

Сравнение методов почвенной диагностики фосфора на черноземах Новосибирского Приобья

(✉)Ткаченко Г.И.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

(✉)e-mail: da012gala@mail.ru

Представлены данные исследований по оценке трех химических методов почвенной диагностики фосфорного питания зерновых культур на черноземе выщелоченном. В полевых мелкоделяночных опытах (9 м²) в Искитимском (почва 1) и Ордынском (почва 2) районах Новосибирской области на фоне N60K60 под яровую пшеницу вносились разные дозы аммофоса – 30, 60 и 90 кг д.в./га. Исходное содержание подвижного фосфора в почвах по методу Чирикова показывало отсутствие потребности зерновых культур в добавочном внесении фосфорных удобрений, тогда как по методам Карпинского – Замятиной и Николова отчетливо прослеживалась недостаточная обеспеченность их фосфором. Полевые исследования свидетельствуют о высоком действии фосфорсодержащих удобрений. На почве 1 урожай зерна от дозы 30 кг P₂O₅ повысился на 0,28 т/га, или 11%, в сравнении с контролем. Максимальная эффективность удобрения наблюдалась при внесении 60 кг P₂O₅. В опыте на почве 2, где заметно ниже обеспеченность P₂O₅, положительное действие аммофоса наиболее отчетливо. Максимальная прибавка зерна получена от 90 кг P₂O₅ – 0,82 т/га (на 50% выше, чем на контроле). При внесении 90 кг фосфорных удобрений д.в./га наблюдалось значительное повышение коэффициента кущения растений. Повышение урожая зерна от добавочного фосфора происходило за счет увеличения массы колоса пшеницы. Так, на почве 2 масса колоса в вариантах P60 и P90 была соответственно на 23 и 36% выше, чем на контроле. Данные по динамике содержания подвижного фосфора в почве позволили предварительно оценить объективность трех изучаемых химических методов диагностики условий фосфорного питания. Подтверждена неадекватность стандартного метода Чирикова для целей почвенной диагностики на черноземе выщелоченном Новосибирского Приобья. Реальную обеспеченность зерновых культур фосфором отражали химические методы анализа почвы по Карпинскому – Замятиной и Николу.

Ключевые слова: фосфор, чернозем, яровая пшеница, урожай, метод определения, обеспеченность

Comparison of the methods of soil phosphorus diagnostics on the chernozems of the Novosibirsk Priobye

(✉)Tkachenko G.I.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

(✉)e-mail: da012gala@mail.ru

Research data on the evaluation of three chemical methods for soil diagnostics of phosphorus nutrition of grain crops on leached chernozem is presented. In small-plot field experiments (9 m²) in the Iskitimsky (soil 1) and Ordynsky (soil 2) districts of the Novosibirsk region, against the background of N60K60, different doses of ammophos were applied to spring wheat – 30, 60 and 90 kg a.i./ha. The initial content of mobile phosphorus in the soils according to the Chirikov method showed that there was no need for grain crops to additionally apply phosphorus fertilizers, while according to the methods of Karpinsky-Zamyatina and Nikolov, their insufficient supply of phosphorus was clearly visible. Field studies indicate the high effect of phosphorus-containing fertilizers. On soil 1, grain yield from 30 kg P₂O₅ increased by 0.28 t/ha, or 11% compared to the control. The maximum efficiency of the fertilizer was observed when applying 60 kg of P₂O₅. In experiment on soil 2, where the supply of P₂O₅ is noticeably lower, the positive effect of ammophos is most pronounced. The maximum increase in grain was obtained from 90 kg of P₂O₅ – 0.82 t/ha (50% higher than in the control). When applying 90 kg of phosphorus fertilizers per hectare, a significant increase in the tillering coefficient of plants

was observed. The increase in grain yield from additional phosphorus occurred due to an increase in the weight of the wheat ear. So on soil 2, the weight of the ear in the P60 and P90 variants was 23 and 36% higher, respectively, than in the control. Data on the dynamics of the content of mobile phosphorus in the soil made it possible to preliminary assess the objectivity of the three studied chemical methods for diagnosing the conditions of phosphorus nutrition. The inadequacy of the standard Chirikov method for the purposes of soil diagnostics on leached chernozem of the Novosibirsk Ob region has been confirmed. The actual supply of grain crops with phosphorus was reflected by chemical methods of soil analysis according to Karpinsky-Zamyatina and Nikolov.

Keywords: phosphorus, chernozem, spring wheat, harvest, determination method, provision

Для цитирования: Ткаченко Г.И. Сравнение методов почвенной диагностики фосфора на черноземах Новосибирского Приобья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 12. С. 15–21. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-12-2>

For citation: Tkachenko G.I. Comparison of the methods of soil phosphorus diagnostics on the chernozems of the Novosibirsk Priobye. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2024, vol. 54, no. 12, pp. 15–21. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-12-2>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке бюджетного финансирования НИР по теме ГЗ СФНЦА РАН № 0533-2021-0005.

