

V.V. Borodychev¹, N.A. Shchepot'ko²

¹All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
ul. B. Akademicheskaya 44a, Moscow, 127550 Russia

²Volgograd State Agricultural University pr. Universitetsky 26, Volgograd, 400002 Russia

Results of research on white cabbage plantations in the Lower Volga region are presented. Cabbage head yield of no less than 123.4 t/ha is formed under drip irrigation depending on tillage practice and mineral nutrition.

Keywords: white cabbage, mineral nutrition, water regime, irrigation, yield, efficiency.

УДК 631.416

ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРА И МОЛИБДЕНА В ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.И. Панасин, д.с.-х.н., Калининградский ГТУ, М.И. Вихман, д.б.н., ЦАС «Калининградский»,
Р.Г. Уюттов, ЗАО «Залесское молоко», Д.А. Рымаренко, к.б.н., ЦАС «Калининградский»

Исследована обеспеченность почв сельскохозяйственных угодий подвижными соединениями бора и молибдена. Установлено, что практически все почвы региона характеризуются низким содержанием подвижного молибдена. Около половины почв недостаточно обеспечены подвижным бором. Изучены зависимости содержания бора и молибдена от генезиса почв, гранулометрического состава, содержания и фракционного состава органического вещества, а также от обменной кислотности. Даны практические рекомендации по применению борных и молибденовых микроудобрений.

Ключевые слова: бор, молибден, подвижные формы, гранулометрический состав, $pH_{КС}$, органическое вещество, микроудобрения.

На фоне современных интенсивных технологий в растениеводстве оптимизация процессов питания растений микроэлементами выступает в качестве дополнительного фактора повышения урожайности и качества продукции, и в итоге, эффективности отрасли земледелия в целом.

Микроэлементный состав почв определяется во многом минералогией почвообразующих пород и процессами почвообразования. В моренных отложениях Валдайского ледника, являющихся преобладающей материнской породой на территории региона, содержание ряда микроэлементов, в том числе молибдена, существенно ниже кларка литосферы [1]. Почвы региона имеют ярко выраженный промывной или застойно-промывной типы водного режима [1, 2]. Это, в сочетании с длительным периодом биологической активности, вовлекает микроэлементы в процессы биогенного захвата и выщелачивания, в результате происходит перераспределение их в почвенном профиле.

До начала периода интенсивной химизации земледелия информации о содержании и запасах подвижных форм бора и молибдена в почвах Калининградской области не было. С начала 70-ых годов прошлого века коллективом Центра агрохимической службы были развернуты широкомасштабные исследования поведения этих элементов во всех компонентах агроэкосистем. Изучали содержание и запасы валовых и подвижных форм бора и молибдена в профиле почв региона, в гумусово-аккумулятивных горизонтах, в почвообразующих породах. Было отобрано и проанализировано

более 40 тыс. образцов из гумусовых горизонтов, заложено и проанализировано свыше 500 почвенных разрезов. Образцы отбирали по ГОСТ 28168-89 и анализировали по стандартным, принятым в агрохимической службе, методикам (ГОСТ 29269-91). Оценку обеспеченности почв микроэлементами проводили по утвержденным для Нечерноземной зоны грациями. Групповой и фракционный состав гумуса минеральных почв определяли по методу Пономаревой и Плотноковой.

Содержание бора и молибдена в гумусово-аккумулятивных горизонтах определяется генезисом и минералогическим составом почвообразующих пород, направленностью и интенсивностью почвообразовательных процессов, физическими, агрохимическими свойствами почв, а также интенсивностью их сельскохозяйственного использования. По содержанию исследованных элементов основные почвообразующие породы Калининградской области располагаются в следующий убывающий ряд: озерно- и водно-ледниковые безвалунные глины > водно-ледниковые безвалунные пылеватые суглинки > моренные валунные суглинки > моренные валунные супеси > озерно-ледниковые безвалунные пески > древнеаллювиальные сортированные пески [1]. Таким образом, обогащенные мелкопылеватыми и илистыми фракциями продукты сортировки морены являются концентраторами микроэлементов. Грубодисперсные дериваты обеднены микроэлементами относительно исходной морены. Содержание бора в органогенных породах определяется растениями-торфообразователями, а также современными и древними водородными процессами, поэтому варьирует в достаточно широких пределах.

