

УДК 631.86

DOI

ПОДВИЖНОСТЬ ФОСФАТОВ В ЭРОДИРОВАННЫХ СВЕТЛО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ УЧХОЗА «ПРИВОЛЖСКИЙ» ЧУВАШСКОГО ГАУ**О. А. Васильев, А. Г. Иванова, Д. Н. Якимович***Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация*

Краткая аннотация. В статье показаны результаты исследований содержания подвижного фосфора в эродированных разновидностях светло-серой лесной среднесуглинистой почвы с использованием разных методов: Кирсанова, Чирикова, Труога, Франциссона, Эгнера-Рима (DL-метод). В несмытой почве содержание подвижного фосфора высокое содержание по агрономической шкале для зерновых и зернобобовых культур дают методы Чирикова, Труога и Эгнера-Рима, повышенное – метод Кирсанова и среднее – Франциссона. В слабосмытой почве, в которой ежегодно припахивается переходный горизонт A_2B , результаты оценки колеблются от высокого (методы Чирикова, Эгнера-Рима) до повышенного (Кирсанова и Труога) и среднего (Франциссона). В среднесмытой разновидности почвы, в которой в пашино вовлекается верхняя часть иллювиального горизонта B_1 , высокое содержание подвижного фосфора показывают методы Кирсанова и Эгнера-Рима, повышенное – Чирикова и среднее – Труога и Франциссона. Здесь обнаруживается сравнительно максимальное содержание подвижного фосфора дает метод Кирсанова, что служит индикатором появления в вытяжке фосфатов алюминия и железа. В сильносмытой разновидности светло-серой лесной почвы в пахотный слой вовлекается нижняя часть иллювиального горизонта B_2 . В ней повышенное содержание дает метод Чирикова, среднее содержание – методы Кирсанова, Франциссона и Эгнера-Рима, а низкое – метод Труога. Здесь выше содержание фосфатов кальция, которые хорошо растворяются как в неорганических, так и органических кислотах. Корреляционный анализ содержания фосфатов в смытых разновидностях светло-серой лесной почвы, проведенный разными методами анализа, показывает, что методы Кирсанова и Франциссона не коррелируют со всеми остальными методами, а также с урожайностью овса. При использовании метода Кирсанова в солянокислую вытяжку переходят и труднорастворимые в почвенном растворе и недоступные сельскохозяйственным культурам фосфаты алюминия и железа, что завышает результаты. Результаты исследований показывают, что метод Кирсанова при анализе содержания подвижного фосфора вполне пригоден для несмытых и слабосмытых разновидностей светло-серой лесной почвы.

Ключевые слова: метод Кирсанова, метод Чирикова, метод Эгнера-Рима, метод Труога, метод Франциссона, полуторные оксиды, почва, фосфор, эрозия.

Введение. Содержание подвижного фосфора в почве – одно из важнейших показателей почвенного плодородия. На подвижность фосфатов в гумусовом горизонте влияет не только валовое его содержание, но и химический и гранулометрический составы, доставшиеся в наследство почве от почвообразующей породы.

Светло-серые лесные почвы Учхоза сформировались на мелкозем – лессовидных покровных суглинках. Содержание в них суммы фракций крупного и среднего песка (1-0,25 мм) менее 0,1%; мелкого и тонкого песка (0,25-0,05 мм) – от 7 до 29%, крупной и средней пыли (0,01-0,005 мм) – от 2 до 10%, мелкой пыли (0,005-0,001 мм) – 4-12%, илистой фракции (менее 0,001 мм) – 10-35%. Гранулометрический состав почв варьируется от легкосуглинистого до тяжелосуглинистого и глинистого. В Учхозе среди почвообразующих пород преобладают средние и тяжелые лессовидные суглинки.

