

9. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

THE EFFECTIVENESS OF LIQUID CHELATED MICROFERTILIZERS MIKROSTIM IN CORN CULTIVATION

M.V. Rak, S.A. Titova, T.G. Nikolaeva, V.A. Mukovozchik

Summary

On sod-podzolic sandy loam soil in field experiment with corn the effectiveness of different brands of liquid chelated microfertilizers MikroStim is studied.

Поступила 28.04.15

УДК 631.81.095.337

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

А.И. Фатеев¹, В.И. Чабан², О.Ю. Подобед²

¹*Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

²*Институт сельского хозяйства степной зоны,
г. Днепропетровск, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Содержание питательных веществ в почве является одним из критериев оценки агроэкологических условий при выращивании сельскохозяйственных культур [1]. Наряду с макроэлементами, большое значение в питании растений принадлежит микроэлементам (МЭ). Обеспеченность почв МЭ обусловлена факторами почвообразования, гранулометрическим составом почвообразующих пород и самой почвы, содержанием органического вещества, а в промышленных регионах – и воздействием техногенной нагрузки [2].

Современное земледелие характеризуется интенсивным использованием почвенного покрова и сопровождается изменениями водного, воздушного, питательного режимов, мобилизацией почвенных ресурсов, что приводит к нарушению природного кругооборота биофильных веществ. Установлено, что с традиционными удобрениями в почву поступает незначительное количество МЕ. В этой связи, их влияние на микроэлементный состав почвы осуществляется не столько за счет привнесения МЭ с туками, сколько от изменения агрохимических свойств почвы: реакции почвенного раствора, содержания гумуса, соотношения элементов в ППК [3–9]. Поэтому изучение трансформации элементного состава почв является важным условием оценки состояния, прогноза изменений и поиска путей их улучшения.

Цель исследования – установить изменения микроэлементного фонда черноземов степной зоны Украины при длительном применении удобрений в севообороте.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследований – черноземы северной Степи Украины. Исследования проводили в стационарных опытах лаборатории почвенного плодородия (Красноградская опытная станция, Харьковская обл.), а также лаборатории севооборотов и природоохранных систем обработки почвы (Эрастовская опытная станция, Днепропетровская обл.) Института сельского хозяйства степной зоны НААН Украины. Почвенный покров, соответственно объектов исследований – чернозем типичный тяжелосуглинистый на лессе с содержанием гумуса 4,8–5,0%, валовых азота – 0,28–0,30%, фосфора – 0,13–0,14%, калия – 2,1–2,2%; чернозем обыкновенный малогумусный тяжелосуглинистый на лессе с содержанием гумуса 4,0–4,2%, валовых азота – 0,21–0,23%, фосфора – 0,11–0,12%, калия – 2,0–2,2%. Реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (рН 6,5–6,9).

На Красноградской опытной станции опыт заложен в 1984 г. и представляет собой пятипольный зерновой севооборот: горох, озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на зерно, ячмень. Из 18 вариантов различного насыщения севооборота удобрениями для обсуждения выбраны: без удобрений (контроль); навоз 12 т/га; $N_{48}P_{48}K_{48}$; навоз 6 т/га + $N_{24}P_{24}K_{24}$; навоз 6 т/га + $N_{48}P_{48}K_{48}$; навоз 6 т/га + $N_{72}P_{72}K_{72}$; навоз 6 т/га + $N_{96}P_{96}K_{96}$. На Эрастовской опытной станции опыт заложен в 1991 г. Севооборот восьмипольный зерно–паро–пропашной: черный пар, озимая пшеница, кукуруза на зерно, ячмень, кукуруза на зерно, горох, озимая пшеница, подсолнечник. В опыте изучались следующие системы удобрений: без удобрений (контроль); органическая (навоз, 12,5 т/га); биологическая (заделка побочной продукции зерновых колосовых культур); органо-минеральная (навоз 7 т/га + $N_{34}P_{38}K_{26}$); минеральная ($N_{68}P_{48}K_{48}$); минеральная ($N_{68}P_{48}K_{48}$) на фоне заделки побочной продукции.

