для растений расторопши пятнистой после предпосевной обработки хелатами микроэлементов стимуляция ростовых процессов отмечалась только в варианте опытов с проращиванием семян на дистиллированной воде. Причем если всхожесть семян возрастала более чем в 2 раза, а длина главного корня на 17%, то для массы корневой системы не зафиксировано статистически достоверных отличий от контроля (табл.). Проращивание семян на среде с использованием универсального комплекса микроэлементов приводило к существенному снижению значений исследуемых показателей корневой системы проростков (уменьшение в 3,6–4,2 раза), тогда как всхожесть семян практически не отличалась от контроля.

### Выводы

В результате проведенных исследований можно констатировать, что для получения максимального позитивного эффекта на рост и развитие растений на ранних этапах онтогенеза необходимо применение комбинации хелатированных форм микроэлементов, разработанных для определенных групп культурных растений. Эффективной является только предпосевная обработка семян, поскольку их проращивание на среде с использованием микроудобрений приводит к угнетению ростовых процессов на 47–83%. Использование универсального комплекса хелатированных форм микроэлементов вызывало положительные эффекты преимущественно у цветочно-декоративных растений, тогда как у зерновых и зернобобовых – отмечено уменьшению значений длины главного корня в 1,3–2,9 раз и массы корневой системы в 2,1–5,6 раз по сравнению с контролем.

1. *Персикова Т.Ф., Коготко Ю.В., Радкевич М.Л. Комплексное применение микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений в предпосевной обработке семян проса и люпина узколистного: рекомендации. Горки: БГСХА, 2015. 24 с.*  
*Persikova T. F., Kogotko Yu.V., Radkevich M. L. Kompleksnoye primeneniye mikroelementov, regulyatorov rosta rasteniy i bakterialnykh udobreniy v predposevnoy obrabotke semyan prosa i lyupina uzkolistnogo: rekomendatsii. [Complex application of*

- microelements, regulators of plant growth and bacterial fertilizers in preseedling treatment of seeds of millet and lupine: recommendations]. Gorki: BGSNA, 2015. 24 p.
2. *Максименко Е.П., Шеуджен А.Х.* Научные основы применения комплексных микроудобрений в рисоводстве // Научный журнал КубГАУ. 2015. Т. 107(03). С.1–24.  
*Maksimenko Ye. P., Sheudzhen A. Kh.* Nauchnye osnovy primeneniya kompleksnykh mikroudobreniy v risovodstve [Scientific background of complex microfertilizers use in rice growing] // Nauchnyi zhurnal KubGAU. 2015. Vol. 107(03). P. 1–24.
  3. *Пейве Я.В.* Агрохимия и биохимия микроэлементов. М.: Наука, 1980. 430 с.  
*Peuye Ya. V.* Agrokhimiya i biokhimiya mikroelementov [Agrochemistry and biochemistry of microelements]. Moscow: Nauka, 1980. 430 p.
  4. *Ягодин Б.А.* Проблема микроудобрений в земледелии СССР // Агрохимия. 1981. 10. С. 66–71.  
*Yagodin B.A.* Problema mikroudobreniy v zemledelii SSSR [The problem of microfertilizers in agriculture of the USSR]. Agrokhimiya. 1981. 10. P. 66–71.
  5. *Власюк П.А.* Биологические элементы в жизнедеятельности растений. К.: Наукова думка, 1969. 516 с.  
*Vlasyuk P.A.* Biologicheskiye elementy v zhiznedeyatel'nosti rasteniy [Biological elements in plants activity]. Kiev: Naukova dumka, 1969. 516 p.
  6. *Булыгин С.Ю., Демишев Л.Ф., Доронин В.А., Заришняк А.С., Пашченко Я.В., Туровский Ю.Е., Фатеев А.И., Яковенко М.М., Кордин А.И.* Микроэлементы в сельском хозяйстве / Под ред. С. Ю. Булыгина. Днепропетровськ: Січ, 2007. 100с.  
*Bulygin S.Yu., Demishev L.F., Doronin V.A., Zarishnyak A.S., Pashchenko Ya.V., Turovskiy Yu.E., Fateev A.I., Yakovenko M.M., Kordin A.I.* Mikroelementy v selskom khozyaystve. [Microelements in agriculture] / Ed. S.Yu. Bulygin. Dnepropetrovsk: Sich, 2007. 100 p.
  7. *Цыганов А.Р., Персикова Т.Ф., Реуцкая С.Ф.* Микроэлементы и микроудобрения. Минск, 1998. 121 с.  
*Tsyganov A.R., Persikova T.F., Reutskaya S.F.* Mikroelementy i mikroudobreniya. [Microelements and microfertilizers]. Minsk, 1998. 121 p.
  8. *Wilkins D.A.* The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // New Phytol. 1978. 80(3). P. 623–633.
  9. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.  
*Dospikhov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). [Technique of a field experiment (with bases of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
  10. *Єгоршин О.О., Лісовий М.В.* Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків: Вид-во Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії О.Н.Соколовського, 2005. 193 с.  
*Yegorshin O.O., Lisovyy M.V.* Matematychnе planuvannya polyovykh doslidiv ta statystychna obrobka eksperymentalnykh danykh. [Mathematical planning of field experiments and statistical processing of experimental data]. Kharkov: Vyd-vo In-tu gruntoznavstva ta agrokhimii O.N. Sokolovskiy, 2005. 193 p.

