

## ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ – СИНЕРГИСТОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

**Костин Владимир Ильич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Биология, химия, ТХППР»

**Мударисов Фаиль Адельшевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Биология, химия, ТХППР»

**Семашкина Анна Ивановна**, аспирант кафедры «Биология, химия, ТХППР»

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: +7 (8422)55-95-16;

e-mail: bio-kafedra@yandex.ru

**Ключевые слова:** площадь листовой поверхности, чистая продуктивность фотосинтеза, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, сульфат цинка, сульфат марганца, урожайность.

Проведенные трехлетние исследования по изучению действия микроэлементов – синергистов цинка и марганца на фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы при предпосевной обработке семян, внекорневой подкормке в конце второй фазы органогенеза, при обработке семян плюс внекорневой подкормке опытной культуры показывают, что под влиянием микроэлементов энергия прорастания увеличивается на 3,66–5,11 %, лабораторная всхожесть на 1,83–3,04 %. Во все фазы независимо от способа применения микроэлементов сухая масса увеличивается: на 4,4–26,6 % в фазу кущения, в фазу трубкования на 11,1–27,7 %, в фазу колошения на 2,7–9,8 %, в молочную спелость на 3,14–7,5 %. Предпосевная обработка семян и внекорневая подкормка способствовали увеличению ассимиляционной поверхности до 1,27–1,34 раз в зависимости от фазы роста. В фазу молочной спелости происходило уменьшение ассимиляционной поверхности в связи с высыханием листьев нижнего и среднего ярусов. Применение микроэлементов-синергистов повышает продуктивность фотосинтеза на 6,5–8,6 %, при этом наибольшая продуктивность наблюдается в фазу выхода в трубку – колошение. При применении микроэлементов количество продуктивных стеблей увеличилось на 1,8–6,3 %, количество зёрен в колосе – на 2–6 %, масса зерна с одного колоса – на 8,6–12,5 %, масса 1000 зёрен – на 3,8–5 %. Урожайность на опытных вариантах увеличилась на 0,23–0,87 т/га, при урожайности на контроле 3,54 т/га. Таким образом, под влиянием микроэлементов – синергистов происходит активация ростовых процессов озимой пшеницы, способствующих улучшению посевных качеств семян, за счет увеличения энергии прорастания, всхожести, силы роста и усиления продукционного процесса, что в конечном итоге приводит к повышению урожайности.

### Введение

Микроэлементы содержатся в сверхмалых концентрациях, оказывают значительное влияние на ростовые процессы развития, улучшают метаболические процессы, стимулируют фотосинтетическую деятельность растений, повышают урожайность и качество продукции. Они в большинстве являются кофакторами элементов и могут повышать активность тех или иных ферментов в зависимости от метаболических процессов, которые выработались в течение эволюции [1, 2, 3, 4].

Марганец при нитратном питании ведёт себя как восстановитель, а при аммиачном – как окислитель [5]. При недостатке марганца происходит уменьшение хлорофилла в растениях [6].

Цинк играет важную роль в метаболизме ДНК и РНК, в синтезе белка и клеточном делении. У растений цинк – компонент фермента карбоангидразы [7]. Различные культуры по-разному реагируют на цинк [8].

В исследованиях [9, 10, 11] установлено,

что под влиянием цинка, марганца при внекорневой подкормке агроценоза сахарной свёклы увеличивается содержание сахарозы и уменьшается  $\alpha$ -аминный азот, при сочетанном действии проявляется синергетический эффект, т. е. усиление действия одного элемента другим, в данном случае цинка с марганцем.

Таким образом, микроэлементы способствуют усилению продукционного процесса различных культур, увеличивают урожайность и повышают качество продукции.