Удобрения применяли согласно схем опытов и использовали: органические – полуперепревший подстилочный навоз КРС, солому зерновых колосовых культур, минеральные – N_{aa} , $P_{сг}$, $K_{кс}$. Навоз вносили механизировано (РОУ–6), минеральные – вручную с последующей заделкой под основную обработку почвы. Размещение вариантов опытов систематическое. Площадь деланки в стационаре на Красноградской опытной станции: посевной – 315, учетной – 100 м² при 3-кратной повторности; на Эрастовской – соответственно 105 и 56 м² при 4-кратной повторности. Агротехника выращивания сельскохозяйственных культур в опытах – рекомендованная для зоны.

Почвенные образцы отбирали в заключительных полях севооборотов по окончанию III ротации на Красноградской и I ротации на Эрастовской опытных станциях из пахотного и подпахотных слоев. В почве определяли содержание валовых форм (последовательное кипячение с азотной кислотой, обработкой концентрированным пероксидом водорода по методике ЦИНАО), прочносвязанных форм (вытяжка 1 н HCl по MBV 31–497058–015) и подвижных форм (вы-

тяжка ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 по ДСТУ4770.1–9) Zn, Mn, Cu, Co, Ni, Pb, Cd. Содержание микроэлементов определяли атомно-абсорбционным методом в пламени ацетилен–воздух на спектрофотометре С–115М1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Систематическое внесение органических и минеральных удобрений, при разном уровне насыщения севооборота, практически не оказывало влияния на валовое содержание Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd в почве. Это в одинаковой мере относится, как к пахотному, так и подпахотному слоям. Их значения на контроле и удобренных вариантах были близкими и находились в пределах ошибки опыта. Так, после завершения I ротации севооборота, в черноземе обыкновенном колебания в содержании МЭ по вариантам опыта составляли: марганца – 374–386; цинка – 39,3–42,5; меди – 14,3–15,2; кобальта – 8,00–8,60; никеля – 19,7–21,0; свинца – 11,0–12,5 мг/кг почвы (табл. 1).

Таблица 1

Содержание валовых форм микроэлементов в черноземе обыкновенном в зависимости от системы удобрений, мг/кг

Система удобрений	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb
1. Без удобрений	384	41,7	14,4	8,00	19,8	12,0
	365	39,7	15,0	8,18	19,7	11,0
2. Органическая (навоз 12,5 т/га)	380	42,5	15,2	8,15	20,1	11,9
	375	42,0	14,0	8,18	21,0	12,3
3. Биологическая (заделка соломы)	381	42,4	14,6	8,15	21,0	12,3
	386	41,1	14,0	8,35	21,0	12,0
4. Органо-минеральная (7,5 т/га + N ₃₄ P ₃₈ K ₂₆)	374	41,0	15,0	8,23	20,3	12,5
	373	41,0	14,2	8,43	20,0	12,4
5. Минеральная (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉)	385	39,7	14,3	8,35	20,0	11,9
	378	39,3	14,3	8,50	19,9	11,4
6. Минеральная + биологическая (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉ + солома)	381	40,6	14,5	8,35	19,9	12,1
	386	39,5	14,0	8,60	19,7	11,4
ПДК	1500	100	55	–	85	30

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

В то же время, на черноземе типичном, при более длительном периоде применения удобрений, отмечается большее варьирование содержания отдельных МЭ (табл. 2). В конце III ротации зернового севооборота на удобренных вариантах проявлялась устойчивая тенденция к увеличению количества валовых форм Mn, в сравнении с контролем: в пахотном слое на 5–11%, в подпахотном – на 4–13%. Более заметные изменения (9–11%) его содержания зафиксированы в вариантах с раздельным использованием минеральных удобрений (N₄₈P₄₈K₄₈) и органических (навоз, 12 т/га). Также, отмечена тенденция увеличения на 7–20% содержания валовых форм Zn в подпахотном слое во всех удобренных вариантах. Данный факт, объясняется более активным поступлением данных элементов в почву с пожнивно-корневыми остатками.

