

УДК 631.6

DOI 10.48612/vch/b73h-uxhx-e6h3

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ УНПЦ «СТУДЕНЧЕСКИЙ» ЧУВАШСКОГО ГАУ**С. Г. Артамонов¹⁾, А. Е. Макушев²⁾, А. П. Коршунов³⁾, О. А. Васильев²⁾, С. В. Лисицын³⁾**¹⁾Министерство сельского хозяйства Чувашской Республики
428004, г. Чебоксары, Российская Федерация²⁾Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация³⁾Центр агрохимической службы «Чувашский»
429911, Цивильский район, п. Опытный, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по восполнению дефицита важнейших микроэлементов в почве при помощи некорневой подкормки 0,02 и 0,04% водными растворами. В опытах использовались растворы сульфатов меди ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), цинка ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), бора (H_3BO_3), кобальта ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), марганца ($\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), молибдата аммония ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), а также и смеси всех микроудобрений, взятых по 0,05 г каждого с общей концентрацией раствора 0,30%. Дополнительно половина каждой делянки подкармливалась методом некорневой подкормки 2% водным раствором мочевины. Расход растворов микроудобрений на некорневую подкормку – 1 л на 40 м², что в перерасчете на единицу площади составляет 250 л/га; мочевины – 1 л на 20 м², или 500 л/га (10 кг физического веса мочевины на га). Закладка опытов производилась в фазу цветения ячменя Биос-1. Площадь одной повторности – 20 м². Каждый вариант исследовался в трехкратной повторности. Максимальная прибавка урожая зерна ячменя в опытах по сравнению с контрольным вариантом получена в вариантах с некорневой подкормкой сульфатом марганца с концентрацией раствора 0,04%, произведенная совместно с раствором мочевины (прибавка урожайности составила 1,22 т/га; при подкормке 0,02% раствором прибавка 1,22 т/га, а раствором 0,02% (1,04 т/га). Подкормка раствором сульфата марганца без мочевины концентрацией 0,02 и 0,04% вызвала существенную прибавку урожайности соответственно 0,27 и 0,35 т/га. Опрыскивание посевов ячменя только раствором мочевины принесло существенную прибавку урожайности зерна, по сравнению с контрольным вариантом – 0,17 т/га. Аналогичная закономерность прослеживается и в остальных вариантах опыта. Результаты проведенных исследований показали, что некорневая подкормка сельскохозяйственных культур микроудобрениями в сочетании с азотом может резко повысить урожайность продукции растениеводства на необеспеченных соответствующими микроэлементами почвах.

Ключевые слова: агрохимические свойства, гумусовый горизонт, микроэлементы, микроудобрения, светло-серая лесная почва, урожайность, ячмень.

Введение. Почвенный покров Земли обладает ценнейшим качеством – плодородием, что отличает его от горных пород, выступающих на ее поверхность. С самого начала развития земледелия в основе первых почвенных классификаций лежала способность почв производить урожай сельскохозяйственных культур; поэтому почвы делились на очень плодородные, плодородные, малоплодородные и т.д. Плодородие почв является динамичной величиной, зависящей от баланса гумуса и элементов питания растений. В настоящее время использование земель сельскохозяйственного назначения в производстве продукции растениеводства связано с высоким уровнем аграрных технологий и применения удобрений, воспроизводящих их плодородие, что обеспечивает хорошие темпы развития АПК России и Чувашской Республики [8], [9].

В связи с широким применением минеральных удобрений, плодородие почв тесно связано и с другим важнейшим его свойством – качеством растениеводческой продукции. Качество полученного урожая – это его питательные свойства, которые подразумевают в себе содержание в нем белка, крахмала, углеводов, сухого вещества, жиров, химических элементов; оно во многом зависит от агрохимического состава почвы, содержанием в ней подвижных форм макроэлементов (азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера) и микроэлементов, содержание которых в растениях составляет менее 0,001% (бор, медь, цинк, кобальт, литий, молибден, марганец, железо и др.), и ультрамикроэлементов, содержание которых в живой клетке менее 0,000001 % (бериллий, бром, золото, йод, платина, ртуть, селен, серебро, фтор, цезий и др.). Микро- и ультрамикроэлементы входят в состав витаминов и гормонов, тем самым выполняя важную физиологическую и биохимическую роль в жизни растений, животных и человека. Чем разнообразнее агрохимический состав почвы, тем выше качество урожая.