Государственное учреждение  
«Донецкий ботанический сад»

Поступила: 27.06.2017

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСА ХЕЛАТОВ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА

Д.В. Сыщиков<sup>1</sup>, С.А. Приходько<sup>1</sup>, И.А. Удодов<sup>2</sup>, О.В. Сыщикова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Государственное учреждение «Донецкий ботанический сад»

<sup>2</sup>Государственное учреждение «Реактивэлектрон»

<sup>3</sup>Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького

В статье приведены данные экспериментов, в результате которых было изучено влияние комплекса хелатов микроэлементов на рост и развитие некоторых сельскохозяйственных и лекарственных растений на начальных этапах их онтогенеза. В результате проведенных исследований установлено, что максимальный позитивный эффект микроудобрений достигается при применении комплекса хелатов микроэлементов, разработанных для определенных групп культурных растений. Использование комплекса микроудобрений для зерновых культур привело к увеличению всхожести семян, длины главного корня и массы корневой системы кукурузы более чем на 20% по сравнению с контролем. При использовании комплекса удобрений для зернобобовых культур значения параметров корневой системы фасоли увеличивались на 30–40%, а всхожесть семян – на 13%. Наряду с этим, использование универсального комплекса хелатированных форм микроэлементов не вызывало положительного эффекта. Пролонгированное использование комплексов микроэлементов приводит к угнетению ростовых процессов по сравнению с предпосевной обработкой семян.

Ключевые слова: хелаты, микроэлементы, проростки, всхожесть семян, рост и развитие, онтогенез

UDC 581.14.1:631.81.095.337

## INFLUENCE OF THE COMPLEX OF MICROELEMENTS CHELATES ON PLANTS GROWTH PARAMETERS AT THE INITIAL STAGE OF ONTOGENESIS

D.V.Syshchikov<sup>1</sup>, S.A.Prikhodko<sup>1</sup>, I.A.Udodov<sup>2</sup>, O.V.Syshchikova<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Public Institution «Donetsk Botanical Garden

<sup>2</sup>Public Institution «Reaktivelektron»

<sup>3</sup>Donetsk National Medical University named after M. Gorky

The data of experiments on the effects of a complex of microelement chelates on growth and development of some agricultural crops and medicinal herbs at the initial stages of their ontogenesis are provided in this article. The studies have shown that the maximum positive effect of microfertilizers is reached with application of a complex of microelement chelates developed for certain groups of crops. Use of microfertilizers complex for grain crops resulted in seed germination stimulation, greater main root and mass of root system of sweet corn more than for 20% in comparison with control. When using a complex of fertilizers for leguminous cultures values of kidney bean root system parameters increased by 30–40%, and seeds germination was higher for 13%. At the same time, use of a universal complex of the chelate forms of microelements had no positive effect. The prolonged use of complexes of microelement chelates causes to oppression of growth processes in comparison with pre-seeding seed treatment.

Key words: chelates, microelements, seedlings, seeds germination, growth and development, ontogenesis