Таблица 2

**Содержание валовых форм микроэлементов в черноземе типичном
в зависимости от насыщения севооборота удобрениями, мг/кг**

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Без удобрений	311*	31,7	14,5	8,9	21,5	15,3	0,45
	303	24,8	13,9	8,5	20,3	14,8	0,44
Навоз 12 т/га	340	30,6	14,7	8,9	22,3	16,3	0,46
	334	26,1	14,4	8,9	22,0	15,4	0,48
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	344	31,2	14,4	9,0	21,9	15,9	0,46
	337	28,9	14,4	9,1	22,0	15,7	0,46
Навоз 6т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	327	29,9	14,7	9,1	22,5	16,1	0,48
	342	30,2	14,2	9,0	22,0	15,3	0,48
Навоз 6т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	341	32,0	14,6	9,3	22,3	15,8	0,48
	320	28,7	14,0	8,6	21,6	14,9	0,46
Навоз 6т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	333	27,3	14,7	8,9	21,5	15,8	0,47
	326	26,1	13,9	8,7	21,5	15,2	0,47
Навоз 6т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	338	28,0	14,7	8,7	22,1	14,8	0,46
	316	25,5	13,9	8,6	20,5	15,2	0,44
ПДК	1500	100	55	—	85	30	—

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

Следует отметить, что даже при длительном насыщении севооборота повышенными и максимальными нормами туков (N₇₂₋₉₆P₇₂₋₉₆K₇₂₋₉₆) на фоне навоза (6 т/га), превышения ПДК валовых количеств Mn, Zn, Cu, Ni, Pb в пахотном и подпахотном слоях чернозема типичного не зафиксировано.

Отсутствие существенных различий содержания валовых форм МЭ в черноземах региона под воздействием удобрений подтверждает количественную стабильность данных показателей и отражает границы их природного варьирования.

Обеспеченность почв микроэлементами оценивается и по содержанию их прочносвязанных форм (вытяжка 1 н HCl). Их доля, от валового содержания элементов в черноземе типичном, довольно высокая и составляет: до 20% для Zn; до 50% для Cu, Ni, Co, Pb; до 70% для Mn. Оценка уровня их содержания в почве в вариантах опыта свидетельствует, что концентрации Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cd и Pb, несмотря на превышение регионального фона, соответствуют средним показателям для черноземов и находятся в пределах естественных колебаний, свойственных данному типу почв.

Длительное применение удобрений в севообороте оказывало некоторое влияние на количественные показатели соответствующих форм МЭ (табл. 3). Полученные данные свидетельствуют, что содержание большинства кислоторастворимых форм МЭ в черноземе типичном в вариантах опыта находилось в близких пределах и составляло: Mn – 186–232; Zn – 5,10–6,57; Cu – 4,83–5,78; Co – 3,19–3,70; Ni – 8,43–9,20; Pb – 6,49–7,71; Cd – 0,159–0,175 мг/кг почвы. Вместе с тем, достаточно четко проявлялись тенденции изменения содержания потенциально доступных Mn и Zn в пахотном и подпахотном слоях.

Таблица 3

Содержание кислоторастворимых (вытяжка 1 н HCl) форм микроэлементов в черноземе типичном в зависимости от насыщения севооборота удобрениями, мг/кг

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Без удобрений	216	6,17	5,23	3,45	8,43	7,37	0,167
	206	5,45	5,24	3,70	8,88	6,97	0,175
Навоз 12 т/га	233	6,39	5,15	3,69	8,48	7,26	0,174
	214	5,71	4,94	3,59	8,57	6,69	0,170
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	210	6,26	5,79	3,33	8,96	7,21	0,165
	186	5,16	5,28	3,19	8,95	6,49	0,163
Навоз 6т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	217	6,57	5,70	3,40	9,00	7,56	0,161
	193	5,74	5,56	3,35	9,20	6,69	0,159
Навоз 6т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	212	6,42	5,76	3,28	8,72	7,27	0,164
	201	5,36	5,62	3,25	8,56	7,00	0,167
Навоз 6т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	221	5,79	5,29	3,48	8,80	7,71	0,166
	194	4,90	5,04	3,34	8,51	6,75	0,174
Навоз 6т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	232	5,57	5,19	3,55	8,57	7,38	0,166
	211	5,10	4,83	3,45	8,78	6,73	0,172
Региональный фон	125	8,0	3,0	2,0	5,0	5,0	0,5

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

Так, наблюдается незначительное (на 7–8%), по сравнению с контролем, накопление кислоторастворимого Mn в пахотном слое в вариантах с максимальным насыщением севооборота минеральными удобрениями (N₉₆P₉₆K₉₆) на фоне 6 т/га навоза и с внесением органических удобрений (12 т/га). В то же время, при использовании умеренных доз минеральных удобрений (N₄₈P₄₈K₄₈) для подпахотного слоя проявлялась обратная зависимость – снижение его содержания до 186 мг/кг при 206 мг/кг на контроле, т.е. на 10%.