Лессовидные суглинки содержат до 80% оксида кремния, 10% оксида алюминия, 2,5% оксида железа, 1,5% оксида кальция, 2% оксида калия, 1,3% оксида натрия, 1% оксида магния и 0,1% оксида фосфора, что обусловлено резким преобладанием в них минералов легкой фракции – кварца (более 80%) и полевых шпатов (до 10 %). Содержание минералов тяжелой фракции в лессовидных суглинках составляет менее 1%; в ней преобладает группа эпидот-цоизита, ильменит, магнетит, лейкоксен и гранат. В результате процессов химического выветривания в гумусовом горизонте почвы возникают мелкодисперсные вторичные минералы глини групп монтмориллонита, гидрослюд, вермикулита и др. В лессовидных суглинках более тяжелого гранулометрического состава сравнительно повышается доля минералов тяжелой фракции и уменьшается доля минералов легкой фракции, соответственно, обогащается химический состав, а запасы и формы фосфора становятся богаче и разнообразнее [2].

Минеральные формы фосфора в основном представлены трудно- и нерастворимыми солями ортофосфатов кальция, магния, железа и алюминия, которые в почвенном растворе не растворяются и практически не вымываются вниз по профилю. Исследования химического состава водной вытяжки и поверхностного стока также показали, что фосфор в них не обнаруживается, однако при водной эрозии почв он входит в состав твердого стока, и может теряться вместе с ним.

В гумусовом горизонте почв, сформированных на лессовидных суглинках, процессы выветривания происходят более интенсивно, чем в почвообразующей породе, и здесь гумусовые кислоты активно взаимодействуют как с новообразованными вторичными минералами, так и с продуктами минерализации органического вещества, состоящего из биофильных химических элементов. В результате химический состав гумусового горизонта формируется значительно более разнообразным и богатым, по сравнению с почвообразующей породой. Кроме того, в элювиально-гумусовом горизонте светло-серых лесных почв значительна доля органического фосфора, содержащегося в гумусе, детрите и органических остатках – до трети общего содержания фосфора в почве, запасы которого в пахотном слое светло-серой лесной почвы расцениваются в пределах 2,1-4,0 т/га (700-1300 мг/кг) [10].

На процесс аккумуляции и преобразования веществ в гумусовом горизонте почв накладывается нисходящий вынос водно- и кислотнорастворимых форм солей с водой осадков и осаждение на определенной глубине, что вызывает перераспределение их в профиле почвы.

Содержание валового фосфора в гумусовом горизонте светло-серой лесной почвы выше, чем в почвообразующей породе – лессовидном суглинке. В условиях кислой среды целинных почв органические и неорганические соли фосфора более подвижны и при промывном водном режиме мигрируют из гумусово-элювиального горизонта A_1 и переходного A_1A_2 в иллювиальный горизонт В, богатый полуторными оксидами. В условиях сезонного преобладания восстановительной обстановки в иллювиальном горизонте светло-серой лесной почвы образуются и накапливаются нерастворимые в почвенном растворе и мало- и недоступные сельскохозяйственным культурам трехзамещенные фосфаты кальция, железа и алюминия ($CaPO_4$, $FePO_4$, $AlPO_4$).

Таким образом, в почвенном профиле формируется аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип распределения подвижного фосфора.

Если в несмытых светло-серых лесных почвах в пахотном слое преобладают двузамещенные и однозамещенные соли кальция и магния, органические формы фосфатов, то в эродированных в пашню вовлекаются горизонты A_2B и В, содержащие качественно другие соединения фосфора – с полуторными оксидами. В пашне возрастает количество фосфатов кальция, алюминия и железа; изменяется соотношение различных форм фосфатов, что влияет на их подвижность, доступность сельскохозяйственным культурам и потребность в фосфорсодержащих удобрениях.

Исследование подвижности фосфатов в почвах для Чувашской Республики носит актуальный характер в связи с широким распространением эродированных почв на землях сельскохозяйственного назначения. Более 634 тыс. га пашни (более 80 %) в республике эродировано, в том числе 498 тыс. га – в слабой степени, 125 тыс. га – в средней степени и 11,3 тыс. га – в сильной степени [11].

Для определения растворимости фосфатов в пахотном слое и их доступности сельскохозяйственным культурам существует несколько методов, учитывающих особенности почвообразования и тесно коррелирующих с урожайностью.