Поэтому при одной и той же урожайности на однотипных почвах, но расположенных в географически разных районах, качество растениеводческой продукции может резко различаться. Учеными выявлена тесная связь между содержанием микроэлементов в почве, урожайностью, его качеством и здоровьем сельскохозяйственных животных и человека [10].

Недостаток микро- и ультрамикроэлементов в организме растений, животных и человека, как и избыток, приводит к нарушениям обмена веществ и физиологическим заболеваниям – микроэлементозам. Микроэлементозы в ослабленной форме проявляются в виде ослабленного иммунитета, упадка сил и др.

По физиологическим функциям в организме необходимые химические элементы делятся на следующие основные группы: структурные (бор, цинк) – задействованные в конструировании молекул белков, липидов,

углеводов, нуклеиновых кислот или придающие им механическую прочность; каталитические (марганец, кобальт, медь) – участвующие в ферментативных реакциях растительного организма.

Микроэлементы являются активными центрами ферментов, улучшающими обмен веществ в растительных и животных организмах. Поэтому проблема снабжения растений микроэлементами имеет общебиологическое значение.

Основной источник микроэлементов в почвах – почвообразующие породы. Почвы, образовавшиеся на элювии кислых магматических пород (граниты, липариты) бедны цинком, медью, кобальтом, никелем, а на элювии основных и ультраосновных пород (базальты, габбро, перидотиты) – обогащены ими. В связи с различным содержанием микроэлементов в почвах территория России и мира разделены на биогеохимические провинции – крупные участки земной поверхности, отличающиеся от соседних участков концентрацией в среде (почвах, водах, воздухе) одного или нескольких микроэлементов (или макроэлементов). В пределах этих провинций вследствие избытка или недостатка каких-либо микроэлементов могут появляться массовые нарушения обмена веществ у растений, животных и человека, с которыми связаны специфические заболевания – биогеохимические эндемии.

Даже на небольшой по площади Чувашской Республике выделяются две биогеохимические провинции – таежная лесная нечерноземная в Присурье с низким содержанием подвижных микроэлементов в почве и водах, и лесостепная и степная черноземные на остальной части республики со средним содержанием микроэлементов. Однако в условиях волнистого рельефа и широкого развития водно-эрозионных процессов содержание подвижной формы микроэлементов в почвах может значительно снижаться. На подвижность макро- и микроэлементов в почвах также сильно влияет и ее кислотность. В кислых почвах одни микроэлементы (медь, цинк, бор, кобальт, марганец и др.) увеличивают свою подвижность и могут вымываться из почвы, обедняя ее, а другие, например, молибден, резко уменьшают подвижность и становятся недоступными сельскохозяйственным культурам. Только в почвах, с реакцией близкой к нейтральной (pH_{KCl} 5,51-6,50), сохраняется достаточная подвижность всего спектра микроэлементов; поэтому известкование кислых почв является также и приемом, обеспечивающим доступность их сельскохозяйственным культурам [4], [5]. Результаты исследований, проведенных на территории УНПК «Студенческий», показали, что в серых лесных почвах запасы гумуса и влаги положительно и тесно коррелируют с содержанием подвижных меди и цинка в пахотном слое и зерне полученного урожая (коэффициенты корреляции соответственно $r=0,81$ и $0,82$). По-видимому, данный эффект связан как с положительным влиянием гумуса на агрохимические, биологические и физические свойства почвы, так и с концепцией о трофической функции гумусовых веществ [11], [12].

Вынос микроэлементов из почвы урожаем сельскохозяйственных культур невысокий и зависит от вида и урожайности сельскохозяйственных культур: медь ежегодно выносится в среднем – 30-150 г/га, цинк – 100-500 г/га, бор – 200-800 г/га, кобальт – 1-6 г/га, молибден – 1-2 г/га, марганец – 150-400 г/га. Привнос микроэлементов в гумусовый горизонт почвы осуществляется в основном растениями с глубокой корневой системой, извлекающих их из почвообразующей породы и выносящих в стебли и листья. После отмирания и гумификации микроэлементы частично восполняют сложившийся отрицательный баланс. Кроме того, незначительное количество микроэлементов содержится в известковых материалах, минеральных (фосфорных, селитряных и сульфатных) и органических удобрениях. В целом из почвы с урожаем выносится больше микроэлементов, чем обычно привносится.