Обращает на себя внимание и тенденция к снижению на 5–10% количества кислоторастворимых форм Zn в обоих слоях почвы на вариантах с насыщением минеральными удобрениями в пределах 72–96 кг/га д.в. азота, фосфора и калия на фоне навоза. Аналогичная закономерность для подпахотного слоя почвы проявляется и при внесении N₄₈P₄₈K₄₈.

При повышенном и высоком насыщении севооборота минеральными удобрениями (N_{72–96}P_{72–96}K_{72–96}), также прослеживается тенденция к снижению кислоторастворимых форм меди и кобальта в нижнем горизонте почвы на 5–10% относительно не удобренного варианта. Факт уменьшения содержания Mn, Zn, Cu и Co в подпахотном слое почвы связан с процессом перехода элементов в подвижные формы, что повышает его доступность растениям и, следовательно, вынос урожаями.

Содержание подвижных форм МЭ в почве подвержено более существенным колебаниям в зависимости от использования удобрений, микробиологической активности, величины поглощения элементов растениями в процессе вегетации и т.д.

Полученные нами результаты показали, что несмотря на довольно высокие значения валовых и кислоторастворимых форм элементов, количество их подвижных соединений незначительное, а их доля от валового содержания составляет:

Таблица 3

Содержание кислоторастворимых (вытяжка 1 н HCl) форм микроэлементов в черноземе типичном в зависимости от насыщения севооборота удобрениями, мг/кг

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Без удобрений	216	6,17	5,23	3,45	8,43	7,37	0,167
	206	5,45	5,24	3,70	8,88	6,97	0,175
Навоз 12 т/га	233	6,39	5,15	3,69	8,48	7,26	0,174
	214	5,71	4,94	3,59	8,57	6,69	0,170
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	210	6,26	5,79	3,33	8,96	7,21	0,165
	186	5,16	5,28	3,19	8,95	6,49	0,163
Навоз 6т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	217	6,57	5,70	3,40	9,00	7,56	0,161
	193	5,74	5,56	3,35	9,20	6,69	0,159
Навоз 6т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	212	6,42	5,76	3,28	8,72	7,27	0,164
	201	5,36	5,62	3,25	8,56	7,00	0,167
Навоз 6т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	221	5,79	5,29	3,48	8,80	7,71	0,166
	194	4,90	5,04	3,34	8,51	6,75	0,174
Навоз 6т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	232	5,57	5,19	3,55	8,57	7,38	0,166
	211	5,10	4,83	3,45	8,78	6,73	0,172
Региональный фон	125	8,0	3,0	2,0	5,0	5,0	0,5

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

Так, наблюдается незначительное (на 7–8%), по сравнению с контролем, накопление кислоторастворимого Mn в пахотном слое в вариантах с максимальным насыщением севооборота минеральными удобрениями (N₉₆P₉₆K₉₆) на фоне 6 т/га навоза и с внесением органических удобрений (12 т/га). В то же время, при использовании умеренных доз минеральных удобрений (N₄₈P₄₈K₄₈) для подпахотного слоя проявлялась обратная зависимость – снижение его содержания до 186 мг/кг при 206 мг/кг на контроле, т.е. на 10%.

Обращает на себя внимание и тенденция к снижению на 5–10% количества кислоторастворимых форм Zn в обоих слоях почвы на вариантах с насыщением минеральными удобрениями в пределах 72–96 кг/га д.в. азота, фосфора и калия на фоне навоза. Аналогичная закономерность для подпахотного слоя почвы проявляется и при внесении N₄₈P₄₈K₄₈.

При повышенном и высоком насыщении севооборота минеральными удобрениями (N_{72–96}P_{72–96}K_{72–96}), также прослеживается тенденция к снижению кислоторастворимых форм меди и кобальта в нижнем горизонте почвы на 5–10% относительно не удобренного варианта. Факт уменьшения содержания Mn, Zn, Cu и Co в подпахотном слое почвы связан с процессом перехода элементов в подвижные формы, что повышает его доступность растениям и, следовательно, вынос урожаями.