Цель исследований: изучить в эродированных разновидностях светло-серой лесной почвы содержание подвижного фосфора с использованием различных методов анализа.

Материалы и методы исследования. Определение степени смытости светло-серой лесной почвы определялось по морфологическим признакам (Соболев, 1951). Культура, произрастающая на поле – овес Аргамак. Почвенные образцы отбирались из пахотного слоя светло-серой лесной среднесуглинистой почвы на склоне юго-восточной экспозиции, уклоном 1-5 градусов к югу от д. Ярускасы. Светло-серая лесная почва последовательно изменяется от несмытой разновидности до слабо-средне- и сильносмытой. Содержание гумуса в пахотном слое соответственно уменьшается с 1,74 % до 1,62, 1,28, 1,14 %, а физическая глина, наоборот, возрастает с 36,9 % до 37,2 %, 41,5 %, 42,7 %. Общий фосфор в почве определялся по ГОСТ 26261-84 (Почвы. Методы определения валового фосфора и валового калия). Содержание общего фосфора в несмытой почве составляет 1240 мг/кг, в слабосмытой – 1110 мг/кг, в среднесмытой – 920 мг/кг и в сильносмытой – 910 мг/кг.

Подвижный фосфор в почвенных образцах определялся различными методами: 1. Метод Кирсанова, используемый в Чувашской Республике при анализе серых лесных почв. Экстрагент – 0,2 н соляная кислота. Отношение навески почвы к экстрагенту – 1:5. Время взаимодействия почвы с экстрагентом – 15 минут. 2. Метод Чирикова, используемый в Чувашской Республике на карбонатных почвах. Экстрагент – 0,5 н раствор уксусной кислоты при соотношении навески почвы к экстрагенту 1:25. Время взаимодействия почвы с экстрагентом занимает 18-20 часов. 3. Метод Труога, основанный на извлечении подвижного фосфора 0,002 н экстрагентом занимает 18-20 часов. 4. Метод Франциссона, в котором подвижный фосфор извлекают из некарбонатных черноземных почв 0,006 н раствором соляной кислоты при соотношении почвы к раствору 1:10 и взаимодействию в течение 10 мин. 5. Метод Эгнера-Рима, который основан на извлечении подвижного фосфора из почвы 0,04 н раствором лактата кальция, буференного соляной кислотой до pH 3,5-3,7; при соотношении почвенной пробы к раствору 1:50.

Математическая обработка результатов проводилась на компьютере в программе Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований в почвенных пробах содержания подвижного фосфора различными методами изложены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты определения подвижного фосфора

№ п. п.	Разновидности светло-серой лесной почвы	Подвижный P ₂ O ₅ , мг/кг	От валового P ₂ O ₅ , %	Агрономическая оценка обеспеченности*
Метод Кирсанова				
1	Несмытая	114	9,2	Повышенное
2	Слабосмытая	120	10,8	Повышенное
3	Среднесмытая	172	18,7	Высокое
4	Сильносмытая	82	9,0	Среднее
Метод Чирикова				
5	Несмытая	189	15,2	Высокое
6	Слабосмытая	171	15,4	Высокое
7	Среднесмытая	137	14,9	Повышенное
8	Сильносмытая	131	14,4	Повышенное
Метод Труога				
9	Несмытая	183	14,8	Высокое
10	Слабосмытая	162	14,6	Повышенное
11	Среднесмытая	101	11,0	Среднее
12	Сильносмытая	46	5,1	Низкое
Метод Франциссона				
13	Несмытая	101	8,1	Среднее
14	Слабосмытая	101	9,1	Среднее
15	Среднесмытая	103	11,2	Среднее
16	Сильносмытая	105	11,5	Среднее
Метод Эгнера-Рима (DL-метод)				
17	Несмытая	216	17,4	Высокое
18	Слабосмытая	205	18,5	Высокое
19	Среднесмытая	161	17,5	Высокое
20	Сильносмытая	100	11,0	Среднее

Примечание: *для зерновых и зернобобовых культур

Как видно из табл. 1, даже в несмытой светло-серой лесной почве все использованные методы показывают разные по обеспеченности почвы подвижным фосфором оценки. Высокое содержание подвижного фосфора дают методы Чирикова, Труога и Эгнера-Рима, повышенное – метод Кирсанова и среднее – Франциссона. Однако уже в пахотном слое слабосмытых почв, в который ежегодно припахивается переходный горизонт А₂В, результаты оценки начинают расходиться от высокого (методы Чирикова, Эгнера-Рима) до повышенного (методы Кирсанова и Труога) и среднего (метод Франциссона).

