

УДК 631.81.095.337

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

¹Жеруков Т.Б., ¹Кишев А.Ю., ²Тутукова Д.А.

¹ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»,
Нальчик, e-mail: zherukovtimur@mail.ru;

²Институт сельского хозяйства – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН,
Нальчик, e-mail: djudi_12@mail.ru

Плодородие является тем основным свойством почвы, которое определяет ее значимость в качестве основного средства аграрного производства. Применение микроудобрений и повышение плодородия, как потенциальная возможность почвы в части удовлетворения требований вегетирующих растений по необходимым им параметрам (питательным элементам, водным ресурсам, воздуху, ресурсам тепла и солнечной энергии и др.), представляется важнейшим направлением для нормального роста и развития агропроизводства. В настоящее время химические предприятия Российской Федерации поставляют на рынок весьма скудный перечень удобрений, в состав которых производитель включает в лучшем случае соединения таких элементов, как бор, медь, цинк, марганец. Однако и эти количества выпускаемых микроудобрений не способны обеспечить все возрастающие потребности. Использование микроудобрений с целью проведения предпосевных обработок семенного материала, различных некорневых подкормок, а также при выращивании растений в защищенном грунте, требует налаживания производства микроэлементов в форме растворимых солей, борной кислоты и комплексных водорастворимых микроудобрений. Исследованиями установлено, что внесение минеральных удобрений с микроэлементами в почву дает серьезные преимущества перед остальными способами применения микроудобрений. Определена оптимальная концентрация микроэлементов, добавляемых к минеральным удобрениям. При оптимальных дозах микроэлементов в сочетании с макроэлементами обеспечивался высокий агроэкологический эффект микроудобрений. Результаты проведенных опытов красноречиво говорят о следующем факте – на фоне применения органических и минеральных удобрений эффективность использования микроудобрений составляет 10–15 % и выше. Показано, что применение микроэлементов совместно с полным минеральным удобрением при внесении в почву имеет преимущество перед другими способами их использования. Применение микроудобрений однозначно положительным образом отражалось на урожайности возделываемых культур. Подтверждением этому служат цифровые данные, полученные в результате проведения полевых опытов с микроудобрениями.

Ключевые слова: почва, питание, свойства почвы, структура, режим почвы, микроэлементы, предпосевная обработка семян, некорневые подкормки

FEATURES OF MICROELEMENTS' APPLICATION IN AGRICULTURAL PRODUCTION

¹Zherukov T.B., ¹Kishev A.Yu., ²Tutukova D.A.

¹Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik,
e-mail: zherukovtimur@mail.ru;

²Institute of Agriculture – the branch of Kabardino-Balkarian scientific center
of Russian Academy of Science, Nalchik, e-mail: djudi_12@mail.ru

Fertility is the main property of the soil, which is determined by its importance as the main means of agricultural production. Application of micronutrients and increase the fertility, as the potential of soil in terms of meeting the requirements of vegetating plants at the required parameters (nutrients, water, air, and heat resources of solar energy, etc.), seem to be the most important area for the normal growth and development of agricultural production. At present, the chemical enterprises of the Russian Federation supply the fertilizer market with a very scanty list of fertilizers, into which the manufacturer includes, at best, compounds of such elements as boron, copper, zinc, manganese. However, these quantities of produced micronutrients are not able to meet the increasing needs. The use of micronutrients for pre-sowing seed treatments, various foliar dressings, as well as for growing plants in protected soil, requires the establishment of the production of trace elements in the form of soluble salts, boric acid and complex water-soluble micronutrients. Studies have found that the application of mineral fertilizers with trace elements in the soil gives serious advantages over other methods of application of micronutrients. The optimal concentration of trace elements added to mineral fertilizers was determined. With optimal doses of micronutrients in combination with macronutrients were provided with high agro-ecological effect of micronutrients. The results of the experiments speak eloquently about the following fact against the background of the use of organic and mineral fertilizers, the efficiency of the use of microfertilizers is 10-15% and higher. It is shown that the use of trace elements together with complete mineral fertilizer when applied to the soil has an advantage over other methods of their use. Application of micronutrients is uniquely positively affected the yield of crops. This is confirmed by the digital data obtained as a result of field experiments with microfertilizers.

