

АГРОНОМИЯ

УДК 631.85:633.1:631.445.4

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-264-10-5-10

Г.И. Ткаченко

G.I. Tkachenko

ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ ЗЕРНОВЫХ НА ЧЕРНОЗЁМЕ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

VERIFICATION OF THE METHOD OF POTENTIAL DIAGNOSTICS OF PHOSPHORUS NUTRITION OF GRAIN CROPS ON THE CHERNOZEM OF THE NOVOSIBIRSK REGION'S OB RIVER AREA

Ключевые слова: фосфор, чернозём, диагностика, обеспеченность, метод анализа, удобрение, доза, урожай, прибавка, динамика.

Keywords: phosphorus, chernozem, diagnostics, availability, analysis method, fertilizer, application rate, yield, gain, dynamics.

Представлены результаты исследований по оценке химических методов почвенной диагностики фосфорного питания зерновых культур на чернозёме выщелоченном Новосибирского Приобья. Проведено испытание 3 методов: Чирикова (0,5 н CH_3COOH), Карпинского-Замятиной (0,03 н K_2SO_4), Николова (0,2 н $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5(\text{NH}_4)_2$). В 2-летних полевых мелкоделёжных опытах (9 м²) в Ордынском районе Новосибирской области на фоне $\text{N}_{60}\text{K}_{60}$ вносили под яровую пшеницу сорта Новосибирская 31 аммофос из расчёта 30, 60 и 90 кг/га д.в. Исходная обеспеченность почвы P_2O_5 по Чирикову свидетельствовала об отсутствии потребности зерновых в дополнительном внесении фосфора, при этом методы Карпинского-Замятиной и Николова показывали его дефицит. Полевыми исследованиями установлено высокое положительное действие фосфорных удобрений на урожай яровой пшеницы. В среднем за 2 года урожай зерна от 30 и 60 кг фосфора, в сравнении с контролем, увеличился на 24 и 28% соответственно. Увеличение дозы удобрения до 90 кг/га обеспечило повышение сбора зерна в 2021 г. на 40%, а в опыте 2022 г. – на 50%. Результаты структурного анализа урожая показывают, что рост урожая пшеницы от внесения фосфорного удобрения происходил в основном за счёт массы колоса. Вносимые удобрения не влияли на количество растений и массу 1000 зерен. Данные исследований по динамике подвижного фосфора в пахотном слое почвы позволили сделать предварительную оценку изучаемых химических методов диагностики. Реальное фосфатное состояние почвы отражали методы Карпинского-Замятиной и Николова. Стандартный химический метод Чирикова для целей периодической диагностики на чернозёме выщелоченном Новосибирского Приобья был непригоден.

The research findings on the evaluation of chemical methods of soil diagnostics regarding phosphorus nutrition of grain crops on leached chernozem of the Novosibirsk Region's Ob River area are discussed. Three methods were tested: Chirikov (0.5 N CH_3COOH), Karpinsky-Zamyatina (0.03 N K_2SO_4), Nikolov (0.2 N $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_5(\text{NH}_4)_2$). In two-year small-plot field experiments (9 m²) in the Ordynskiy District of the Novosibirsk Region, against the background of $\text{N}_{60}\text{K}_{60}$, ammonium phosphate fertilizer was applied to spring wheat of the Novosibirskaya 31 variety at the rate of 30, 60 and 90 kg ha of the active ingredient. The initial supply of P_2O_5 in the soil according to Chirikov indicated no need for additional phosphorus application to grain crops, while the methods of Karpinsky-Zamyatina and Nikolov showed its deficiency. The field studies revealed a high positive effect of phosphorus fertilizers on spring wheat yield. On two-year average, grain yields increased by 24% and 28%, respectively, with 30 and 60 kg of phosphorus as compared to the control. Increasing the fertilizer application rate to 90 kg ha increased grain yield by 40% in 2021 and by 50% in the 2022 trial. The results of a structural analysis of the yield showed that the increase of wheat yield through phosphorus fertilizer application was primarily due to ear weight. The applied fertilizers did not affect plant number or thousand-kernel weight. The research data on the dynamics of mobile phosphorus in the arable soil layer allowed for a preliminary assessment of the chemical diagnostic methods being studied. The actual phosphate status of the soil was reflected by the methods of Karpinsky-Zamyatina and Nikolov. The standard chemical method of Chirikov was unsuitable for periodic diagnostics on leached chernozem in the Novosibirsk Region's Ob River area.