В среднесмытой почве, в которой в пашню вовлекается верхняя часть иллювиального горизонта В₁, высокое содержание подвижного фосфора дают методы Кирсанова и Эгнера-Рима, повышенное – метод Чирикова и среднее – методы Труога и Франциссона.

В сильносмытой разновидности светло-серой лесной почвы в пахотный слой вовлекается нижняя часть иллювиального горизонта В₂. В ней высокое содержание подвижного фосфора не показывает ни один метод; повышенное содержание дает метод Чирикова, среднее содержание – методы Кирсанова, Франциссона и Эгнера-Рима, а низкое – метод Труога.

В несмытой разновидности светло-серой лесной почвы содержится наибольшее количество растворимых в почвенном растворе фосфатов: это ортофосфаты щелочных и щелочноземельных металлов, а также органические фосфаты. Максимальная растворимость фосфатов здесь прослеживается при использовании методов Эгнера-Рима (17,4% от общего фосфора), Чирикова – 15,2% и Труога – 14,8%. В данных методах используется сравнительно длительное взаимодействие почвы с экстрагирующим раствором (от 30 минут до 20 часов), что, по-видимому, решающим образом сказывается на растворимости фосфатов. Методы Кирсанова и Франциссона, в которых в качестве экстрагента используется разбавленная соляная кислота, показывают подвижных фосфатов значительно меньше (в 1,5-2 раза).

В слабосмытой разновидности почвы расхождение результатов анализа аналогичное, но слегка в суженной области; причем, первые три метода показали немного меньшие показатели, а вторые два метода – большие. В целом, результаты содержания подвижного фосфора в несмытых и слабосмытых разновидностях почв показали близкие показатели.

В среднесмытой разновидности почвы максимальное содержание подвижного фосфора дает метод Кирсанова, что служит индикатором появления в вытяжке фосфатов алюминия и железа. По-видимому, сильная соляная кислота, используемая в сравнительно высокой концентрации, в данном варианте извлекает те фосфаты, которые недоступны экстрагентам, используемым в остальных методах, а именно фосфаты алюминия и железа, которые недоступны сельскохозяйственным культурам. И здесь большее значение имеет концентрация кислоты, нежели время взаимодействия.

В сильносмытых почвах преобладают фосфаты кальция, которые хорошо растворяются как в неорганических, так и органических кислотах; здесь большая роль принадлежит не концентрации экстрагентов, а времени взаимодействия.

Химический анализ растений овса в фазе цветения показал, что в несмытой светло-серой лесной почве содержание фосфатов составило 0,30 мг/кг, в слабосмытой – 0,29 мг/кг, в среднесмытой – 0,23 и в сильносмытой разновидности – 2,93 мг/кг. Так как в средне- и сильносмытых разновидностях почв значительно меньше гумуса, хуже структура, понижена биологическая активность, то ухудшается питание растений овса не только фосфором, но и азотом, и другими макро- и микроэлементами, что в итоге снижает урожайность.

Так, в несмытой светло-серой лесной почве урожайность оказалась равной 3,2 т/га, в слабосмытой – 2,9 т/га, в среднесмытой – 2,3 т/га и в сильносмытой – 1,9 т/га. Коэффициент корреляции между содержанием фосфора в растениях овса и урожайностью оказался тесным, и равным 0,98.

Корреляционный анализ содержания фосфатов в смытых разновидностях светло-серой лесной почвы, проведенный разными методами анализа, показывает, что методы Кирсанова и Франциссона не коррелируют со всеми остальными методами, а также с урожайностью овса (табл. 2).