Целью исследований являлось изучение влияния цинка и марганца при предпосевной обработке, внекорневой подкормке и в сочетании предпосевной и внекорневой подкормки на элементы фотосинтеза и урожайность в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

### Объекты и методы исследований

Полевые опыты закладывались в 2014–2016 гг. на опытном поле Ульяновского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина. Почва опытного участка – чернозём

выщелоченный среднесуглинистый малогумусный среднесуглинистый. Содержание гумуса 4,3 %. Обеспеченность подвижным фосфором повышенная, обменным калием – высокая. Содержание  $P_2O_5$  – 115,  $K_2O$  – 139 мг/кг почвы. Содержание микроэлементов в почве опытного участка в мг/кг следующее: Mn – 30; Mo – 0,2; Zn – 0,2; Cu – 0,18; Co – 2,2; J – 2,8. Среди изучаемых микроэлементов содержание в почве Mn – низкое, а Zn – очень низкое. Реакция среды в пахотном слое слабокислая – pH – 6,1. Степень насыщенности основаниями 26,5 мг-экв/100 г почвы.

Для обработки семян перед посевом использовали 0,1%-е растворы сульфата цинка и сульфата марганца из расчёта 1,0–1,5 л на 1 ц семян. Аналогичные концентрации использовали для внекорневой подкормки.

Опытная культура – озимая мягкая пшеница, сорт – Саратовская – 17. Полевые опыты закладываются в 4-кратном повторении на делянках с учётной площадью 15 м<sup>2</sup>. Расположение делянок рендомизированное.

Схема полевого опыта:

1) Контроль – обработка водой, 2)  $MnSO_4$ , 3)  $ZnSO_4$ , 4)  $MnSO_4 + ZnSO_4$  – предпосевная обработка семян, 5)  $MnSO_4$ , 6)  $ZnSO_4$ , 7)  $MnSO_4 + ZnSO_4$  – предпосевная обработка плюс внекорневая подкормка в конце второго этапа органогенеза, 8)  $MnSO_4$ , 9)  $ZnSO_4$ , 10)  $MnSO_4 + ZnSO_4$  – только по вегетации в конце второго этапа органогенеза.

В опытах проводили следующие наблюдения, учёты и анализы:

- определение сырой и сухой массы клейковины по ГОСТ – P54478 – 2011;

- определение энергии прорастания и всхожести по ГОСТ 120-38-84, ГОСТ 12041-82;

- площадь листовой поверхности определяли по параметрам листа, по формуле  $S_l = a * b * K$ , где a – ширина листьев, b – длина листьев, K – поправочный коэффициент (для озимой пшеницы равен 0,78);

- определение сухой биомассы – путём взвешивания растительных проб по фазам развития растений по Третьякову (2003);

- чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали по формуле Кидда, Веста и Бриггса:

$$ЧПФ = \frac{B_2 - B_1}{(L_1 + L_2) * n * 0,5},$$

где ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза (г/м<sup>2</sup> в сутки);  $B_1$  и  $B_2$  – сухая биомасса пробы урожая в начале и конце учётного периода, г;  $(L_1 + L_2) * 0,5$  – площадь листьев в начале и в конце учётного периода, м<sup>2</sup>; n – число дней в

учётном периоде;

- учёт фактического урожая проводили с площади всей делянки с пересчётом на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность (ГОСТ 27548-97).

Данные результатов исследования подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа [12].

Гидротермические условия каждого конкретного года сказываются на росте, развитии и формировании продуктивности сельскохозяйственных культур. Агроклиматические показатели в годы исследований свидетельствуют о том, что наблюдались значительные колебания температурного режима и условий увлажнения. Так, среднесуточная температура за вегетационный период колебалась от 5,7 до 24 °С, количество осадков за год колебалось от 325 до 475 мм. Продолжительность активной вегетации (период со среднесуточной температурой более 10 °С) в пределах 126–142 суток. Сумма осадков за вегетацию от 221 до 450,1 мм.

Все вегетационные периоды, в течение которых проводились исследования, по характеру увлажнённости в период вегетации можно объяснить:

2014, 2015 гг. – годы засушливого периода июня, июля. 2016 г. – год с засушливым весенним периодом.