Keywords: soil, nutrition, soil properties, structure, soil regime, trace elements, pre-sowing seed treatment, foliar feeding

Нормальное развитие в процессе вегетации растений сельхозкультур невозможно без микроэлементов. Микроэлементы включены в обмен веществ, участвуют в слож-

нейших процессах синтеза и распада белков, жиров, углеводов, ферментов, витаминов и проч. Микроэлементы вовлечены во все процессы, происходящие в организме рас-

тений, среди которых и процесс фотосинтеза, транспорт ассимилированных веществ, фиксация азота атмосферы, восстановление нитратов. Таким образом, опосредованно через эти процессы оптимальное содержание микроэлементов в почве положительно влияет на урожайность, качественные показатели урожая, на развитие семян и их посевные качества и т.д. [1–3]. Сами растения при этом проявляют большую устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания, атмосферной и почвенной засухе, пониженной и повышенной температуре, поражению различными вредителями и болезнями [3, 4].

Резко обострившемуся в последнее время вопросу, связанному с применением микроудобрений в сельском хозяйственном производстве, способствует целый ряд причин, среди них, по нашему мнению, наиболее важными являются следующие: в ряде регионов Российской Федерации почвы имеют небольшие запасы микроэлементов в доступной для растений форме; невосполнение запасов микроудобрений вместе с внесением удобрений, содержащих макроэлементы (N, P, K); высокий вынос вместе с накапливаемым растениями сухим веществом микроэлементов, особенно в тех случаях, когда в аграрном производстве применяются так называемые высокоинтенсивные сорта культур; применение концентрированных минеральных удобрений (безбалластных) и многие другие [5]. Общеизвестно, что как недостаток, так и избыточное количество микроэлементов в почвенном покрове вызывает ряд заболеваний у возделываемых культур. Научно определено свыше 30 микроэлементов, недостаток или отсутствие которых вызывает заболевания у растений.

Проводимый в последние годы мониторинг обеспеченности почв Российской Федерации микроэлементами ясно показывает потребность в них у большей части земельных угодий [5]. Единственным исключением в этом вопросе является обеспеченность бором – потребность в данном микроэлементе выявляется приблизительно у трети земельных угодий страны. Низкая обеспеченность же, к примеру, цинком, кобальтом и молибденом отмечается практически у 80% угодий страны. Повсеместно фиксируются нарушения и несоблюдения основных элементов ведения системы земледелия, правил ведения севооборотов, строящихся на их основе программ обработок почвы, применения удобрений, средств химической защиты растений,

орошения, семеноводства и резкое падение продуктивности и эффективности в целом земледелия [6].

Цель исследования: выявить особенности эффективного применения микроудобрений под основные сельскохозяйственные культуры. В соответствии с поставленной целью обозначались задачи исследований: выявить среднюю прибавку урожая основных сельскохозяйственных культур от применения микроудобрений; определить степень влияния способов внесения микроудобрений на урожайность культур; установить оптимальные концентрации микроэлементов, применяемых совместно с макроэлементами, обеспечивающие высокий положительный эффект от применения микроудобрений.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в 2016–2018 гг. в условиях учебно-производственного комплекса ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ». Содержание гумуса в пахотном горизонте почвы составляло 3,4%; содержание легкогидролизуемого азота составляло 8,6 мг/100 г почвы. Значение емкости поглощения было на уровне 34,4 мг экв. на 100 г почвы, значение показателя реакции почвенного раствора – нейтральное ($pH = 7,0$). Подвижный фосфор составлял 10,4 мг/100 г почвы (обеспеченность повышенная, по Чирикову), содержание обменного калия высокое, по Чирикову – до 13,5–13,7 мг/100 г почвы. Содержание азота определяли по Конфильду. Анализ механического состава почвы говорит о том, что она тяжелосуглинистая. Гумус определяли по методике И.В. Тюрина, показатели степени насыщенности основаниями, сумм поглощенных оснований, значение pH солевой вытяжки определялись согласно общепринятой методике по Петербургскому и Арикушкиной. Подвижные соединения кобальта определяли по методу Пейве и Ринькиса в модификации ЦИНАО, содержание меди и цинка определяли по методу Ринькиса, содержание в почве бора – по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО, содержание в почве молибдена – по методу Григга в модификации ЦИНАО, содержание марганца – по методу ЦИНАО. Статистическую обработку полученных в результате опытов данных проводили по методу дисперсионного анализа Доспехова. Достоверность различий между средними арифметическими показателями определяли по HCp_{05} .