Содержание подвижных форм МЭ в почве подвержено более существенным колебаниям в зависимости от использования удобрений, микробиологической активности, величины поглощения элементов растениями в процессе вегетации и т.д.

Полученные нами результаты показали, что несмотря на довольно высокие значения валовых и кислоторастворимых форм элементов, количество их подвижных соединений незначительное, а их доля от валового содержания составляет:

Cu, Zn – 1,1–1,5%; Ni – 3,0–4,0%, Mn, Co, Pb, Cd – 6,5–9,5%. Согласно градаций Важенина (экстрагент ААБ pH 4,8) чернозем типичный характеризовался высокой обеспеченностью Mn и Co, средней – Cu, низкой – Zn для культур невысокого выноса ME. Недостаток меди и цинка может сказываться на развитии растений и формирование полноценного урожая.

Систематическое применение удобрений в севообороте вызывали определенные изменения физико-химических свойств чернозема типичного и прежде всего реакции почвенного раствора, что отразилось на содержании, прежде всего подвижного Mn (табл. 4). Так, во всех вариантах, где согласно схемы опыта предусматривалось внесение минеральных удобрений, установлено достоверное его увеличение в пахотном слое почвы. По мере нарастания насыщения севооборотной площади туками с 24 до 96 кг/га содержание Mn поступательно увеличивалось: 27,1 – 28,3 – 30,6 – 32,7 мг/кг почвы, при 20,6 мг/кг на контроле. Увеличение концентрации Mn в первую очередь связано с подкислением почвенного раствора в удобренных вариантах, что подтверждается наличием тесной корреляционной связи между подвижностью элемента и pH почвенного раствора ($r = -0,86$). При снижении показателя pH на 0,35–0,46 единицы, количество подвижного Mn увеличивалось в 1,5–1,6 раза.

Таблица 4

Влияние длительного применения удобрений в севообороте на содержание подвижных форм микроэлементов (ААБ pH 4,8) в черноземе типичном, мг/кг

Вариант	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
Без удобрений	20,6	0,45	0,16	0,66	0,73	1,03	0,039
	20,6	0,32	0,16	0,73	0,73	1,00	0,041
Навоз 12 т/га	21,9	0,43	0,17	0,74	0,65	1,02	0,036
	20,6	0,35	0,16	0,70	0,81	1,07	0,046
N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	29,9	0,53	0,15	0,67	0,68	0,97	0,041
	21,8	0,35	0,14	0,68	0,74	1,00	0,036
Навоз 6т/га + N ₂₄ P ₂₄ K ₂₄	27,1	0,48	0,20	0,62	0,78	1,02	0,040
	22,4	0,38	0,19	0,67	0,73	0,97	0,046
Навоз 6т/га + N ₄₈ P ₄₈ K ₄₈	28,3	0,48	0,17	0,68	0,74	1,02	0,036
	21,7	0,46	0,15	0,67	0,71	0,95	0,043
Навоз 6т/га + N ₇₂ P ₇₂ K ₇₂	30,6	0,47	0,20	0,69	0,74	1,05	0,043
	24,5	0,34	0,18	0,77	0,90	1,06	0,046
Навоз 6т/га + N ₉₆ P ₉₆ K ₉₆	32,7	0,46	0,19	0,64	0,77	1,08	0,042
	26,3	0,37	0,15	0,66	0,74	0,99	0,047
ПДК	100	23	3,0	5,0	4,0	6,0	–

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном.

В то же время длительное применение органических и минеральных удобрений не приводило к существенному изменению содержания подвижных форм Zn, Cu, Co, Ni, Pb – различия между вариантами опыта были незначительными. И только в вариантах с усиленным минеральным питанием (N_{72–96}P_{72–96}K_{72–96}) на фоне органики, проявлялась тенденция увеличения подвижности Cd в пахотном и подпахотном слоях почвы на 10–14% в сравнении с контролем. Отсутствие четкой зависимости между уровнем использования удобрений и содержанием подвижных форм меди, кобальта, никеля связано с химическими свойствами данных

элементов, сравнительно небольшим количеством их в удобрениях в качестве примесей, а также с высокой буферной способностью черноземов.