Ткаченко Галина Ивановна, к.б.н., вед. науч. сотр., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: Da012gala@mail.ru.

Tkachenko Galina Ivanovna, Cand. Bio. Sci., Leading Researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: Da012gala@mail.ru.

Введение

Важнейшим условием получения высокой продуктивности агроценозов и качества продукции является применение удобрений [1, 2]. Для разработки системы применения удобрений и проведения агроэкологической оценки земель особую актуальность приобретает изучение обеспеченности сельскохозяйственных культур доступными формами элементов питания, т.е. диагностика минерального питания [3, 4]. Периодическая диагностика фосфорного питания основывается на химическом определении биологически доступного для растений фосфора в почве. Государственной агрохимической службой РФ для некарбонатных чернозёмов в качестве стандарта рекомендован метод Чирикова [5]. Практическое использование данного метода на почвах Сибири обнаружило противоречия между показаниями обеспеченности подвижным фосфором и отзывчивостью культур на вносимые удобрения. При повышенном и даже высоком содержании в почве P_2O_5 наблюдалось положительное действие фосфорсодержащих туков [6-8]. Происходит это за счёт того, что 0,5 н уксусная кислота частично растворяет недоступные растениям формы фосфатных минералов, что и искажает истинное плодородие почвы [9, 10]. Попытки совершенствования стандартной шкалы для чернозёмов ряда областей Западной Сибири, основанные на данных вегетационных опытов и ограниченном количестве полевых исследований [11], не привели к ожидаемым результатам. Реальное совершенствование метода диагностики связано с выбором реагента, извлекающего из почвы только доступное растениям количество минеральных фосфатов [12-14]. Жёсткие кислотные вытяжки за рубежом давно заменены солевыми и буферными [15, 16]. Учёными Сибирского НИИ земледелия и химизации [17, 18] на основе химического анализа почвы опытных полей были апробированы некоторые зарубежные методы анализа.

Цель исследований – сравнительное изучение адекватности методов почвенной диагностики фосфорного питания зерновых культур в полевых опытах. В **задачи** исследований входило определение действия фосфорсодержа-

щих удобрений на урожай яровой пшеницы и его структуру, а также динамику фосфатного состояния почвы.

Объекты и методы

Полевые исследования проводились в 2021 и 2022 гг. на чернозёме выщелоченном в Ордынском районе Новосибирской области. Варианты опыта: 1 – контроль (N60K60 – фон); 2 – NK + P30; 3 – NK + P60; 4 – NK + P90. Аммофос, аммиачную селитру и калий хлористый вносили разбросным способом на каждую делянку, заделывая в почву. Площадь опытной делянки – 9 м², повторность опыта четырехкратная. Яровая пшеница сорта Новосибирская 31 возделывалась по интенсивной технологии. Методика проведения опытов представлена нами ранее [18].

Для агрохимической характеристики почвы на опытном участке из пахотного слоя отбирали образцы перед закладкой опыта и после его окончания. Валовое содержание гумуса, азота, фосфора и калия свидетельствует о высоком потенциальном плодородии почвы опытных полей (табл. 1). Обеспеченность полей нитратным азотом по зерновому предшественнику в 2021 г. низкая, в 2022 г. – средняя. Количество обменного калия в вытяжке Чирикова – очень высокое.

Обеспеченность почвы подвижным фосфором определялась 3 химическими методами: Чирикова (0,5 н CH_3COOH) [5], Карпинского-Замятиной (0,03 н K_2SO_4) [5] и Николова (0,2 н $C_4H_4O_5(NH_4)_2$ – яблочно-кислый аммоний) [15].

Исходное содержание подвижного фосфора по стандарт-методу свидетельствует об отсутствии необходимости внесения фосфорных удобрений, легкоподвижного фосфора по Карпинскому-Замятиной в оба года опытов – среднее. Метод Николова показал среднее количество P_2O_5 в 2021 г. и низкое в 2022 г.