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции методов анализа

Методы	Кирсанова	Чирикова	Труога	Франциссона	Эг.-Рима	Урожайность
Кирсанова	1					
Чирикова	-0,08	1				
Труога	0,21	0,94	1			
Франциссона	-0,28	-0,93	-0,99	1		
Эгнера-Рима	0,33	0,91	0,99	-0,99	1	
Урожайность	0,12	0,95	0,99	-0,97	0,97	1

Наблюдаются тесные и средние корреляционные связи между методами анализа по Чирикову, Труогу, Эгнеру-Риму и урожайностью растений овса.

По агрономической оценке, содержание подвижного фосфора в несмытых и слабосмытых разновидностях светло-серой лесной почвы в разных методах анализа вполне сопоставимо – содержание его высокое и повышенное. Но явные расхождения по оценке содержания подвижного фосфора при использовании разных методов появляются в среднеэродированной разновидности почвы, где оценки расходятся от средней до повышенной и высокой обеспеченности, а также в сильноэродированной разновидности – от низкой до средней и повышенной обеспеченности.

Таким образом, интенсивность водно-эрозионных процессов в почвах обуславливает пестроту агрохимических и агрофизических показателей почвы, что влияет и на баланс питательных веществ в почвенном растворе [1], [2], [4], [5], [6], [7], [8], [9].

Выводы. Экстрагирующие растворы – лактат кальция (по Эгнеру-Риму), уксусная кислота (по Чирикову) или слабый 0,002 н раствор серной кислоты (по Труогу) – действуют более мягко, чем 0,2 н и 0,006 н соляная кислота (методы Кирсанова и Франциссона), и растворяют в почве в основном только подвижные фосфаты, доступные сельскохозяйственным культурам. При использовании метода Кирсанова в солянокислую вытяжку переходят и труднорастворимые в почвенном растворе и недоступные сельскохозяйственным культурам фосфаты алюминия и железа, что завышает результаты. Однако метод Кирсанова при анализе содержания подвижного фосфора вполне пригоден для несмытых и слабосмытых разновидностей светло-серой лесной почвы, содержащей относительно низкое содержание фосфатов алюминия и железа. Положительное отличие данного метода от других заключается в быстроте приготовления реактивов и экстракта, что дает преимущество при проведении массовых агрохимических анализов. Так как органические фосфаты при использовании метода Кирсанова практически не извлекаются, при дистанционном зондировании почв на содержание фосфора в пахотном слое, возможно, именно он будет теснее коррелировать с полученными спектральными данными [3].

В советский период развития средне- и сильноэродированные почвы, согласно проектам внутрихозяйственного землеустройства, разработанные для всех сельскохозяйственных предприятий республики в 1980-х годах, находились в почвозащитных севооборотах. В настоящее время большая часть именно этих земель вследствие низкого плодородия перестала обрабатываться и перешла в залежи, вследствие чего вопросы выбора методов анализа подвижного фосфора в почве в известной мере теряют свою актуальность.