Практически все почвы сельскохозяйственных угодий характеризуются низким содержанием подвижных соединений молибдена. Обеспеченность почв области бором варьирует в достаточно широких пределах (табл.).

Обеспеченность почв сельскохозяйственных угодий
бором и молибденом, %

Обеспеченность	Бор	Молибден
Низкая	0,4	99,9
Средняя	44,2	0,1
Повышенная	48,6	0,0
Высокая	6,8	0,0

Бор является металлоидом с постоянной степенью окисления, что накладывает определенный отпечаток на его поведение в системе почва - растение. Основная часть бора находится в кристаллических решетках первичных и вторичных минералов, где замещает кремний в кремнекислородных тетраэдрах. Коэффициенты подвижности бора в минеральных почвах составляют 2-7%, при этом они большие для аллювиальных дерновых почв [1, 3]. В органогенных почвах подвижность бора существенно выше, так как часть бора входит в состав относительно низкомолекулярных полимеров фульватной природы.

Ослабление подзолообразовательного процесса и усиление аккумулятивных ведут к накоплению как валового бора, так и его подвижных соединений в почвах. Содержание подвижного бора в верхних горизонтах возрастает в ряду дерново-подзолистые < дерновые < аллювиальные < осушаемые торфяные почвы. В минеральных почвах прослеживается связь между содержанием частиц физической глины и подвижным бором, при этом теснота корреляционной связи уменьшается в ряду дерновые < дерново-подзолистые < аллювиальные почвы. Коэффициенты линейной корреляции между содержанием физической глины и подвижным бором равны для дерново-подзолистых почв 0,59, для дерновых 0,69, для аллювиальных 0,53. Для развитых на морене и продуктах ее переотложения легкого гранулометрического состава дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв характерно элювиально-иллювиальное распределение подвижного бора в профиле, тогда как у тяжелых дерново-подзолистых почв на озерно-ледниковых безвалунных глинах распределение относительно равномерное. Максимальные коэффициенты биологического накопления отмечаются у дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых почв, развитых на моренных отложениях [3].

Содержание и состав органического вещества также является существенным критерием оценки обеспеченности почв подвижным бором. Прослеживается прямая зависимость между общим содержанием гумуса и подвижного бора в минеральных почвах. Для дерново-подзолистых почв коэффициент линейной корреляции равен 0,39, для аллювиальных 0,42, для дерновых 0,65. Таким образом, наиболее тесная связь наблюдается в дерновых почвах, в которых доминируют аккумулятивные процессы. Расчет корреляционных связей между долей отдельных фракций гумусовых веществ и содержанием подвижного бора показал достоверную положительную корреляцию между свободными и рыхлосвязанными гуминовыми кислотами ($r = 0,56$) и фракцией фульвокислот, связанной с кальцием, магнием и их гуматами ($r = 0,60$). Между свободными фульвокислотами и подвижным бором прослеживается обратная зависимость ($r = -0,58$) [4]. В органогенных почвах связь между содержанием органического вещества и подвижного бора слабая ($r = 0,29$).

Почвенная кислотность неоднозначно влияет на накопление бора и подвижность его соединений. В кислой среде основной формой существования бора является недиссоциированная борная кислота, которая в условиях выраженного промывного режима активно мигрирует в нижние горизонты почвенного профиля. В близкой к нейтральной среде появляются анионы $B(OH)_4^-$, а также эфиры борной кислоты. Это усиливает адсорбцию бора и способствует накоплению элемента в

гумусово-аккумулятивном горизонте. Смещение реакции среды в слабощелочной диапазон способствует образованию труднорастворимых боратов кальция. Это явление в ряде случаев может нарушать общие закономерности между содержанием подвижного бора и кислотностью.