По основным характеристикам метеоусловий вегетационный период 2022 г. в сравнении со среднемноголетними показателями отличался недобором осадков и был средnezасушливым, 2021 г. был благоприятным по условиям увлажнения.

Таблица 1

Агрохимическая характеристика пахотного слоя чернозёма выщелоченного

Содержание и обеспеченность для зерновых культур						
гумус, %	азот*, %	фосфор**, %	калий*, %	подвижный фосфор по методу, мг/кг		
				Чирикова	Карпинского-Замятиной	Николова
2021 г.						
7,19	0,37	0,17	0,89	117,5 повышенная	0,42 средняя	20,0 средняя
2022 г.						
6.80	0.33	0.16	1.08	90.0 средняя	0.37 средняя	14.6 низкая

Примечание. *Общее содержание элемента; **валовое содержание элемента.

Результаты исследований и их обсуждение

В полевых опытах при среднем в 2022 г. и повышенном в 2021 г. исходном содержании фосфора в почве по Чирикову отмечено высокое положительное действие фосфорсодержащих удобрений (табл. 2). Наиболее высокий уровень урожайности и прибавки зерна пшеницы от добавочного фосфора отмечены в благоприятном по погодным условиям 2021 г. Вне зависимости от погодных условий проведения опыта в среднем за два года исследований отмечена одинаковая эффективность – 30 и 60 кг/га фосфора удобрений. Увеличение дозы удобрения до 90 кг/га обеспечило повышение сбора зерна в 2021 г. на 40%, а в опыте 2022 г. – на 50%.

Анализ структуры урожайности яровой пшеницы позволил установить влияние отдельных элементов на её формирование. Количество растений на единице площади не зависело от дозы внесения фосфорных удобрений и определялось лишь условиями вегетации. В благоприятном 2021 г. количество растений варьировало в пределах 4,3-4,7, а в 2022 г. было значительно ниже – 3,1-3,5 млн/га. При внесении удобрений повышалось количество продуктивных стеблей, что позитивно сказалось на урожайности пшеницы. В 2021 г. при внесении 60 и 90 кг д.в. аммофоса коэффициент кущения уве-

личился на 20% по сравнению с контролем, в 2022 г. его достоверное повышение отмечено лишь на максимальной дозе аммофоса. Сбор зерна от фосфорного удобрения в опытах повышался в основном за счёт массы колоса. Наиболее ярко это прослеживалось в опыте 2021 г. Масса колоса на варианте Р30 составила 1,10 г, что на 28% выше, чем на контроле, дальнейшее увеличение дозы тука повышало этот показатель до 35%. Внесение фосфора не влияло на массу 1000 зёрен.

Данные по динамике содержания подвижного фосфора в почве позволили предварительно оценить пригодность изучаемых химических методов для диагностики условий фосфорного питания зерновых (табл. 3). Количество подвижного фосфора в почве, извлекаемого из почвы уксуснокислой вытяжкой по методу Чирикова, не зависело от варианта удобрения. В опыте 2021 г. по всем вариантам под вегетирующими растениями от весны к осени отмечалось накопление P_2O_5 , что, по нашему мнению, обусловлено активной мобилизацией фосфора самой почвой при благоприятных условиях погоды. В опыте следующего года, также вне зависимости от внесения фосфорных удобрений, количество фосфора в почве в течение вегетации варьировало в пределах одной градации.

Таблица 2

Урожайность зерна в полевых опытах при внесении разных доз аммофоса, т/га

Вариант	2021 г.	2022 г.	Среднее	Прибавка	
				т/га	%
Фон (НК)	4,00	1,64	2,82	-	-
НКР30	5,08	1,90	3,49	0,67	24
НКР60	5,30	1,95	3,62	0,80	28
НКР90	5,65	2,46	4,06	1,24	44
НСП ₀₅	0,20	0,19			