Гидротермические коэффициенты (ГТК) 2014 г. – 0,6; 2015 г. – 0,7; 2016 г. – 0,8.

### Результаты исследований

Качество посевного материала зерновых культур в значительной степени зависит от погодных условий в период вегетации растений и созревания семян. Своевременные дружные и полноценные всходы являются одним из главных признаков для получения устойчивых урожаев с хорошим качеством продукции. В этом плане большое значение имеет оптимизация минерального питания, особенно микроэлементами в условиях недостатка тех или иных микроэлементов в почве.

Результаты наших исследований показывают (таблица 1), что под влиянием микроэлементов – синергистов энергия прорастания увеличивается на 3,66–5,11 % в среднем за 2014–2016 гг., лабораторная всхожесть соответственно на 1,83–3,04 %.

Микроэлементы оказали влияние на накопление биомассы, она увеличивалась по всем фазам роста. Наибольшее влияние оказало использование обоих элементов, по-видимому, здесь проявляется относительный синергизм, за

Таблица 1

## Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян озимой пшеницы, %

N п/п	Вариант	Энергия прорастания семян, %				Лабораторная всхожесть, %			
		2014	2015	2016	среднее	2014	2015	2016	среднее
1	Контроль	80,56	82,50	79,82	80,96	95,30	94,00	91,50	93,60
2	MnSO <sub>4</sub>	84,50	86,81	82,54	84,62	96,00	97,12	94,15	95,76
3	ZnSO <sub>4</sub>	86,00	88,00	84,20	86,07	97,5	95,6	93,2	95,43
4	MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub>	85,60	84,05	86,45	85,37	96,25	97,68	96,00	96,64

Таблица 2

## Влияние микроэлементов на накопление сухой биомассы озимой пшеницы, т/га

Вариант	Фенофаза			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Контроль	0,450	1,44	3,96	5,81
MnSO <sub>4</sub>	0,470	1,61	4,07	6,01
ZnSO <sub>4</sub>	0,490	1,63	4,09	6,06
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub>	0,510	1,66	4,15	6,10
MnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	0,490	1,72	4,19	6,13
ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	0,530	1,73	4,23	6,15
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	0,550	1,75	4,23	6,17
MnSO <sub>4</sub> по вегет.	0,540	1,84	4,29	6,20
ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	0,560	1,83	4,31	6,24
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	0,570	1,60	4,35	6,25

Таблица 3

## Влияние микроэлементов на ассимиляционную поверхность листьев растений озимой пшеницы, т/га

Вариант	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Контроль	5,690	8,190	17,560	6,210
MnSO <sub>4</sub>	6,230	9,090	18,570	6,400
ZnSO <sub>4</sub>	6,290	9,290	19,600	6,510
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub>	6,550	9,580	19,890	7,020
MnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	7,260	9,720	19,780	6,880
ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	7,470	10,480	21,960	7,100
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	7,660	11,760	23,160	8,080
MnSO <sub>4</sub> по вегет.	7,280	9,850	19,820	6,900
ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	7,490	10,520	21,980	7,300
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	7,495	10,480	23,162	8,330

исключением выхода в трубку, при использовании только внекорневой подкормки.

В целом во все фазы независимо от способа применения сухая масса увеличивается: на 4,4–26,6 % в фазу кущения, в фазу трубкования на 11,1–27,7 %, в фазу колошения на 2,7–9,8 %, соответственно в молочную спелость на 3,14–

7,5 % (таблица 2).