Литература

1. Васильев А. А. Баланс минерального питания определяет урожайность и качество картофеля / А. А. Васильев // Вестник Российской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С.21-23.
2. Васильев О. А. Эродированные почвы Чувашской Республики / Васильев О. А. – Чебоксары : Пегас, 2007. – 250 с.
3. Васюков, С. В. Алгоритм построения карт распределения основных агрохимических показателей по данным снимков БПЛА для обрабатываемых черноземных и серых лесных почв Чувашской Республики (на примере участков Комсомольского и Цивильского районов Чувашской Республики) / Васюков С. В., Якимович Д. Н., Сироткин В. В., С. А. Тогузов, С. В. Лисицын // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2022. – С. 816-820.
4. Восстановление плодородия деградированных серых лесных почв Южной части Нечерноземной зоны Российской Федерации / О. А. Васильев, В. Г. Егоров, А. Н. Ильин, К. П. Никитин // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2017. – № 1(144). – С. 29-35. – EDN YFWETF.
5. Григорьев С. Н. Экологические проблемы в сельском хозяйстве и возможные пути их решения / С. Н. Григорьев, Н. А. Кириллов // Биоразнообразие, состояние и динамика природных и антропогенных экосистем России : материалы II Всероссийской научно-практической конференции / под редакцией Н. М. Чернявской. – Комсомольск-на-Амуре, 2022. – С. 80-84.
6. Иванова, Т. Н. Динамика агрохимических показателей плодородия почв по результатам локального мониторинга / Т. Н. Иванова, В. С. Сергеев // Вестник Башкирского аграрного университета. – 2017. – № 2 (42). – С. 11-15.
7. Ильин, А. Н. Интенсивность изменения почвенного покрова и особенности агрохимических свойств светло-серых лесных почв Северной части Чебоксарского района Чувашской Республики / А. Н. Ильин, О. А. Васильев, А. О. Васильев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 4 (11). – С. 44-51. – DOI 10.17022/dr4k-t109. – EDN LPRWQI.
8. Кувшинов, Н. М. Оптимизация агрофизических свойств серых лесных почв для сельскохозяйственных культур / Н. М. Кувшинов // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XV международной научной конференции. – Брянск : Брянский ГАУ, 2018. – С. 89-94.
9. Ложкин, А. Г. Мониторинг физического состояния серых лесных почв при сельскохозяйственном использовании / А. Г. Ложкин, А. В. Чернов, В. Г. Егоров // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2018. – № 5(160). – С. 57-62.
10. Поветкина, Н. Л. Состояние и резервы калия и фосфора в серых лесных почвах Владимирского Ополья Ярославской области // специальность «Почвоведение» 03.00.27 : автореферат на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Н. Л. Поветкина. – Москва, 2008. – 22 с.
11. Чувашская энциклопедия. В 4 томах. Том 1. / А. Ю. Березин, Н. С. Березина, И. И. Бойко [и др.]; Чувашский государственный институт гуманитарных наук. – Чебоксары : Чувашское книжное издательство, 2006. – 590 с. – ISBN 5-7670-1471-X. – EDN QKGFOD.

Сведения об авторах

1. **Васильев Олег Александрович**, доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства, кадастров и экологии, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: vasiloleg@mail.ru, тел. 8(352) 62-06-19, 89051977781;
2. **Иванова Алина Генриховна**, магистрант факультета биотехнологий и агрономии, ФГБОУ ВО Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: maiya-7777@mail.ru, тел. 89278570055;
3. **Якимович Дмитрий Николаевич**, ассистент факультета биотехнологий и агрономии, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: yakimovich11@yandex.ru, тел.: 89022889483.

**PHOSPHATE MOBILITY IN ERODED LIGHT GRAY FOREST SOILS OF THE UCHKHOZ
"PRIVOLZHISKY" CHUVASH STATE AGRARIAN UNIVERSITY**

O. A. Vasiliev, A. G. Ivanova, D. N. Yakimovich

*Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation*

Brief abstract. *The article shows the results of studies of the content of mobile phosphorus in eroded varieties of light gray forest medium loamy soil using different methods: Kirsanov, Chirikov, Truog, Francisson, Egner-Riem (DL-method). In unwashed soil, the content of mobile phosphorus is high on the agronomic scale for grain and leguminous crops by the methods of Chirikov, Truog and Egner-Riem, increased by the method of Kirsanov and average by Francisson. In weakly eroded soil, into which the A2B transitional horizon is plowed annually, the assessment results range from high (Chirikov, Egner-Riem methods) to high (Kirsanov and Truog) and medium (Francisson). In a moderately eroded soil variety, in which the upper part of the B1 illuvial horizon is involved in arable land, the methods of Kirsanov and Egner-Riem show a high content of mobile phosphorus, an increased one - by Chirikov and an average one - by Truog and Francisson. Here, a relatively maximum content of mobile phosphorus is found using the Kirsanov method, which serves as an indicator of the appearance of aluminum and iron phosphates in the extract. In the heavily eroded variety of light gray forest soil, the lower part of the B2 illuvial horizon is involved in the plow layer. In it, the high content is given by the Chirikov method, the average content is given by the methods of Kirsanov, Francisson and Egner-Riem, and the low content is given by the Truog method. Here, the content of calcium phosphates is higher, which are readily soluble in both inorganic and organic acids. Correlation analysis of the phosphate content in washed off varieties of light gray forest soil, carried out by different methods of analysis, shows that the methods of Kirsanov and Francisson do not correlate with all other methods, as well as with the yield of oats. When using the Kirsanov method, aluminum and iron phosphates, which are hardly soluble in the soil solution and inaccessible to agricultural crops, also pass into the hydrochloric acid extract, which overestimates the results. The research results show that Kirsanov's method in the analysis of the content of mobile phosphorus is quite suitable for unwashed and slightly washed-out varieties of light gray forest soil.*