Нашими исследованиями установлены положительные корреляционные связи между величиной pH_{KCl} и содержанием подвижных соединений бора для основных типов почв. Коэффициенты корреляции составляют для дерново-подзолистых почв 0,42, для дерновых 0,57, для аллювиальных 0,59, для осушаемых торфяных - 0,53. При этом установлена существенная нелинейность зависимости содержания подвижного бора от pH для дерново-подзолистых почв. В кислой среде (pH до 5,6) корреляция тесная, в нейтральной среде (pH в интервале 6,1-7,0) уменьшение кислотности не отражается на содержании подвижного бора.

Практически все почвы Калининградской области характеризуются низким содержанием молибдена. Почвообразующие породы имеют крайне незначительное содержание минералов-носителей молибдена, поэтому основными источниками этого элемента в почвах агроэкосистем являются аэральное и антропогенное поступление. Расчет коэффициентов линейной корреляции между содержанием молибдена в основных типах почв и почвообразующих породах показывает достаточно слабую зависимость. Так, для общей совокупности дерново-подзолистых почв $r = 0,28$, для дерновых глееватых и глеевых $r = 0,10$, для аллювиальных $r = 0,38$. В отличие от других химических элементов зависимость содержания подвижного молибдена от содержания физической глины относительно слабая.

Между содержанием гумуса и подвижного молибдена установлена статистически достоверная обратная корреляционная зависимость, коэффициент линейной корреляции составил $-0,70$ для дерново-подзолистых и $-0,73$ для дерновых глеевых и глееватых почв. Нами не установлены достоверные корреляционные связи между содержанием подвижного молибдена и долей отдельных фракций гумусовых веществ [4]. Возможными причинами этого являются кислотный характер гумусовых веществ и низкая способность к поглощению анионов. Кроме того, гумусовые вещества служат восстановителями. Возрастание содержания гумуса облегчает редукцию производных шестивалентного молибдена до неподвижных закисных форм.

Кислотно-основные свойства почв существенно влияют на подвижность молибдена. Увеличение pH сужает диапазон устойчивости восстановленных соединений молибдена и благоприятствует накоплению окисленной формы. Исследованиями установлена статистически достоверная корреляционная зависимость между содержанием подвижного молибдена и величиной pH_{KCl} на кислых дерново-подзолистых почвах ($pH_{KCl} < 5,6$), однако на нейтральных почвах рост pH_{KCl} не приводил к увеличению содержания Mo . Последнее связано, по-видимому, с повышением миграционной способности и скорости выщелачивания молибдата при относительно высоких значениях pH .

В связи с выраженным дефицитом исследованных микроэлементов, на протяжении многих лет изучали различные дозы и способы применения микроудобрений – внесение микроэлементов в почву, предпосевная обработка семян, некорневая обработка растений. Про-

ведены широкомасштабные серии опытов с озимыми и яровыми зерновыми культурами, озимым и яровым рапсом, зерновыми бобовыми, кукурузой и многолетними травами. Эффективность борных микроудобрений при их внесении в почву и предпосевной обработке семян была сопоставима. Прибавки урожая зависели от содержания подвижной формы микроэлемента. При некорневой обработке вегетирующих растений эффективность зависела от срока применения. Максимальный эффект достигался при обработке злаковых в фазе выхода в трубку, рапса – до начала бутонизации.

Эффективность внесения молибдата аммония в почву зависела от кислотности. На близких к нейтральным и нейтральных почвах наибольшая прибавка урожайности (16-22%) получена при внесении молибдата аммония в почву, предпосевная обработка семян давала несколько меньший эффект (13-16% прибавки урожая). На слабокислых почвах предпосевная обработка семян

была более эффективной по сравнению с внесением микроэлемента. При $pH_{KCl} < 5,0$ внесение молибдена в почву в большинстве случаев не давало статистически достоверной прибавки урожая.

Таким образом, установлено, что наиболее экономически и технологически целесообразным способом является предпосевная обработка семян или обработка вегетирующих растений раствором борной кислоты из расчета 150 г/га, а молибдатом аммония – 250 г/га.