Микроэлементы оказывают влияние на формирование ассимиляционного аппарата и его фотосинтетическую деятельность. Предпосевная обработка семян и внекорневая подкормка способствовали увеличению ассимиляционной поверхности максимально в 1,27–1,34

Таблица 4

**Чистая продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы,  
г/м<sup>2</sup> сутки**

Вариант	Кущение - выход в трубку	Выход в трубку - колошение	Среднее	Колошение - молочная спелость
Контроль	5,56	8,66	7,06	6,980
MnSO <sub>4</sub>	6,28	9,07	7,52	7,220
ZnSO <sub>4</sub>	6,31	9,11	7,56	7,260
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub>	6,33	9,15	7,59	7,310
MnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	6,41	9,18	7,61	7,240
ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	6,43	9,21	7,64	7,280
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	6,46	9,23	7,68	7,350
MnSO <sub>4</sub> по вегет.	6,46	9,23	7,65	7,260
ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	6,47	9,24	7,66	7,270
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	6,48	9,25	7,67	7,290

Таблица 5

**Структура урожая озимой пшеницы в зависимости от применения микроэлементов**

Вариант	Кол-во продукт. стеблей на м <sup>2</sup>	Кол-во зерен в колосе	Масса зерна в колосе, г.	Масса 1000 семян, г.
Контроль	423	29,7	0,92	33,12
MnSO <sub>4</sub>	431	30,30	1,03	34,81
ZnSO <sub>4</sub>	438	30,40	1,02	34,98
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub>	448	30,70	1,05	35,24
MnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	452	30,70	0,98	34,65
ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	456	30,90	1,05	34,25
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	462	31,00	1,09	35,04
MnSO <sub>4</sub> по вегет.	458	29,8	1,00	34,40
ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	454	30,1	1,01	34,60
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	450	31,5	1,50	34,39

Таблица 6

**Урожайность озимой пшеницы, т/га**

Вариант	Год исследований				Прибавка	
	2014	2015	2016	среднее	т/га	%
Контроль	4,39	1,90	4,32	3,54	-	100
MnSO <sub>4</sub>	4,73	2,16	4,72	3,87	0,33	109,3
ZnSO <sub>4</sub>	4,82	2,44	4,96	4,07	0,53	115,0
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub>	4,86	2,38	5,57	4,27	0,73	120,6
MnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	5,15	2,44	5,43	4,34	0,80	122,6
ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	4,94	2,43	5,54	4,30	0,76	121,5
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> (+ по вегет.).	5,00	2,48	5,74	4,41	0,87	124,6
MnSO <sub>4</sub> по вегет.	4,52	2,28	4,50	3,77	0,23	106,5
ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	4,56	2,23	4,74	3,84	0,30	108,5
MnSO <sub>4</sub> + ZnSO <sub>4</sub> по вегет.	4,53	2,38	4,96	3,96	0,42	111,9
НСП 05	0,245	0,15	0,41	-	-	-

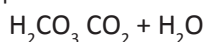
раза в зависимости от фазы роста. В фазу молочной спелости происходило уменьшение ассимиляционной поверхности в связи с высыханием листьев нижнего и среднего ярусов, причём как в контрольном, так и в опытных вариантах (таблица 3).

Главная роль в формировании урожая принадлежит фотосинтезу. Нами установлено, что применение микроэлементов – синергистов повышает продуктивность фотосинтеза (таблица 4) в среднем за 3 года исследований на 6,5–8,6 % независимо от способа применения, при этом наибольшая продуктивность наблюдается в фазу выхода в трубку – колошение.

Результаты исследований показали (таблица 5), что при применении микроэлементов количество продуктивных стеблей было больше по сравнению с контролем на 1,8–6,3 %, количество зёрен в колосе – на 2–6 %, масса зерна с одного колоса – на 8,6–12,5 %, масса 1000 зёрен соответственно на 3,8–5 %.

По данным таблицы 6 в среднем за годы исследований урожайность на опытных вариантах увеличилась на 0,23–0,87 т/га, при урожайности на контроле 3,54 т/га. Необходимо отметить, что наибольшая урожайность по годам исследований наблюдалась на вариантах с применением микроудобрения  $ZnSO_4$  как при предпосевной обработке, так и при внекорневом его внесении. Максимальная урожайность отмечена на вариантах при совместном внесении  $MnSO_4$  и  $ZnSO_4$ . По-видимому, это связано с синергизмом действия этих двух элементов побочной группы периодической системы Д.И. Менделеева.