Вышесказанное свидетельствует, что знания о содержании и подвижности микроэлементов в почвах являются актуальными не только в земледелии, но и в животноводстве, и медицине.

Цель исследований – изучить содержание микроэлементов в серых лесных почвах северной сельскохозяйственной зоны Чувашской Республики и влияние подкормок ими на урожайность ячменя Биос-1.

Материалы и методы исследования. Изучение содержания микроэлементов в пахотном слое светло-серой лесной почвы проводилось на территории УНПК «Студенческий» Чувашского государственного аграрного университета. Строение профиля светло-серой лесной тяжелосуглинистой почвы следующее: мощность пахотного слоя (А_п) составляет 29-30 см, подпахотного переходного горизонта (А₂В) – 9-10 см, иллювиального (В₁) – 10-11 см, (В₂) – 42 см, (В₃) – 58 см. Почвообразующая порода – лессовидный тяжелый суглинок (С) залегает на глубине 167-170 см.

Почва относительно обеспечена подвижным фосфором по Кирсанову (150 мг/кг) и обменным калием (145 мг/кг). Перед предпосадочной обработкой почвы была внесена нитроаммофоска в норме 100 кг/га.

Опыты с некорневой подкормкой микроэлементами ячменя Биос-1 закладывались на производственных площадях УНПК «Студенческий» 8-9 июля 2009 года в фазу цветения в вечерние (после 18 часов) и утренние (с 5 до 9) часы. В опытах использовались водные 0,02% (далее – растворы 1) и 0,04% (далее – 2) растворы сульфатов меди ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), цинка ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), бора (H_3BO_3), кобальта ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$), марганца ($MnSO_4 \cdot 7H_2O$), а также молибдата аммония ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$). В каждом варианте опыта использовался водный раствор только одного микроудобрения объемом 1 л. Кроме того, был добавлен вариант с использованием водного раствора смеси микроудобрений, взятых в равных массовых долях по 0,05 г и общей концентрацией 0,30% (далее – «Комплекс»).

Расход раствора микроудобрений на некорневую подкормку – 1 л на 40 м², что в перерасчете на единицу площади составляет 250 л/га; мочевины – 1 л на 20 м², или 500 л/га (10 кг физического веса мочевины на га).

Растворы микроудобрений готовились непосредственно перед использованием из заранее приготовленных навесок и вносились ручным опрыскивателем, который после каждого использования промывался дистиллированной водой и только потом применялся для опрыскивания следующего варианта.

В контрольном варианте использовалась дистиллированная вода. Площадь каждой делянки составляла 40 м². Далее использовался метод «расщепленных делянок»: половина площади каждой делянки подкармливалась 2% водным раствором мочевины (далее – М), что равнозначно внесению 4,6 кг/га азота в действующем веществе. В итоге учетная площадь одной делянки составляла 20 м²; все варианты закладывались в трехкратной повторности.

Почвенные пробы отбирались из пахотного слоя согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 (Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа). Агрохимические исследования проводились в почвенно-агрохимической лаборатории Федерального бюджетного учреждения «Государственный центр агрохимической службы «Чувашский».

Содержание гумуса в почвенных пробах определялось по методу Тюрина (ГОСТ 262130-91), подвижного фосфора и обменного калия – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011), обменной кислотности – ионометрически (ГОСТ 26483-85).

Лабораторные анализы почвенных проб на содержание подвижных форм бора производились по методу Бергера, кобальта и меди – по Пейве и Ринькису, марганца и цинка – по методу Крупского и Александровой. Содержание валовых форм микроэлементов (тяжелых металлов) определялось согласно методическим указаниям по ГОСТ 18826-73.

Климатические условия вегетационного периода: месяцы май и июнь были достаточно обеспечены влагой, а июль и август – засушливыми и жаркими.

Результаты исследований и их обсуждение. Содержание микроэлементов в почвах Чувашии возрастает с утяжелением гранулометрического состава и увеличением содержания гумуса. По результатам проведенных исследований в светло-серой лесной почве поля № 1 севооборота 1 содержание гумуса в пахотном слое составляет 2,29%, подвижной меди – 2,8 мг/кг (среднее по агрохимической оценочной шкале), цинка – 2,3 мг/кг (среднее), кобальта – 1,6 мг/кг (низкое), бора – 0,27 мг/кг (низкое), марганца – 6,0 мг/кг (низкое) (табл. 1).