Литература

1. Панасин, В.И. Микроэлементы и урожай / В.И. Панасин. – Калининград, 1995. – 276 с.
2. Экологическое состояние и плодородие почв Калининградской области / В.И. Панасин, Е.С. Роньжина, В.В. Долинина и др. – Калининград, 2014. – 271 с.
3. Бор в агроэкосистемах Калининградской области / В.И. Панасин, Е.С. Роньжина, В.В. Долинина и др. – Калининград, 2012. – 233 с.
4. Панасин, В.И. Гумус и плодородие почв Калининградской области / В.И. Панасин, Д.А. Рымаренко. – Калининград, 2004. – 220 с.

AGROCHEMICAL-SOIL ASPECTS OF BORON AND MOLYBDENUM DISTRIBUTIONS IN AGRICULTURAL SOILS OF KALININGRAD REGION

V.I. Panasin¹, M.I. Vikhmann², R.G. Uytov², D.A. Rymarenko²

¹Kaliningrad State Technical University pr. Sovetskii 1, Kaliningrad, 236000 Russia

²Kaliningradskii Center of Agrochemical Service ul. Molodoi Gvardii 4, Kaliningrad, 236038 Russia

E-mail: agrohimi_39@mail.ru

The supply of agricultural soils with mobile boron and molybdenum compounds has been studied. It is found that almost all of the regional soils are characterized by a low content of mobile molybdenum. About half of the soil area is insufficiently supplied with mobile boron. The dependences of the contents of boron and molybdenum on the genesis of soil, particle size distribution, content and fractional composition of organic matter, and exchange acidity have been studied. Practical recommendations are given on the application of boron and molybdenum microfertilizers.

Keywords: boron, molybdenum, mobile forms, particle size distribution, pH_{KCl} organic matter, microfertilizers.

УДК 631.416.8 : 546 (571.51)

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ МИНУСИНСКОЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

А.П. Сергеев, Т.Я. Липатникова, Е.И. Волошин, ГСАС «Минусинская»

Приведены результаты эколого-агрохимического обследования почв по содержанию тяжелых металлов. Показано, что пониженное содержание тяжелых металлов в почвах свидетельствует о гарантированной возможности получения в Минусинской лесостепной зоне экологически безопасной растениеводческой продукции.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, почвообразующие породы, гранулометрический состав, содержание, агроценозы, экологически безопасная растениеводческая продукция.

Тяжелые металлы входят в группу микроэлементов. При низкой концентрации в природной среде их определяют как микроэлементы, а при избыточной как тяжелые металлы. Термины (микроэлементы и тяжелые металлы) – категории не столько качественные, сколько количественные, привязанные к крайним вариантам экологической обстановки [1].

Тяжелые металлы в небольших количествах принимают участие в процессах обмена веществ и оказывают влияние на нормальный рост и развитие растений. При высоких концентрациях они относятся к числу наиболее опасных загрязняющих веществ. Поступление в окружающую природную среду токсикантов, содержащихся в атмосферных выбросах промышленных пред-

приятий, выхлопных газах автотранспорта, средствах химизации сельского хозяйства приводит к ухудшению экологической обстановки в агроценозах. Обогащение биосферы токсикантами способствует возникновению геохимических аномалий, увеличивает количество загрязненных земель, что вызывает необходимость в проведении регулярного агрохимического и экологического контроля за содержанием их в почвах и растениях.

Цель исследований – дать эколого-агрохимическую оценку содержания тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий Минусинской лесостепной зоны Красноярского края.

Методика. Минусинская лесостепная зона расположена на юге земледельческой части Красноярского края. По агроклиматическому районированию относится к умеренному поясу и холодно-умеренному подпоясу. Климат природной зоны характеризуется резкой континентальностью. Среднеголетняя сумма осадков в лесостепи колеблется от 330 до 460 мм. выпадающие осадки в течение года распределяются неравномерно. Основная часть осадков выпадает в летний период, их количество является лимитирующим фактором формирования урожая сельскохозяйственных культур. Среднегодовая температура равна 0°C, сумма активных температур меняется от 1740 до 2039°C. Сво-