Цинк повышает засухоустойчивость растений, входит в состав дыхательного фермента карбоангидразы, катализирующего обратимую реакцию



Установлено еще, что цинк и марганец входят в состав хлоропластов [13]. Как раз оба года исследований были неблагоприятными как по температурному режиму, так и по количеству осадков.

Таким образом, результаты проведенных исследований по изучению влияния микроудобрений на посевах озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья свидетельствуют о том, что под влиянием микроэлементов происходит активация ростовых процессов, способствующих улучшению посевных качеств семян, за счет увеличения энергии прорастания, всхожести, силы роста и усиления продукционного

процесса, что в конечном итоге приводит к повышению урожайности культуры.

### Библиографический список

1. Пейве, Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов / Я.В.Пейве. – М.: Наука, 1980.- 430 с.
2. Аспок, П.И. Микроудобрения / П.И. Аспок. - М.: Колос, 1990.-270 с.
3. Гайсин, И.А. Макро- и микроудобрения в интенсивном земледелии /И.А. Гайсин. - Казань: Тат. книжное изд-во, 1989.-126 с.
4. Костин, В.И. Теоретические и практические аспекты предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур физическими и химическими факторами / В.И. Костин. - Ульяновск, 1998.-120 с.
5. Мусорина, Л.И. Влияние марганца на процесс усвоения нитратов в условиях избыточного увлажнения / Л.И. Мусорина // XXVI Герценовские чтения: биология. – Л.: 1976.-№2.- С. 22-26
6. Ягодин, Б.А. Микроэлементы в сбалансированном питании растений, животных и человека /Б.А. Ягодин, А.А. Ермолаев// Химия в сельском хозяйстве.-1995. - №2-3.-С.24-26
7. Физиология растений / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко [и др.]. - М.: АCADEMA, 2005.- 636 с.
8. Анспок, П.И. Микроудобрения /П.И. Анспок. - Л.: ВО «Агропромиздат» Ленинградское отделение, 1990.-272 с.
9. Костин, В.И. Внекорневая подкормка и эколого-биохимическая оценка качества корнеплодов / В.И. Костин, О.Г. Музурова, Е.Е. Сяпуков // Сахарная свёкла. – 2013. -№4. -С.18-21.
10. Костин, В.И. Эффективность нереутилизуемых микроэлементов в свёклосохарном производстве /В.И. Костин, В.А. Ошкин // Сахарная свёкла. – 2014. - №2. – С. 40-41.
11. Внекорневая подкормка сахарной свёклы и качества корнеплодов // В.И. Костин, В.А. Исайчев, В.А. Ошкин, И.Л. Фёдорова / Сахарная свёкла. -2015. - №2. – С. 28-31.
12. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) /Б.А. Доспехов. - 6-е изд. доп. и перераб. - Агропромиздат, 2011. – 352 с.
13. Лебедев, С.И. Физиология растений /С.И. Лебедев.- Изд. «Колос», 1982. – 462 с.
14. Внекорневая подкормка сахарной свёклы и качества корнеплодов / В.И. Костин, В.А. Исайчев, В.А. Ошкин, И.Л. Фёдорова// Сахарная

свёкла. -2015 - №2 – с. 28-31.

15. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов - 6-е изд. доп. и перераб.: Агропромиздат, 2011. –

352 с.

16. Лебедев, С.И. Физиология растений / С.И. Лебедев. - . «Колос», 1982. – 462 с.  
**INFLUENCE OF SYNERGIST MICROELEMENTS ON PHOTOSYNTHETIC PARAMETRES AND WINTER**

#### WHEAT YIELD

**Kostin V.I., Mudarisov F.A., Semashkina A.I.**  
**FSBEI HE Ulyanovsk SAU**  
**432017, Ulyanovsk, Novy Venets bld, 1;tel. +7 (8422)55-95-16**  
**e-mail: bio-kafedra@yandex.ru**