Key words: *Kirsanov method, Chirikov method, Egner-Riem method, Truogh method, Francisson method, sesquioxides, soil, phosphorus, erosion.*

References

1. Vasiliev A. A. The balance of mineral nutrition determines the yield and quality of potatoes / A. A. Vasiliev // Bulletin of the Russian Agricultural Academy. - 2013. - No. 4. - P.21-23.
2. Vasiliev O. A. Eroded soils of the Chuvash Republic. // Vasiliev O. A. - Cheboksary: Pegasus, 2007. - 250 p.
3. Vasyukov, S. V. Algorithm for constructing maps of the distribution of the main agrochemical indicators according to UAV images for cultivated chernozem and gray forest soils of the Chuvash Republic (on the example of plots of the Komsomolsky and Tsvil'sky regions of the Chuvash Republic) / Vasyukov S. V., Yakimovich D. N., Sirotkin V.V., S.A. Toguzov, S.V. Lisitsyn // In the collection: Scientific, educational and applied aspects of production and processing of agricultural products. Collection of materials of the VI International scientific-practical conference. – Cheboksary, 2022, pp. 816-820.
4. Vasiliev OA, Egorov VG, Il'in AN, Nikitin KP // Land management, cadastre and land monitoring. – 2017. – No. 1 (144). – S. 29-35. – EDN YFWETF.
5. Grigoriev S. N. Environmental problems in agriculture and possible solutions / S. N. Grigoriev, N. A. Kirillov // In the collection: Biodiversity, state and dynamics of natural and anthropogenic ecosystems in Russia. Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference. Edited by N.M. Chernyavskaya. – Komsomolsk-on-Amur, 2022, pp. 80-84.
6. Ivanova, T.N. Dynamics of agrochemical indicators of soil fertility based on the results of local monitoring / T.N. Ivanova, V.S. Sergeev // Bulletin of the Bashkir Agrarian University. – No. 2 (42). – 2017. – p. 11-15.
7. Ilyin, A. N., Vasiliev O. A., Vasiliev A. O. Intensity of soil cover changes and features of agrochemical properties of light gray forest soils of the Northern part of the Cheboksary region of the Chuvash Republic // Bulletin of the Chuvash State agricultural academy. – 2019. – No. 4 (11). – S. 44-51. – DOI 10.17022/dr4k-t109. – EDN LPRWQI.
8. Kuvshinov, N. M. Optimization of agrophysical properties of gray forest soils for agricultural crops / N. M. Kuvshinov // Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: materials of the XV international scientific conference. – Bryansk : Bryansk State Agrarian University, 2018. – S. 89-94.
9. Lozhkin, A. G. Monitoring of the physical state of gray forest soils for agricultural use / A. G. Lozhkin, A. V. Chernov, V. G. Egorov // Land management, cadastre and land monitoring. – 2018. – No. 5 (160). – S. 57-62.
10. Povetkina, N. L. Status and reserves of potassium and phosphorus in gray forest soils of the Vladimir Opol'e of the Yaroslavl region / N. L. Povetkina // Abstract for the degree of candidate of biological sciences in specialty 03.00.27 - soil science. – Moskva : 2008. – 22 p.

11. Chuvash Encyclopedia. In 4 volumes. Volume 1. / A. Yu. Berezin, N. S. Berezina, I. I. Boyko [and others]; Chuvash State Institute for the Humanities. – Cheboksary : Chuvash book publishing house, 2006. – 590 p. – ISBN 5-7670-1471-X. – EDN QKGFOD.