Динамика P_2O_5 в почве при внесении разных доз фосфорных удобрений

Вариант	Содержание подвижного фосфора по методу, мг/кг		
	Чирикова	Карпинского-Замятиной	Николова
Опыт 2021 г.			
До закладки опыта			
Фон (НК)	118 ^a	0,47 ^c	20,0 ^c
По окончании опыта			
Фон (НК)	152 ^a	0,43 ^c	14,6 ^d
NKP30	169 ^a	0,78 ^b	26,6 ^c
NKP60	182 ^a	0,76 ^b	32,0 ^c
NKP90	187 ^a	1,28 ^a	42,2 ^a
Опыт 2022 г.			
До закладки опыта			
Фон (НК)	90 ^c	0,37 ^c	14,6 ^d
По окончании опыта			
Фон (НК)	74 ^c	0,10 ^d	8,7 ^d
NKP30	79 ^c	0,21 ^d	9,7 ^d
NKP60	84 ^c	0,33 ^d	13,4 ^d
NKP90	84 ^c	0,38 ^c	18,4 ^c

Примечание. Буквами обозначена обеспеченность зерновых по разным методам: а – высокая, в – повышенная, с – средняя, d – низкая.

Химический метод диагностики Карпинского-Замятиной отражал изменения фосфатного состояния почвы. В опыте 2021 г. при более высоком исходном содержании легкодоступного фосфора отчётливо наблюдалось пополнение фонда минерального фосфора почвы за счёт вносимых удобрений. При внесении 90 кг д.в. аммофоса содержание P_2O_5 в пахотном слое почвы повысилось в 2,7 раза. В опыте 2022 г. на вариантах с 30 и 60 кг удобрения отмечалось потребление внесённого фосфора растениями, лишь доза 90 кг позволила сохранить исходную обеспеченность растений доступным фосфором.

Вытяжка Николова (яблочно-кислый аммоний) также чувствительна к внесению удобрений. Наиболее отчётливо это прослеживается в опыте 2021 г., где почва имела более высокое исходное содержание подвижного фосфора. Установлено, что внесение 30 и 60 кг P_2O_5 в сложившихся условиях вегетации обеспечило благоприятное фосфорное питание растений. Между тем максимальная доза удобрения способствовала накоплению в почве доступного растениям фосфора, которое по шкале обеспеченности для данного метода классифицируется как «высокое». В опыте 2022 г. в бедной по

фосфору почве лишь максимальная доза аммофоса способствовала улучшению её фосфатного состояния.

Заключение

В двухлетних полевых опытах на чернозёме выщелоченном Новосибирского Приобья из трёх испытанных химических методов оперативной диагностики фосфорного питания реальное фосфатное состояние отражали методы Карпинского-Замятиной (0,03 н K_2SO_4) и Николова (0,2 н $C_4H_4O_5(NH_4)_2$). По причине неадекватности оценки обеспеченности некарбонатных чернозёмов фосфором с помощью стандартного метода Чирикова (0,5 н CH_3COOH) считаем невозможным использование его в практическом земледелии региона.

Библиографический список

1. Юшкевич, Л. В. Эффективность использования агротехнологических приёмов возделывания мягкой яровой пшеницы в повышении продуктивности и качества зерна в Омской области / Л. В. Юшкевич, И. В. Пахотина, А. Г. Щитов. – Текст: непосредственный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета

(Вестник КрасГАУ). – 2021. – № 7 (172). – С. 26-34.

2. Измаилова, Д. С. Влияние азотных удобрений и органоминеральных препаратов на урожайность и качество зерна твёрдой пшеницы / Д. С. Измаилова, А. М. Изотов. – Текст: непосредственный // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (25). – С. 113-123.

3. Макаров, В. И. Агрохимическое обследование и мониторинг плодородия почв: учебное пособие / В. И. Макаров, А. Н. Юсупов; ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2020. – 187 с. – С. 86-92. – Текст: непосредственный.

4. Диагностические основы оптимизации минерального питания культур зерносвекловичного севооборота на чернозёме типичном / С. И. Тютюнов, В. В. Никитин, В. Д. Соловиченко [и др.]. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2019. – № 8. – С. 77-82.

5. Агрохимические методы исследования почвы. – Москва: Наука, 1975. – 494 с. – Текст: непосредственный.