Таблица 1 – Среднее содержание подвижных микроэлементов в гумусовом горизонте светло-серой лесной почвы УНПЦ «Студенческий», мг/кг

Горизонты и глубина отбора	Медь	Цинк	Кобальт	Марганец	Бор
Ап, 0-30 см	2,9	2,3	1,6	6,0	0,7
А ₂ В, 30-39 см	2,2	1,7	1,0	4,8	0,6

Как видно из данных таблицы, в исследуемой почве высокая степень обеспеченности медью и цинком, средняя – бором, и очень низкая – кобальтом и марганцем, что показывают и многочисленные исследования [2], [3], [5], [6], [7].

Исходя из полученных данных, можно предположить, что использование микроудобрений, содержащих бор, кобальт и марганец могут положительно повлиять на урожайность ячменя. При некорневой подкормке 0,02% раствором микроудобрений вносится на поле каждого микроэлемента: меди – 12,7 г/га, цинка – 11,4 г/га, кобальта – 10,5 г/га, молибдена – 3,9 г/га, марганца – 9,9 г/га. Вместе с молибдатом аммония растения ячменя подкармливаются и азотом, входящим в его состав, в количестве 3,4 г/га. Кроме того, сульфаты микроэлементов содержат и серу в количестве от 11,1 до 12,8%.

В расчете на элементарную серу, ее вносится с медным купоросом 6,4 г/га, с сульфатом цинка – 5,6 г/га, с сульфатом кобальта – 5,7 г/га, с сульфатом марганца – 5,8 г/га, что почти вдвое ниже выноса серы с урожаем ячменя.

Как видно, внесение кобальта и молибдена в опыте почти вдвое превышает ежегодный вынос их с урожаем.

При подкормке 0,04% раствором химических элементов вносится вдвое больше: меди – 25,4 г/га, цинка – 22,8 г/га, кобальта – 21,0 г/га, молибдена – 7,8 г/га и марганца – 19,8 г/га.

Уборка ячменя производилась в середине августа; при этом предварительно с площади 1 м² со всех делянок были отобраны снопы растений ячменя.

Результаты снопового анализа ячменя и пересчета полученных данных на биологическую урожайность (т/га) показано в табл. 2.

Из данных таблицы 2 следует, что максимальная прибавка урожая зерна ячменя по сравнению с контрольным вариантом получена в вариантах с некорневой подкормкой сульфатом марганца с концентрацией раствора 0,04% вместе с раствором мочевины (прибавка 1,22 т/га) 0,02% (1,04 т/га).

Подкормка только раствором сульфата марганца концентрацией 0,02 и 0,04% вызвала существенную прибавку урожайности соответственно 0,27 и 0,35 т/га. Опрыскивание посевов ячменя только раствором мочевины принесло существенную прибавку урожайности зерна, по сравнению с контрольным вариантом – 0,17 т/га. Таким образом, именно совместное действие сульфата марганца и мочевины на растения резко повышает интенсивность физиологических процессов в растении ячменя, и приобретает «кумулятивный» эффект в формировании урожая.