Information about authors

1. **Vasiliev Oleg Alexandrovich**, doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Land Management, Cadastre and Ecology, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: vasiloleg@mail.ru, tel. 8(352) 62-06-19, 89051977781;

2. **Ivanova Alina Genrikhovna**, master student of the Faculty of Biotechnology and Agronomy, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: maiya-7777@mail.ru, tel. 89278570055;

3. **Yakimovich Dmitry Nikolaevich**, assistant of the Faculty of Biotechnology and Agronomy, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: yakimovich11@yandex.ru, tel.: 89022889483.

УДК 633.522:631.811

DOI

ВЛИЯНИЕ СЕРЫ И ХЛОРА, СОДЕРЖАЩИХСЯ В МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ, НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОНОПЛЕПРОДУКЦИИ

В. Л. Димитриев, Л. Г. Шашкаров, Л. В. Елисеева, И. П. Елисеев, А. Г. Ложкин, М. И. Яковлева

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. В целях выяснения причин влияния серы и хлора, содержащихся в минеральных удобрениях, на рост и развитие, урожай и его качество, на коллекционном участке УНПЦ «Студенческий» ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ в 2020-2022 годах проводили опыты на светло-серой почве среднесуглинистого механического состава. Трехлетние исследования показали, что все формы удобрений, применяемые в опыте, оказали положительное влияние на рост и урожай конопли. Хлор и сера, внесенные с удобрениями, не оказали существенного влияния на урожай конопли. Так, на всех вариантах с удобрениями получены достоверные прибавки по урожаю соломы (10,3-16,3 ц/га), волокна (2,2-4,0 ц/га) и семян (1,3-2,6 ц/га) конопли по сравнению с вариантом без удобрений. Однако, разница по прибавке урожая соломы, семян и волокна конопли между вариантами с различными формами удобрений математически не доказана. Так, на варианте, где ежегодно вносились только серосодержащие формы удобрений (вариант 2, серы внесено 2,04 т/га) урожай соломы в среднем за 3 года составил 62,6 ц и семян в среднем за 2 года 12,5 ц/га. На варианте, где вносили серу и хлорсодержащие удобрения (вариант 7, серы внесено 4,6 ц и хлора 2,1 ц на гектар) урожай соломы составил 62,9 ц/га и семян 13,6 ц/га. Такая же закономерность наблюдалась и по урожаю волокна. Качество длинного волокна (расщепленность, прочность и номер) и семян (вес 1000 штук семян, содержание жира) на всех вариантах примерно одинаковое.

Ключевые слова: конопля, минеральные удобрения, сера, хлор, урожайность, семена, соломка, волокно, качество.

Введение. Конопля среди технических культур занимает видное место [11], [1], [2], [3], [4]. В настоящее время перед производителями коноплепродукции стоит задача увеличения посевных площадей, урожайности и качества [5], [6], [7], [8], [9], [10]. Ведущая роль в повышении урожайности конопли принадлежит минеральным удобрениям.

В ассортименте большинства минеральных удобрений, выпускаемых в настоящее время химической промышленностью, содержатся значительные количества серы и хлора. Сера является необходимым элементом питания растений. Действие ее связано с белковым обменом, окислительно-восстановительными процессами, энергетическим балансом организма, активированием энзимов, образованием хлорофилла. При недостатке серы в почве внесение серосодержащих минеральных удобрений способствует повышению урожая многих культур. По мере расширения применения высококонцентрированных, не содержащих серу, форм минеральных удобрений значение дополнительного внесения серы в почву для питания растений будет все более возрастать. Физиологическая роль хлора недостаточно выяснена. Установлено положительное влияние его на накопление в растениях органических кислот. Хлор усиливает дыхание растений. Многие исследователи считают, что внесение хлора с удобрениями отрицательно сказывается на величине и особенно на качестве урожая ряда культур.

Исследований по изучению влияния хлора и серы, содержащихся в удобрениях, на формирование урожая конопли и его качество, проведено мало. Исследованиями некоторых ученых установлено, что на