В процессе проведения исследований были заложены два опыта.

Опыт № 1: Изучение отзывчивости сельскохозяйственных культур на применение различных микроэлементов. Фактор А – с/х культуры: пшеница, ячмень (на зерно); кукуруза (на зерно); кукуруза (на зеленую массу); картофель; сахарная свекла; лен (на солому); горох (на зерно); многолетние травы (на зеленую массу); клевер (на семена). Фактор Б – микроэлементы, содержащиеся в применяемых удобрениях: бор, молибден, цинк, медь, кобальт, марганец.

Опыт № 2: Изучение влияния способов внесения микроудобрений на урожайность культур. Фактор А – с/х культуры: ячмень (на зерно); кукуруза (на зеленую массу); кормовая свекла (на корнеплоды); тимopheвка луговая (на сено). Фактор Б – микроэлементы, содержащиеся в применяемых удобрениях: бор, молибден, цинк, медь, кобальт, марганец. Фактор В – способы внесения микроудобрений: в почву, при предпосевной обработке семян, при внекорневой подкормке.

Количество применяемых удобрений определяли в основном по результатам полевых исследований почвы, с применением балансового метода расчета.

Результаты исследования и их обсуждение

К сожалению, приходится констатировать тот факт, что к нынешнему моменту времени в условиях Кабардино-Балкарской Республики исходя из вышеперечисленных фактов ведение севооборотов, за исключением нескольких, которые сохранились в крупных хозяйствах, отсутствует. Отсутствие ведения севооборотов приводит к печальным последствиям и среди прочего приводит не только к невозможности применения интенсивных технологий, но и к упрощению системы земледелия до недопустимого уровня. Повсеместно агротехника упрощается до вспашки плугами без предплужников (вызывая переуплотнение почвы), боронования в один след, игнорирования боронования и лущения стерни, осенней вспашки, внесения органических удобрений и проч.

Негативные изменения за последние десятилетия произошли и в вопросе применения минеральных и органических удобрений. Отметим, что за указанный период времени эти изменения носили негативный характер не только в количественном смысле, но и в качественном. Вы-

ражаясь языком цифр, в целом минеральных удобрений (пересчитывая на 100% питательных веществ) в 2017 г. внесли порядка 25000 т. Это меньше более чем на 90% удобрений, вносимых в 2010 г. Очевидно, что такое количество применяемых минеральных удобрений явно недостаточно для нормального развития и роста растений, формирования высоких урожаев качественной сельхозпродукции.

Отметим, что применение на подобных почвах микроудобрений однозначно положительным образом отразится на урожайности возделываемых культур [6]. Подтверждением этому служат цифровые данные, полученные нами в результате проведения полевых опытов с микроудобрениями, и данные, предоставленные агрохимической службой, приведенные в табл. 1.

Результаты опытов ясно говорят нам о том, что на фоне применения органических и минеральных удобрений эффективность использования микроудобрений составляет 5–12% и выше. Значения прибавок урожайности к контролю колебались в широкой амплитуде в зависимости от рассматриваемой культуры (0,05–5,07 т/га). Полученные данные свидетельствуют и о том, что прибавка к урожайности определялась также видом применяемого микроэлемента в удобрении.

В мировой земледельческой практике за последнюю четверть века использование микроудобрений получило повсеместное распространение. Однако в нашей стране сельхозпроизводителю рынок химической промышленности может предложить крайне скудный набор микроудобрений, ограничивающийся включенными в состав бором, медью, цинком и марганцем. При этом объемы выпуска и этой группы удобрений не могут удовлетворить все возрастающий спрос на них.

Имеющиеся в распоряжении элементарные расчеты говорят о потребности на внутреннем рынке РФ на данный момент времени не менее чем в 100 тыс. т микроудобрений (в пересчете на элементы). При этом необходимо учитывать специфику использования данной группы удобрений, заключающуюся в том, что применение микроудобрений может быть проведено и во время основной обработки почвы, и при посеве культуры, и вместе с предпосевной обработкой посевного и посадочного материала, и уже как подкормка по вегетирующим растениям [2].