Таблица 2 – Влияние некорневой подкормки микроудобрениями на урожайность ячменя

№ вар.	Вариант	Масса снопа, г	Масса зерен, г	Биологическая урожайность, т/га	Превышение над контрольным вариантом, т/га
1	Контроль	467	236	2,36	-
2	Контроль+Мочевина (М)	523	253	2,53	0,17
3	Медный купорос(1)	492	248	2,48	0,12
4	Медный купорос (2)	498	250	2,50	0,14
5	Медный купорос (1) + М*	534	293	2,93	0,57
6	Медный купорос (2) + М*	549	299	2,99	0,63
7	Сульфат цинка(1)	496	260	2,60	0,24
8	Сульфат цинка(2)	505	264	2,64	0,28
9	Сульфат цинка(1) +М	520	313	3,13	0,77
10	Сульфат цинка(2) +М	528	317	3,17	0,81
11	Борная кислота(1)	473	262	2,62	0,26
12	Борная кислота(2)	476	268	2,68	0,32
13	Борная кислота(1)+ М	524	306	3,06	0,70
14	Борная кислота(2)+ М	541	321	3,21	0,85
15	Сульфат кобальта (1)	468	240	2,40	0,04
16	Сульфат кобальта (2)	470	241	2,41	0,05
17	Сульфат кобальта (1) + М	500	283	2,83	0,47
18	Сульфат кобальта (2) + М	516	294	2,94	0,58
19	Молибдат аммония (1)	475	240	2,40	0,04
20	Молибдат аммония (2)	477	241	2,41	0,05
21	Молибдат аммония (1) +М	534	296	2,96	0,60
22	Молибдат аммония (2) +М	539	299	2,99	0,63
23	Сульфат марганца(1)	500	262	2,62	0,27
24	Сульфат марганца(2)	556	300	3,00	0,35
25	Сульфат марганца(1) + М	592	340	3,40	1,04
26	Сульфат марганца(2) + М	624	358	3,58	1,22
27	Комплекс	550	280	2,80	0,44
28	Комплекс + М	566	326	3,26	0,90
	НСР ₀₅				0,06

На втором месте по урожайности ячменя находится вариант «Смесь микроудобрений в сочетании с мочевиной». В данном варианте прибавка урожая оказалась равной 0,90 т/га по сравнению с контрольным вариантом. Данная прибавка оказалась ниже, чем в вариантах с использованием сульфата марганца, так как концентрация каждого микроэлемента, находящегося в минимуме по агрохимическим анализам почвы (марганца, бора и кобальта), в смеси микроудобрений была в четыре и восемь раз ниже, чем при раздельном их внесении.

Третье место по урожайности зерна ячменя находится в варианте с внесением 0,04% раствора борной кислоты совместно с раствором мочевины, с прибавкой урожая 0,85 т/га. С учетом того, что прибавка урожайности в вариантах с использованием только растворов борной кислоты (0,02 и 0,04%) оказалась равной 0,26 и 0,32 т/га соответственно, то также прослеживается более слабый «кумулятивный» эффект при совместном использовании бора и азота.

Аналогичный эффект приносят и варианты с применением растворов сульфатов меди, цинка и мочевины, но в еще более слабой степени.

Подкормки ячменя растворами сульфата кобальта и молибдата аммония выявили несущественную прибавку урожайности; однако при использовании их совместно с мочевиной также показали хороший результат – прибавка была существенной – 0,47 и 0,58 т/га, и 0,0 и 0,63 т/га соответственно. Вновь фиксируется наблюдаемый выше «кумулятивный» эффект – совместное использование удобрений приносит результат намного выше, чем каждого по отдельности.

Использование раствора, содержащего смесь микроэлементов (вариант «Комплекс»), оказалось наиболее эффективным в опытах (прибавка урожайности без дополнительного внесения мочевины максимальная – 0,44 т/га). При дополнительной подкормке мочевиной урожайность зерна повысилась более чем вдвое.

Резкое повышение эффективности применения микроудобрений совместно с мочевиной может быть связано с тем, в серых лесных почвах на первом месте среди лимитирующих урожайность сельскохозяйственных культур элементов находится азот. При некорневой подкормке коэффициент поглощения элементов питания растениями приближается к единице, в то время как при корневой подкормке он, как правило, менее 0,5. Поэтому внесение азота методом некорневой подкормки в очень небольших дозах

(4,6 кг д. в./га) резко повышает урожайность зерна ячменя. А применение только микроудобрений дает сравнительно слабый эффект в прибавке урожая из-за острого дефицита азота в питании ячменя.

Результаты исследования качества урожая (соломы и зерна) ячменя на содержание тяжелых металлов выявили, что содержание микроэлементов повысилось, но в пределах ПДК.

При недостатке микроэлементов в почве необходимо пополнять их запасы, внося с минеральными и органическими удобрениями. Особенно сильно это касается огородников и дачников, выращивающих овощи и картофель для личного питания, и стремящихся получить экологически чистый и полноценный урожай, который обеспечивал бы человека необходимыми макро- и микроэлементами. Для этого им, как показывают результаты исследований ряда авторов, необходимо формировать культурные «огородные» почвы путем регулярного использования органических удобрений [1], [6], [7], [12].