С экологической и природоохранной точки зрения концентрации элементов первой группы опасности (цинк, свинец, кадмий) в черноземе типичном отвечают санитарно-гигиеническим нормам и значительно ниже ПДК.

Содержание подвижных форм Zn, Mn, Cu в черноземе обыкновенном Эрастовской опытной станции почти в два раза выше по сравнению с черноземом типичным, и наоборот, подвижных форм Ni и Cd – в два раза ниже. При этом на одном уровне находится содержание Co и Pb (табл. 5). Результаты исследований свидетельствуют, что в буферный раствор ААБ pH 4,8 переходит 2–3% Zn, Cu; 8–10% – Co, Ni, Pb, Cd; 15–17% Mn от их валового содержания.

Установлено, что на удобренных вариантах наблюдалось снижение подвижности таких биогенных элементов, как Zn, Mn и Cu. В зависимости от системы применения удобрения степень ее проявления разная. Так, содержания марганца в пахотном и подпахотном слоях почвы наиболее существенно (на 20–29%) снижалось относительно контроля в вариантах, где система питания базировалась на минеральных удобрениях либо присутствовали туки (вар. 4, 5, 6). Снижение подвижности Mn на удобренных вариантах можно объяснить более высокой продуктивностью культур севооборота в этих вариантах и, естественно, и большей потребностью растений в элементе, а также стабильностью pH почвенного раствора.

Таблица 5

Влияние длительного применения удобрений в севообороте на содержание подвижных форм микроэлементов (ААБ pH 4,8) в черноземе обыкновенном, мг/кг

Система удобрений	Mn	Zn	Cu	Co	Ni	Pb	Cd
1. Без удобрений	58,6	0,87	0,35	0,68	1,49	0,98	0,023
	58,6	0,61	0,25	0,53	1,54	0,78	0,018
2. Органическая, (навоз 12,5 т/га)	50,9	0,76	0,26	0,80	1,53	1,22	0,055
	47,7	0,67	0,19	0,62	1,36	0,92	0,046
3. Биологическая (заделка соломы)	57,2	0,52	0,24	0,82	1,51	1,30	0,064
	53,9	0,43	0,16	0,68	1,38	0,98	0,030
4. Органо-минеральная, (7,5 т/га + N ₃₄ P ₃₈ K ₂₆)	47,1	0,59	0,31	0,81	1,53	1,36	0,069
	46,2	0,44	0,14	0,68	1,44	1,02	0,016
5. Минеральная, (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉)	41,5	0,82	0,31	0,91	1,55	1,57	0,031
	43,7	0,53	0,17	0,68	1,40	1,13	0,019
6. Минеральная + биологическая (N ₆₄ P ₆₈ K ₄₉ + солома)	46,3	0,53	0,22	1,00	1,82	1,49	0,068
	42,5	0,39	0,23	0,74	1,38	0,91	0,049
ПДК	100	23	3,0	5,0	4,0	6,0	–

Примечание. Над чертой – содержание МЭ в пахотном слое, под чертой – в подпахотном

Для цинка и меди проявлялось заметное уменьшение (на 30–40%) их концентраций в вариантах предусматривающих заделку нетоварной части урожая зерновых культур сплошного посева (вар. 3, 6). Установленная закономерность связана с тем, что поступление значительного количества растительных остатков в почву в большей степени способствует увеличению ее микробиологической активности. В связи с чем, количественное снижение элементов происходит за счет активного их поглощения микрофлорой чернозема.

Концентрации токсичных элементов (Pb, Cd) в почве, хотя и возрастали на удобренных вариантах в 1,5–3 раза, но их значения находятся значительно ниже ПДК, что позволяет констатировать отсутствия угрозы избыточного их накопления в черноземе обыкновенном.

ВЫВОДЫ

На основании полученных результатов исследований можно сделать следующие выводы:

1. Содержания валовых и кислоторастворимых форм МЭ в черноземах региона характеризуется стабильностью показателей и в большей степени отражают границы их природного варьирования.

2. При более длительном применении удобрений на черноземе типичном проявлялась тенденция к увеличению на 5–13% валовых форм Mn в пахотном и подпахотном слоях почвы и на 7–20% – валового Zn, в подпахотном. Для содержания кислоторастворимых форм Zn, Cu, Co, Ni, Pb была характерна противоположная тенденция – снижение на 5–10% в подпахотном слое почвы при насыщении зернового севооборота, повышенными и высокими нормами минеральных удобрений на фоне навоза ($6,0 \text{ т/га} + N_{72-96}P_{72+96}K_{72-96}$).