Таблица 1

Результат использования микроудобрений под основные сельскохозяйственные культуры

Посевы:	Средняя урожайность (контроль, без удобрений), т/га	Среднее значение прибавок урожая от применения микроудобрений, т/га						НСР _{0,5}		
		B	Mo	Zn	Cu	Co	Mn	Фактор А	Фактор В	Взаим. факторов АВ
Ячменя (на зерно)	3,3	0,14	0,21	0,25	0,37	0,27	0,19	1,73	1,74	3,01
Кукурузы (на зерно)	7,3	–	0,13	0,52	–	–	0,28	1,73	1,74	3,01
Кукурузы (на зеленую массу)	37,5	5,07	4,92	4,38	5,01	4,00	3,85	20,0	20,0	34,6
Картофеля	23,0	2,01	2,02	2,38	1,27	1,79	2,77	20,0	20,0	34,6
Сахарной свеклы	32,5	3,21	2,27	3,28	1,39	2,96	2,76	20,0	20,0	34,6
Гороха (на зерно)	4,2	0,28	0,27	0,30	0,30	0,27	–	1,73	1,74	3,01
Многолетних трав (на зеленую массу)	28,5	2,54	4,60	1,79	3,20	3,39	2,20	14,3	14,4	24,9
Клевера (на семена)	0,45	0,05	0,05	–	0,04	–	–	0,17	0,25	0,35

Таблица 2

Влияние способов внесения микроудобрений на продуктивность культур

Посевы:	Средняя урожайность (контроль, без удобрений), т/га	Используемые микроэлементы	Значение прибавок урожайности, т/га			НСР _{0,5}		
			Внесено в почву	При предпосевной обработке семян	При внекорневой подкормке	Фактор А	Фактор В	Взаим. факторов АВ
Ячменя (на зерно)	3,3	Cu	0,30	0,22	0,16	1,42	2,17	3,76
		Zn	0,41	0,28	0,18	1,42	2,17	3,76
		Co	0,12	0,09	0,02	1,42	2,17	3,76
Кукурузы (на зеленую массу)	37,5	Mn	3,49	2,30	1,37	6,65	8,8	17,6
		Mo	3,50	2,28	1,61	6,65	8,8	17,6
		Zn	4,50	2,66	1,70	6,65	8,8	17,6
Сахарной свеклы	32,5	Mn	4,69	4,05	3,35	6,65	8,8	17,6
		B	5,86	3,48	2,74	6,65	8,8	17,6
		Zn	5,64	4,95	3,40	6,65	8,8	17,6
Многолетних трав (на зеленую массу)	28,5	Co	0,40	0,33	0,23	8,17	1,25	1,35
		Mo	0,39	0,32	0,22	8,17	1,25	1,35
		Cu	0,64	0,46	0,33	8,17	1,25	1,35

При этом внесение азотно-фосфорно-калийных, а также сложных минеральных удобрений с добавлением микроэлементов нужно использовать в качестве основного способа применения микроудобрений [5]. Отметим, что подобные удобрения не вызовут сильного удорожания производства удобрений, так как для производства добавок, содержащих микроэлементы, можно использовать различные отходы промышленности. Такие удобрения технологичны

в применении, создают условия для полноценного и равномерного питания растений.

Табл. 2 раскрывает влияние различных способов внесения микроудобрений на прибавку урожайности некоторых культур в опыте.

Табличные данные явно говорят о том, что способ внесения микроудобрений оказывает влияние на формирующуюся прибавку урожая. По всем культурам в наших опытах максимальная прибавка урожайности

сти регистрировалась по варианту с внесением микроудобрений в почву. При этом вариант с внекорневыми подкормками микроудобрениями однозначно показал меньший эффект, выразившийся самыми низкими прибавками урожайности.

Использование микроудобрений с целью проведения предпосевных обработок семенного материала, различных внекорневых подкормок, а также при выращивании растений в защищенном грунте, требует налаживания производства микроэлементов в форме растворимых солей, борной кислоты и комплексных водорастворимых микроудобрений.

Кроме того, на данном этапе развития современного сельского хозяйства с целью решения проблемы, связанной с дефицитом микроудобрений, важнейшее значение приобретает налаживание выпуска микроудобрений, основывающегося на переработке отходов промышленности. Одним из примеров подобного решения вопроса может служить использование новой формы микроудобрений МиБАС [1]. Это микроудобрение находит широкое применение в сельхозпроизводстве, обеспечивая прибавку к урожаю зерновых до 0,25–0,35 т/га и выше.