Выводы. Эффективным дополнительным приемом по улучшению питания растений микроэлементами являются внекорневые подкормки, что подтверждается и более ранними исследованиями [2], [3], [4]. В этом случае растения могут усваивать недостающие микроэлементы через листья с максимальным коэффициентом поглощения. Как показали проведенные исследования, при некорневой подкормке сельскохозяйственных зерновых культур оптимальной концентрацией растворов микроудобрений на светло-серой лесной почве можно считать 0,04% концентрацию (0,4 г соли на 1 л воды).

Результаты проведенных исследований показали, что некорневая подкормка сельскохозяйственных культур микроудобрениями в сочетании с азотом может резко повысить урожайность продукции растениеводства на необеспеченных соответствующими микроэлементами почвах.

При выполнении работ, связанных с подкормками растений микроэлементами, следует помнить, что избыток микроэлементов также вреден для растений (и потребителя продуктов – человека), как и их недостаток. Только точные знания содержания микроэлементов в почвах полей севооборотов, земельного участка или огорода и в полученной продукции, могут гарантировать экологически чистый и полноценный урожай, обеспечивающий потребителю здоровье и долголетие.

Литература

1. Андреева, О. Е. Эффективность удобрений в звене севооборота на светло-серых лесных почвах / О. Е. Андреева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4(27). – С. 7-12.
2. Васильев, О. А. Влияние некорневой подкормки микроэлементами на урожайность ячменя в серых лесных почвах Чувашии / Васильев О. А., Смирнова А. Н. // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства : Мосоловские чтения : материалы международной научно-практической конференции. – Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2010. – Вып. XII. – 263 с.
3. Васильев, О. А. Эффективность некорневой подкормки микроэлементами на урожайности и качестве зерна яровой пшеницы на серых лесных почвах Чувашии / О. А. Васильев, А. Н. Смирнова // Вестник Башкирского аграрного университета. – 2015. – № 1. – С. 11-16.
4. Елисеев, И. П. Нетрадиционные органические удобрения, их использование на серых лесных почвах Чувашии как элемент ресурсосбережения в земледелии / И. П. Елисеев, Л. В. Елисеева, Л. Г. Шашкаров // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2018. – № 1(50). – С. 23-29.
5. Ильина, Т. А. Влияние технологий обработки на запасы влаги в серой лесной почве Чувашии / Т. А. Ильина, А. Н. Ильин, О. А. Васильев // Вестник Казанского аграрного университета. – 2017. – № 4(46). – С. 8-11.
6. Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – Москва : ВО «Агропромиздат», 1990. – 288 с.
7. Региональное развитие АПК России - итоги 2019 года (на примере Чувашской Республики) / Е. А. Иванов, А. Е. Макушев, С. П. Яковлев, Т. Ю. Серебрякова // Вестник Российского университета кооперации. – 2020. – № 2(40). – С. 42-51. – EDN JLMHRI.
8. Смирнова, А. Н. Влияние микроэлементов на урожайность яровой пшеницы в типично-серой лесной почве Чувашии // А. Н. Смирнова, О. А. Васильев // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 23-25.
9. Смирнова, А. Н. Содержание микроэлементов в серых лесных почвах Чувашской Республики / А. Н. Смирнова, О. А. Васильев // Вестник Башкирского аграрного университета. – 2012. – №3. – С. 11-13.
10. Чуков, С. Н. Биосферные функции и структура гуминовых веществ : доклады Международного экологического форума «Сохраним планету Земля» / С. Н. Чуков. – Санкт-Петербург, 2004.
11. Eliseev I.P. Optimization of plant nutrition using non-traditional organic fertilizers and zeolite-containing tripoli / I P Eliseev1, L G Shashkarov1, O A Vasiliev1, L V Eliseeva1 and E L Mitrofanov2 Published under licence by IOP Publishing Ltd / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 433, International AgroScience Conference (AgroScience-2019) 1–2 June 2019, Cheboksary, Russia Citation I P Eliseev et al 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 433 012017. DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012017.
12. Evaluating the digitalization potential of agro-industrial sector of Russia / O. Afanaseva, E. Ivanov, V. Elmov, A. Makushev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 16 апреля 2021 года. – Cheboksary, 2021. – P. 012036. – DOI 10.1088/1755-1315/935/1/012036. – EDN EDDXEJ.