**Keywords:** leaf surface area, net photosynthetic productivity, germination energy, laboratory germination capacity, zinc sulfate, manganese sulfate, yield.  
We carried out three-year studies on the effect of synergist microelements of zinc and manganese on photosynthetic parametres and winter wheat yields in case of pre-sowing seed treatment, foliar application at the end of the second phase of organogenesis, in case of seed treatment plus foliar dressing of the experimental crop, the studies show that under the influence of microelements, the germination energy increases by 3,66 - 5,11%, laboratory germination - by 1,83-3,04%. In all phases irrespective of the method of microelement application, the dry mass increases by 4.4 - 26.6% during the tillering phase, during the tubing phase by 11.1-27.7%, during the heading stage - by 2.7-9.8%, at milk ripeness stage - by 3.14 - 7.5%. Pre-sowing seed treatment and foliar dressing enhanced an increase of the assimilating surface by 1.27-1.34 times, depending on the growth phase. During the phase of milk ripeness, the assimilative surface decreased due to drying of the leaves of the lower and middle layers. The application of synergist microelements increases the productivity of photosynthesis by 6.5-8.6%, with the highest productivity observed in the phase of stalk-shooting - heading. When using microelements, the number of productive stems increased by 1.8-6.3%, the number of grains in the head - by 2-6%, the weight of grain from one head - by 8.6-12.5%, the weight of 1000 grains - by 3 , 8-5%. Yield of the experimental variants increased by 0.23-0.87 t / ha, while the yield of the control was 3.54 t / ha. Thus, under the influence of synergist microelements, the growth processes of winter wheat are activated, contributing to the improvement of the seeding quality of seeds, by increasing the germination energy, germination capacity, growth force and enhancing the production process, which consequently leads to an increase in yield.

#### Bibliography

1. Peive, Ya.V. Agrochemistry and biochemistry of microelements / Ya.V.Peve. - Moscow: Nauka, 1980.-430 p.
2. Aspok, P.I. Microfertilizers / P.I. Aspok. - Moscow: Kolos, 1990.-270 p.
3. Gaisin, I.A. Macro- and microfertilizers in intensive agriculture / I.A. Gaisin. - Kazan: Tatarstan publishing house, 1989.-126 p.
4. Kostin, V.I. Theoretical and practical aspects of pre-sowing seed treatment of agricultural crops by physical and chemical factors / V.I. Kostin. - Ulyanovsk, 1998.-120 p.
5. Musorina, L.I. Effect of manganese on the process of nitrate fixation in the conditions of excessive moisturizing / L.I. Musorina // XXVI Gertsen readings: biology. - L. : 1976.- № 2.- P. 22-26
6. Yagodin, B.A. Microelements in a balanced diet of plants, animals and humans / B.A. Yagodin, A.A. Ermolaev // Chemistry in Agriculture.-1995. - №2-3.-P.24-26
7. Plant physiology / N.D. Alekhina, Yu.V. Balnokin, V.F. Gavrilenko [and others]. - Moscow: ACADEMA, 2005.- 636 p.
8. Anspok, P.I. Microfertilizers / P.I. Anspok. - L. : VO Agropromizdat Leningrad Branch, 1990.-272 p.
9. Kostin, V.I. Foliar top dressing and ecology-biochemical assessment of root crops quality / V.I. Kostin, O.G. Muzurova, E.E. Syapukov // Sugar beet. - 2013.-№4. -P.18-21.
10. Kostin, V.I. Efficiency of non-recyclable microelements in sugar beet production / V.I. Kostin, V.A. Oshkin // Sugar beet. - 2014. - №2. - P. 40-41.
11. Foliar top dressing of sugar beet and the quality of root crops // V.I. Kostin, V.A. Isaychev, V.A. Oshkin, I.L. Fedorova / Sugar beet. -2015. - №2. - P. 28-31.
12. Dospikhov, B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results) / B.A. Dospikhov. - 6 th edition revised and upgraded. - Agropromizdat, 2011. - 352 p.
13. Lebedev, S.I. Plant physiology / S.I. Lebedev. - «Kolos», 1982. - 462 p.