Выводы

Таким образом, на основании проводящихся в условиях Кабардино-Балкарского ГАУ исследований по оценке эффективности применения ряда микроудобрений, среди которых так называемые удобрения длительного действия (УДД), содержащие микроэлементы, можно сделать следующие выводы. Все исследования по эффективности применения препаратов, содержащих микроэлементы, в сельскохозийственном производстве являются перспективными. Применение микроудобрений в условиях наблюдающегося оскуднения почв обеспечивает рост урожайности всех испытываемых культур. Значения прибавок к урожайности колебались в широкой амплитуде в зависимости от рассматриваемой культуры и вида применяемого микроэлемента в удобрении (0,05–5,07 т/га). Лучше всего на применение микроэлементов отреагировали такие культуры, как ячмень, кукуруза, картофель и многолетние травы. Внесение микроудобрений в почву (при рассмотре-

нии различных способов их применения) в наших опытах отражалось максимальной прибавкой урожайности.

Также проводятся исследования по возможности расширения ассортимента используемых микроудобрений путем включения в состав таких нетрадиционных микроэлементов, как йод, селен, хром и другие. Подобное решение вопроса состава микроудобрений дает возможность решения важной агроэкологической проблемы наших дней – производства сельскохозяйственных продуктов и кормов, являющихся сбалансированными по своему элементному составу.

Список литературы / References

1. Ханиева И.М., Шибзухов З.С., Кишев А.Ю., Газева Р.А., Жеруков Т.Б. Изменения показателей качества зерна яровой пшеницы в зависимости от применения макроудобрений // Международные научные исследования. 2017. № 3 (32). С. 316–319.
2. Ханиева И.М., Шибзухов З.С., Кишев А.Ю., Газева Р.А., Жеруков Т.Б. Changes in the quality indicators of spring wheat grain depending on the use of macro-fertilizers // International Scientific Research. 2017. № 3 (32). P. 316–319 (in Russian).
3. Ханиева И.М., Кишев А.Ю., Жеруков Т.Б., Мамаев К.Б. Способы и приемы повышения почвенного плодородия // Уральский научный вестник. 2017. Т. 10. № 3. С. 042–044.
4. Ханиева И.М., Кишев А.Ю., Жеруков Т.Б., Мамаев К.Б. Methods and techniques for increasing soil fertility // Ural scientific bulletin. 2017. Vol. 10. № 3. P. 042–044 (in Russian).
5. Ханиева И.М., Бозиев А.Л. Влияние микроэлементов и инокуляции семян на продуктивность посевов гороха // Зерновое хозяйство. 2005. № 8. С. 21–22.
6. Ханиева И.М., Босиев А.Л. Influence of microelements and inoculation of seeds on the productivity of pea crops // Zernovoe khozyajstvo. 2005. № 8. P. 21–22 (in Russian).
7. Ханиева И.М., Карданова М.М., Назаров А.М., Адамоков Р.М. Выращивание льна масличного в Кабардино-Балкарской Республике // В сборнике: Trends of modern science – 2014 Materials of XI International scientific and practical conference. Editor Michael Wilson. 2014. С. 82–85.
8. Ханиева И.М., Карданова М.М., Назаров А.М., Адамоков Р.М. Cultivation of oil flax in Kabardino-Balkar Republic // In compilation: Trends of modern science – 2014 Materials of XI International scientific and practical conference. Editor Michael Wilson. 2014. P. 82–85 (in Russian).
9. Ханиева И.М., Бозиев А.Л. Эффективность микро- и макроудобрений при выращивании гороха // Агрохимический вестник. 2005. № 5. С. 022–023.
10. Ханиева И.М., Босиев А.Л. Efficiency of micro- and macrofertilizers at cultivation of peas // Agroximicheskij vestnik. 2005. № 5. С. 022–023 (in Russian).
11. Гайсин И.А., Сагитова Р.Н., Хабибуллин Р.Р. Микроудобрения в современном земледелии // Агрохимический вестник. 2010. № 4. С. 13–15.
12. Gaisin I.A., Sagitova R.N., Habibullin R.R. Microfertilizers at modern agriculture // Agroximicheskij vestnik. 2010. № 4. P. 13–15 (in Russian).