Сведения об авторах

1. **Артамонов Сергей Геннадьевич**, министр сельского хозяйства Чувашской Республики, 428004, Чебоксары, Президентский бульвар, д. 17, Чувашская Республика, Россия; тел. +7 8352 56-54-35 (приемная);

2. **Макушев Андрей Евгеньевич**, кандидат экономических наук, ректор, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чебоксары, ул. Карла Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; тел. +7 8352 62-21-55;

3. **Коришунов Александр Петрович**, кандидат сельскохозяйственных наук, директор, Центр агрохимической службы «Чувашский», 429911, Чувашская Республика, Цивильский район, п. Опытный, ул. Центральная, д. 1, Россия; Телефон; e-mail: agrohimi_21@mail.ru; тел. +7-927-667-96-96;

4. **Васильев Олег Александрович**, доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства, кадастров и экологии, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, Чувашская Республика, Россия; e-mail: vasiloleg@mail.ru; тел. (8352) 62-06-19, +7-905-19-777-81;

5. **Лисицын Сергей Валерьевич**, заместитель директора, Центр агрохимической службы «Чувашский», 429911, Чувашская Республика, Цивильский район, п. Опытный, ул. Центральная, д. 1, Россия; e-mail: agrohimi_21@mail.ru; тел. +7-927-996-02-99.

**INFLUENCE OF MICROFERTILIZERS ON THE YIELD OF BARLEY IN LIGHT GRAY FOREST SOIL
ESPC «STUDENTSKY» OF CHUVASH SAU**

S. G. Artamonov¹, A. E. Makushev², A. P. Korshunov³, O. A. Vasilyev², S. V. Lisitsyn³

¹Ministry of Agriculture of the Chuvash Republic
428004, Cheboksary, Russian Federation

²Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

³Center of agrochemical service « Chuvashsky»
429911, Tsivilsky district, Opytny settlement, Russian Federation

Abstract. The article presents the results of studies on replenishing the deficiency of essential microelements in the soil using foliar feeding with 0.02 and 0.04% aqueous solutions. The experiments used solutions of copper sulfates ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), boron (H_3BO_3), cobalt ($\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), manganese ($\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), and also mixtures of all microfertilizers, taken 0.05 g each, with a total solution concentration of 0.30%. Additionally, half of each plot was fed by foliar feeding with a 2% aqueous urea solution. The consumption of microfertilizer solutions for foliar feeding is 1 liter per 40 m², which in terms of unit area is 250 l/ha; urea – 1 liter per 20 m², or 500 l/ha (10 kg of physical weight of urea per hectare). The experiments were started during the flowering phase of Bios-1 barley. The area of one repetition is 20 m². Each variant was studied in triplicate. The maximum increase in barley grain yield in the experiments, compared to the control option, was obtained in options with foliar fertilizing with manganese sulfate with a solution concentration of 0.04%, produced together with a urea solution (the increase in yield was 1.22 t/ha; with fertilizing 0.02% solution increased 1.22 t/ha, and 0.02% solution (1.04 t/ha). Feeding with a solution of manganese sulfate without urea, concentration 0.02 and 0.04% caused a significant increase in yield, respectively 0.27 and 0.35 t/ha. Spraying barley crops with only a urea solution brought a significant increase in grain yield, compared with the control option – 0.17 t/ha. A similar pattern can be seen in other variants of the experiment. The results of the studies showed that foliar fertilizing crops with microfertilizers, in combination with nitrogen, can dramatically increase the yield of crop products on soils not provided with appropriate microelements.

Keywords: agrochemical properties, humus horizon, microelements, microfertilizers, light gray forest soil, productivity, barley.

References

1. Andreeva, O. E. Effektivnost' udobrenij v zvene sevooborota na svetlo-seryh lesnyh pochvah / O. E. Andreeva // Vestnik Chuvashskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2023. – № 4(27). – S. 7-12.
2. Vasil'ev, O. A. Vliyanie nekornevoj podkormki mikroelementami na urozhajnost' yachmenya v seryh lesnyh pochvah Chuvashii / Vasil'ev O. A., Smirnova A. N. // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo hozyajstva : Mosolovskie chteniya : materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Yoshkar-Ola : Mar. gos. un-t, 2010. – Vyp. XII. – 263 s.
3. Vasil'ev, O. A. Effektivnost' nekornevoj podkormki mikroelementami na urozhajnosti i kachestve zerna yarovoj pshenicy na seryh lesnyh pochvah Chuvashii / O. A. Vasil'ev, A. N. Smirnova // Vestnik Bashkirskogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 1. – S. 11-16.
4. Eliseev, I. P. Netradicionnye organicheskie udobreniya, ih ispol'zovanie na seryh lesnyh pochvah Chuvashii kak element resursoberezheniya v zemledelii / I. P. Eliseev, L. V. Eliseeva, L. G. Shashkarov // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova. – 2018. – № 1(50). – S. 23-29.
5. Il'ina, T. A. Vliyanie tekhnologij obrabotki na zapasy vlagi v seroj lesnoj pochve Chuvashii / T. A. Il'ina, A. N. Il'in, O. A. Vasil'ev // Vestnik Kazanskogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 4(46). – S. 8-11.

