

**СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА В
КАРБОНАТНЫХ И НЕКАРБОНАТНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ, В АСПЕКТЕ
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ**

Куклева А. А., Гиниятуллин К.Г.

ФГАОУ ВО КФУ, Казань

В статье рассматривается применение отечественных методик, а также универсального метода Олсена для определения содержания подвижных форм фосфора в пахотных черноземных почвах в системе прецизионного земледелия.

Ключевые слова: прецизионное земледелие, методы определения фосфора, пахотные черноземные почвы.

Одно из самых многообещающих направлений применения новейших цифровых решений в сельскохозяйственной отрасли – это внедрение роботизированных систем для индивидуального подбора и дозировки минеральных удобрений [8]. Применение точного земледелия способствует не только повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но и оптимизации использования минеральных ресурсов, в то время как уменьшается негативное воздействие агропромышленного производства на окружающую среду [7, 4]. Тем не менее, точные методы земледелия, подобно другим технологиям, обладают своими плюсами и минусами. Основным минусом является высокая стоимость и сложность технической реализации, учитывая, что речь идет о крайне сложных и высокотехнологичных решениях, с которыми трудно справиться.

Однако, для эффективного использования цифровых технологий в сельском хозяйстве необходимо радикально изменить подходы к агрохимическому анализу полей, включая разработку новых методов оценки содержания питательных веществ в почвах и расчетов доз минеральных удобрений.

В настоящее время в России определение доступных форм фосфора в черноземах лесостепной и степной зоны регламентируется двумя действующими государственными стандартами. В пробах с содержанием карбоната подвижный фосфор и калий в черноземах должны определяться согласно методу Мачигина по модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), в образцах без карбоната - по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91). Количество фосфора, который растения могут получить из почвы, варьирует в зависимости от используемых методов извлечения, что часто затрудняет точное определение необходимого уровня удобрений на основе анализа содержания фосфора в различных типах черноземов, находящихся на одном участке земли и обрабатываемых с применением передовых методов сельского хозяйства. Коэффициенты, используемые для преобразования данных о подвижных формах фосфора с помощью методов Мачигина и Чирикова, не всегда дают точные результаты. В настоящее время за рубежом метод Олсена [3] широко применяется в агрохимических исследованиях. Этот универсальный метод позволяет определить содержание доступного фосфора как в карбонатных, так и в бескарбонатных почвах [2, 6], что делает его перспективным для использования при определении оптимальных доз минеральных удобрений с учетом баланса при внесении удобрений с учетом индивидуальных потребностей полей.

Цель исследования - провести сопоставление результатов оценки обеспеченности карбонатных и бескарбонатных черноземных пахотных почв с использованием отечественных

методик агрохимического обследования почв и универсального международного метода Олсена.

Для проведения исследований использовали смешанные образцы агрохимии, собранные с поля севооборота площадью 245 гектаров в Заинском районе Республики Татарстан. Образцы были взяты с небольшого участка в 5 гектаров (вместо обычных 20 гектаров по ГОСТ для этого региона) для создания цифровых карт обеспеченности почвы НРК, необходимых для программирования точного внесения минеральных удобрений. Исследование показало, что такой детализированный отбор образцов на черноземных почвах площадью 5 гектаров достаточен для дальнейшего анализа и построения карт. Из 49 образцов 10 были содержали карбонаты, а 39 - не содержали. Содержание подвижного фосфора в карбонатных образцах определяли по методу Мачигина с использованием модификации ЦИНАО, а в не карбонатных - по методу Чирикова. Также во всех 49 образцах проводилось измерение содержания подвижного фосфора по методу Олсена.

В таблице представлены статистические параметры варьирования содержания доступных форм фосфора в карбонатных и бескарбонатных черноземных почвах при определении по методам Мачигина, Чирикова и Олсена.