6. Гамзиков, Г. П. Характеристика методов определения подвижного фосфора в чернозёмах Западной Сибири / Г. П. Гамзиков, С. М. Поставская. – Текст: непосредственный // Химия в сельском хозяйстве. – 1975. – № 2. – С. 71-75.

7. Содержание доступного фосфора и эффективность фосфорных удобрений на чернозёмах Новосибирской области / В. Д. Лангольф, С. С. Аверкина, А. С. Никитин [и др.]. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1976. – № 3 (33). – С. 1-5.

8. Ткаченко, Г. И. Проблемы диагностики условий фосфорного питания зерновых на чернозёмах Сибири / Г. И. Ткаченко, С. С. Аверкина. – Текст: непосредственный // Теория и практика современной аграрной науки: сборник материалов III национальной (Всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 28 февраля 2020 года. – Новосибирск, 2020. – С. 570-573.

9. Берхин, Ю. И. Диагностика условий фосфорного питания сельскохозяйственных культур в Западной Сибири / Ю. И. Берхин, Е. Г. Чагина, Е. Д. Янцен. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1989. – № 6. – С. 112-116.

10. Недбаев, В. Н. Динамика содержания подвижного фосфора в зональных почвах Курской области и урожайность сельскохозяйствен-

ных культур / В. Н. Недбаев, Д. И. Жилаков. – Текст: непосредственный // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3. – С. 41-47.

11. Антипина, Л. П. Проблемы фосфора в земледелии Западной Сибири / Л. П. Антипина. – Текст: непосредственный // Почвенно-агрохимические проблемы интенсификации земледелия Сибири: сборник научных трудов СибНИИЗиХ СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1989. – С. 110-128.

12. Аверкина, С. С. Региональные особенности и оценка методов определения подвижных фосфатов в почвах Новосибирской области / С. С. Аверкина. – Текст: непосредственный // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3 (52). – С. 7-16.

13. Нечаева, Т. В. Влияние калибровочных растворов на результаты определения содержания подвижного фосфора в почвах / Т. В. Нечаева. – Текст: непосредственный // Почвы и окружающая среда. – 2022. – Т. 5, № 4. – С. 1-9.

14. Khan, Z., Tabasum, A., Muhammad, D., et al. (2024). Comparative Analysis of Soil Phosphorus Determination Methods and Their Correlation with Plant Phosphorus in Standing Wheat Crops. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 12. 568-574. DOI: 10.24925/turjaf.v12i4.568-574.6393.

15. Христенко, А. А. Проблемы совершенствования диагностики фосфатного состояния почв / А. А. Христенко, А. П. Нешта. – Текст: непосредственный // Плодородие и агрохимия. – 2014. – № 2 (53). – С. 103-110.

16. Николов Н.А. 9-th World Fertilizer Congress Proceedings. Budapest, 1984. P. 274. – Текст: непосредственный.

17. Берхин, Ю. И. Совершенствование почвенной диагностики фосфорного питания / Ю. И. Берхин, Е. Г. Чагина, Е. Д. Янцен. – Текст: непосредственный // Химия в сельском хозяйстве. – 1989. – № 4. – С. 49-52.

18. Ткаченко, Г. И. Сравнение методов почвенной диагностики фосфора на чернозёмах Новосибирского Приобья / Г. И. Ткаченко. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – № 12 (313). – С. 15-21.