3. Установлено достоверное увеличение (в 1,5–1,6 раза) подвижности Mn в пахотном слое чернозема типичного при систематическом применении минеральных удобрений. В то же время, на черноземе обыкновенном, на удобренных вариантах подвижность биогенных элементов (Zn, Mn и Cu) снижалась. В большей степени это проявлялось в вариантах с запашкой соломы.

4. Не установлено превышения ПДК валовых и подвижных форм микроэлементов в черноземах региона при длительном насыщении севооборотов органическими и минеральными удобрениями. Вместе с тем, при использовании повышенных и высоких доз минеральных удобрений, сохраняется необходимость проведения мониторинга за содержанием МЭ даже на почвах, не подверженных интенсивной техногенной нагрузке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / Под ред. В.В. Медведева. – К.: Аграрная наука, 1997. – 164 с.
2. Фоновое содержание микроэлементов в почвах Украины / Под ред. А.И. Фатеева, Я.В. Пащенко. – Харьков, 2003. – 120 с.
3. Ильин, В.Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва–сельскохозяйственная культура / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 2006. – № 3. – С. 52–59.
4. Кабата–Пендиас, А. Проблемы современной биогеохимии / А. Кабата–Пендиас, пер. с польск. А. В. Пуховского // Рос. хим. ж. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 15–19.
5. Карпова, Е.А. Роль удобрений в циклах микроэлементов в агроэкосистемах / Е.А. Карпова // Рос. хим. ж. – 2005. – Т. XLIX, № 3. – С. 20–25.
6. Агроэкологические аспекты применения разных форм фосфорных удобрений, содержащих примеси тяжелых металлов и токсичных элементов / Ю.И. Касицкий [и др.] // Агрохимия. – 2002. – № 11. – С. 56–64.

7. Минеев, В.Г. Экологические функции агрохимии в современном земледелии / В.Г. Минеев // Агрохимия. – 2000. – № 5. – С. 5–13.
8. Мірошніченко, М.М. Агрогеохімія мікроелементів у ґрунтах України / М.М. Мірошніченко, А.І. Фатєєв // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. Вип. до VIII з'їзду УТГА. – Харків, 2010. – Кн. 1. – С. 98–107.
9. Никифорова, Е.М. Эколого–геохимическая оценка последствий химизации почв западного Подмосквья / Е.М. Никифорова, Л.И. Горбунова // Почвоведение. – 2001. – № 1. – С.105–117.

THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN CHERNOZEM OF A STEPPE ZONE OF UKRAINE AND THEIR CHANGE AT THE PROLONGED USE OF FERTILIZERS IN A CROP ROTATION

A.I. Fateev, V.I. Chaban, O.Yu. Podobed

Summary

Change of the content of microelements in chernozem of a steppe zone of Ukraine at the prolonged use of fertilizers in crop rotations is studied. It is established that the gross and acid forms of microelements are characterized by stability of indexes, although trend is marked of increasing Mn in gross plowing and subarable soil layers and gross Zn – in subarable at the typical chernozem. The content of the acid soluble forms Zn, Cu, Co, Ni, Pb in a subarable layer of soil was decreased against the background of elevated and high doses of mineral fertilizers. The reliable increase of Mn mobility in the plowing layer of the typical chernozem was established. Mobility of Zn, Mn and Cu was decreased on the ordinary chernozem at plowing straw. MAC excess of total and mobile forms of microelements in chernozem of the region wasn't established.

Поступила 28.04.15

УДК 631.8:631.86:631.811.98

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ САПРОГУМ НА ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ОПОДЗОЛЕННОМ

Т.П. Бортник

*Восточноевропейский национальный университет имени Леси Украинки,
г. Луцк, Украина*

ВВЕДЕНИЕ

Сдерживающим фактором роста урожайности сельскохозяйственных культур является несбалансированно низкий уровень применения удобрений. При ежегодном росте цен на минеральные удобрения для многих сельхозпроизводителей не представляется возможным выдерживать технологию с высоким насыщением средствами химизации. В связи с этим весьма актуальной является разработка