Почвы и методы определения подвижных форм P ₂ O ₅	Карбонатные		Бескарбонатные	
	По методу Мачигина	По методу Олсена	По методу Чирикова	По методу Олсена
Объем выборки, п	10	10	39	39
Минимум	54,7	57,7	115,3	37,7
Максимум	111,6	105,4	460,3	210,0
Размах варьирования	56,9	47,7	345,0	172,3
Среднее значение	92,9	87,7	172,2	80,5
Стандартное отклонение	16,4	16,6	70,6	39,1
Коэффициент вариации, %	17,7	19,0	41,0	48,6
Оценка коэффициента вариации	Средняя	Средняя	Очень высокая	Очень высокая

Таблица 1 - Статистические параметры варьирования содержания подвижного фосфора (в мг/кг) в карбонатных и бескарбонатных черноземных почвах при определении фосфора по методам Мачигина, Чирикова и Олсена.

Из данных таблицы можно сделать вывод, что в карбонатных черноземных почвах методы Мачигина и Олсена характеризуются близкими значениями содержания доступного фосфора, 92,9 и 87,7 мг/кг соответственно. Пространственная вариабельность показателей – средняя. В бескарбонатных почвах среднее содержание доступного фосфора по методу Чирикова (172,7 мг/кг) примерно в два раза выше среднего содержания (80,5 мг/кг), получаемого по методу Олсена. Пространственная вариабельность показателей – очень высокая. При этом между данными определения доступного фосфора отечественными методами и методом Олсена наблюдается тесная статистически значимая корреляция. Коэффициент корреляции Пирсона в бескарбонатных почвах составляет 0,87, в карбонатных -0,91. Определение содержания подвижного фосфора по методу Олсена дает близкие средние значения и показатели вариабельности, как в карбонатных, так и бескарбонатных черноземах. В целом метод Олсена может оцениваться как перспективный метод для проведения агрохимического обследования под дифференцированное внесение минеральных удобрений в зоне одновременного распространения карбонатных и бескарбонатных пахотных черноземных. При этом многие сравнивают данный метод с методом Мачигина и утверждают, что несмотря на то, что при определении фосфора на одной и той же почве данные сильно

варьируют, но класс обеспеченности фосфором получается одинаковым. Поэтому, можно сделать вывод, что метод Олсена аналогичен методу Мачигина, но в отличие от него может использоваться также для кислых почв с содержанием карбонатов.

Список источников

1. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник / М. К. Каюмов. - М.: Росагропромиздат, 1989. - 368 с.: ил.
2. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев; 2е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «КолосС», 2004. – 720 с.
3. М. Пансю, Ж. Готеру Анализ почвы. Справочник. Минералогические, органические и неорганические методы анализа: пер. 2-го англ. изд. под ред. Д. А. Панкратова - СПб.: ЦОП «Профессия», 2014. - 800 с.
4. Oliver, M. A. Geostatistical Applications for Precision Agriculture / M. A. Oliver; editor M. A. Oliver // Springer Science+Business Media B.V. 2010. 325 p.
5. Сахабиев И.А. Оценка разных схем составления объединенных проб для создания интерполированных карт обеспеченности пахотных угодий доступными элементами питания / И.А. Сахабиев, Е.В. Смирнова, К.Г. Гиниятуллин, К.А. Гордеева, Л.И. Латыпова // Плодородие. - 2020. -4 (115). С.-47-52.
6. Христенко А.А. Подвижность “подвижных“ элементов питания растений в почвах//Вестник аграрной науки. -2009 г. - № 8. -С.16-20
7. Якушев, В. В. Перспективы «умного сельского хозяйства» в России / В. В. Якушев, В. П. Якушев. - DOI: 10.31857/S086958730001690-7. - Текст: электронный // Вестник Российской академии наук. - 2018. - Т. 88. - № 9. - С. 773-784.
8. Якушев, В. П. Цифровые технологии точного земледелия в реализации приоритета «умное сельское хозяйство» России / В. П. Якушев. - DOI: 10.30850/vrsn/2019/2/11-15. - Текст: электронный // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2019. - № 2. - С. 11-15.