6. Mineev, V. G. Himizaciya zemledeliya i prirodnyaya sreda / V. G. Mineev. – Moskva : VO «Agropromizdat», 1990. – 288 s.
7. Regional'noe razvitie APK Rossii - itogi 2019 goda (na primere Chuvashskoj Respubliki) / E. A. Ivanov, A. E. Makushev, S. P. Yakovlev, T. Yu. Serebryakova // Vestnik Rossijskogo universiteta kooperacii. – 2020. – № 2(40). – S. 42-51. – EDN JLMHRI.
8. Smirnova, A. N. Vliyanie mikroelementov na urozhajnost' yarovoj pshenicy v tipichno-seroj lesnoj pochve Chuvashii // A. N. Smirnova, O. A. Vasil'ev // Agrohimicheskij vestnik. – 2013. – № 2. – S. 23-25.
9. Smirnova, A. N. Soderzhanie mikroelementov v seryh lesnyh pochvah Chuvashskoj Respubliki / A. N. Smirnova, O. A. Vasil'ev // Vestnik Bashkirskogo agrarnogo universiteta. – 2012. – №3. – S. 11-13.
10. Chukov, S. N. Biosfernye funkcii i struktura guminovyh veshchestv : doklady Mezhdunarodnogo ekologicheskogo foruma «Sohranim planetu Zemlya» / S. N. Chukov,. – Sankt-Peterburg, 2004.
11. Eliseev I.P. Optimization of plant nutrition using non-traditional organic fertilizers and zeolite-containing tripoli / I P Eliseev1, L G Shashkarov1, O A Vasiliev1, L V Eliseeva1 and E L Mitrofanov2 Published under licence by IOP Publishing Ltd / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 433, International AgroScience Conference (AgroScience-2019) 1–2 June 2019, Cheboksary, Russia Citation I P Eliseev et al 2020 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 433 012017. DOI 10.1088/1755-1315/433/1/012017.
12. Evaluating the digitalization potential of agro-industrial sector of Russia / O. Afanaseva, E. Ivanov, V. Elmov, A. Makushev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Cheboksary, 16 апреля 2021 года. – Cheboksary, 2021. – P. 012036. – DOI 10.1088/1755-1315/935/1/012036. – EDN EDDXEJ.

Information about authors

1. **Artamonov Sergey Gennadievich**, Minister of Agriculture of the Chuvash Republic, 428004, Cheboksary, Presidential Boulevard, 17, Chuvash Republic, Russia; tel. +7 8352 56-54-35 (reception);
2. **Makushev Andrey Evgenievich**, Candidate of Economic Sciences, Rector, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, Karl Marx str., 29, Chuvash Republic, Russia; tel. +7 8352 62-21-55;
3. **Korshunov Alexander Petrovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Director, Agrochemical Service Center «Chuvashsky», 429911, Chuvash Republic, Tsvil'skiy district, Opytny settlement, Tsentral'naya str., 1, Russia; e-mail: agrohim_21@mail.ru; tel. +7-927-667-96-96;
4. **Vasiliev Oleg Alexandrovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Land Management, Cadastre and Ecology, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx str., 29, Chuvash Republic, Russia; e-mail: vasiloleg@mail.ru; tel. (8352) 62-06-19, +7-905-19-777-81;
5. **Lisitsyn Sergey Valerievich**, Deputy Director, Agrochemical Service Center «Chuvashsky», 429911, Chuvash Republic, Tsvil'skiy district, Opytny settlement, Tsentral'naya str., 1, Russia; e-mail: agrohim_21@mail.ru; tel. +7-927-996-02-99.