References

1. Yushkevich, L.V. Effektivnost ispolzovaniya agrotekhnologicheskikh priemov vozdeystviya myagkoy yarovoy pshenitsy v povyshenii produktivnosti i kachestva zerna v Omskoy oblasti / L.V. Yushkevich, I.V. Pakhotina, A.G. Shchitov // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 7 (172). – S. 26-34.
2. Izmailova, D.S. Vliyaniye azotnykh udobreniy i organo-mineralnykh preparatov na urozhaynost i kachestvo zerna tverдой pshenitsy / D.S. Izmailova, A.M. Izotov // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. – 2021. – No. 1 (25). – S. 113-123.
3. Makarov, V.I. Agrokhimicheskoe obsledovanie i monitoring plodorodiya pochv: uchebnoye posobie / V.I. Makarov, A.N. Yusupov // FGBOU VO Izhevskaya GSKhA. – Izhevsk, 2020. – S. 86-92.
4. Tyutyunov, S.I., Diagnosticheskie osnovy optimizatsii mineralnogo pitaniya kultur zernosvekovichnogo sevooborota na chernozeme tipichnom / S.I. Tyutyunov, V.V. Nikitin, V.D. Solovichenko [dr.] // Agrokhimiya. – 2019. – No. 8. – S. 77-82.
5. Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochvy. – Moskva: Nauka, 1975. – 494 s.
6. Gamzikov, G.P. Kharakteristika metodov opredeleniya podvizhnogo fosfora v chernozemakh Zapadnoy Sibiri / G.P. Gamzikov, S.M. Postavskaya // Khimiya v selskom khozyaystve. – 1975. – No. 2. – S. 71-75.
7. Langolf, V.D. Soderzhanie dostupnogo fosfora i effektivnost fosfornykh udobreniy na chernozemakh Novosibirskoy oblasti / V.D. Langolf, S.S. Averkina, A.S. Nikitin [dr.] // Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. – 1976. – No. 3 (33). – S. 1-5.
8. Tkachenko, G.I. Problemy diagnostiki usloviy fosfornogo pitaniya zernovykh na chernozemakh Sibiri / G.I. Tkachenko, S.S. Averkina // Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki: sbornik materialov III natsionalnoy (Vserossiyskoy) nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Novosibirsk, 2020. – S. 570-573.
9. Berkhin, Yu.I. Diagnostika usloviy fosfornogo pitaniya selskokhozyaystvennykh kultur v Zapadnoy Sibiri / Yu.I. Berkhin, E.G. Chagina, E.D. Yantsen // Agrokhimiya. – 1989. – No. 6. – S. 112-116.
10. Nedbaev, V.N. Dinamika soderzhaniya podvizhnogo fosfora v zonalnykh pochvakh Kurskoy oblasti i urozhaynost selskokhozyaystvennykh kultur / V.N. Nedbaev, D.I. Zhilakov // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2022. – No. 3. – S. 41-47.
11. Antipina, L.P. Problemy fosfora v zemledelii Zapadnoy Sibiri / L.P. Antipina // Pochvenno-agrokhimicheskie problemy intensivatsii zemledeliya Sibiri / Sbornik nauchnykh trudov SibNIIZhKh SO VASKhNIL. – Novosibirsk, 1989. – S. 110-128.
12. Averkina, S.S. Regionalnye osobennosti i otsenka metodov opredeleniya podvizhnykh fosfatov v pochvakh Novosibirskoy oblasti / S.S. Averkina // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 3 (52). – S. 7-16.
13. Nechaeva, T.V. Vliyaniye kalibrovочnykh rastvorov na rezul'taty opredeleniya soderzhaniya podvizhnogo fosfora v pochvakh / T.V. Nechaeva // Pochvy i okruzhayushchaya sreda. – 2022. – T. 5. – No. 4. – S. 1-9.
14. Khan, Z., Tabasum, A., Muhammad, D., et al. (2024). Comparative Analysis of Soil Phosphorus Determination Methods and Their Correlation with Plant Phosphorus in Standing Wheat Crops. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 12. 568-574. DOI: 10.24925/turjaf.v12i4.568-574.6393.
15. Khristenko, A.A. Problemy sovershenstvovaniya diagnostiki fosfatnogo sostoyaniya pochv / A.A. Khristenko, A.P. Neshta // Plodorodie i agrokhimiya. – 2014. – No. 2 (53). – S. 103-110.
16. Nikolov, N.A. 9th World Fertilizer Congress Proceedings. Budapest, 1984. P. 274.
17. Berkhin, Yu.I. Sovershenstvovanie pochvennoy diagnostiki fosfornogo pitaniya / Yu.I. Berkhin, E.G. Chagina, E.D. Yantsen // Khimiya v selskom khozyaystve. – 1989. – No. 4. – S. 49-52.
18. Tkachenko, G.I. Sravnenie metodov pochvennoy diagnostiki fosfora na chernozemakh Novosibirskogo Priobya / G.I. Tkachenko // Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. – 2024. – No. 12 (313). – S. 15-21.