Acknowledgements

The work was carried out with the support of the budgetary funding for research on the topic of the State Fund of the Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences No. 0533-2021-0005.

ВВЕДЕНИЕ

Фосфор имеет особую значимость среди элементов питания для растений. Он контролирует практически все биохимические процессы, что определяет его первостепенное значение в формировании высоких урожаев сельскохозяйственных культур [1, 2]. Фосфор находится в составе органических, минеральных и органоминеральных компонентов почвы, соотношение между которыми и определяет ее фосфатное состояние, значит, и уровень плодородия [3, 4].

Агроэкологическая оценка обеспеченности сельскохозяйственных культур элементами питания имеет важное значение для разработки экономически и экологически обоснованных систем применения удобрений [5]. В этой связи особую актуальность приобретает значение диагностика минерального питания. Отсутствие унифицированных методов почвенной диагностики доступного

фосфора не позволяет в полной мере оценивать эффективность внесения удобрений и специфику трансформации фосфора в почве.

Для оценки обеспеченности некарбонатных черноземов фосфором в нашей стране был рекомендован метод Чирикова (0,5 н уксуснокислая вытяжка). Этот метод до настоящего времени широко используется при агрохимических обследованиях пахотных земель [6]. Между тем данными опытных учреждений и практиков сельского хозяйства на черноземах Западной Сибири, в том числе Омского Прииртышья, Новосибирской области и Алтайского края, было установлено, что данный метод дает завышенные показатели и не отражает обеспеченность почвы доступным для растений фосфором¹⁻³.

Даже при высокой обеспеченности подвижным фосфором отмечалось положительное действие фосфорных удобрений. Причиной неадекватности рекомендованного мето-

¹Гамзиков Г.П., Поставская С.М. Характеристика методов определения подвижного фосфора в черноземах Западной Сибири // Химия в сельском хозяйстве. 1975. № 2. С. 71–75.

²Лангольф В.Д., Аверкина С.С., Никитин А.С., Васильев В.А., Тихобаева З.И. Содержание доступного фосфора и эффективность фосфорных удобрений на черноземах Новосибирской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 1976. № 3 (33). С. 1–5.

³Олифер В.А. О целесообразности использования метода Чирикова для определения обеспеченности почв подвижными фосфатами // Научно-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ. Новосибирск, 1987. Вып. 8. С. 14–17.

да является экстракция из почвы недоступных растениям фосфорных соединений [7]. Установлена тесная корреляционная зависимость наличия фосфора в крепкой кислотной вытяжке с количеством его в V фракции минерального фосфора по Гинзбург – Лебедевой. Фосфаты, по прочности связей подобные фосфориту-апатиту, недоступны растениям. В исследованных сибирских черноземах такие соединения фосфора составляют более 50% от общего количества, перешедшего в уксуснокислую вытяжку⁴.

Попытки исследователей приспособить стандартный метод путем корректировки рекомендуемых шкал для многих регионов оказались бесперспективными [8]. Важнейшим направлением решения проблемы почвенной диагностики является выбор химического метода диагностики⁵ [9–12].

Перспективно использовать не кислотные, а щелочные или солевые вытяжки. Об этом свидетельствуют результаты исследований как в нашей стране [9], так и за рубежом⁶.

В этой связи считаем, что подобный подход к выбору химического метода диагностики фосфорного питания должен быть использован и для почв Западной Сибири.

Цель исследования – определение адекватности почвенной диагностики различных химических методов оценки фосфорного питания яровой пшеницы в полевых опытах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2022 г. на черноземе выщелоченном Новосибирского Приобья в двух районах области: Ордынском (МО «Пролетарский сельский совет») и Искитимском (АО «Полевод»). Агрохимическая характеристика почв представлена в табл. 1.

Потенциальное плодородие почвы 2 из Ордынского района выше, чем почвы 1. Количество подвижного фосфора, определенного по методу Чирикова, очень высокое в почве 1 и среднее в почве 2. Обеспеченность зерновых культур легкоподвижным (по Карпинскому – Замятиной) фосфором в почвах опыта средняя. Содержание подвижного фосфора по методу Николова свидетельствует о нуждемости зерновых в фосфорном удобрении. Аналогичные закономерности установлены нами ранее в почвах Новосибирской области с существенным различием в исходной обеспеченности подвижным фосфором [13].

Табл. 1. Агрохимическая характеристика пахотного слоя черноземов, использованных в полевых опытах

Table 1. Agrochemical characteristics of the arable layer of chernozems used in field experiments

Показатель	Почва 1 АО «Полевод» Искитимского района	Почва 2 МО «Пролетарский сельский совет» Ордынского района
Гумус, %	3,7	6,8
Азот общий (N), %	0,31	0,33
Фосфор валовой (P), %	0,14	0,16
Калий общий (K), %	1,05	1,08
pH _{водн}	7,30	7,25
P ₂ O ₅ по Чирикову, мг/кг	285 (очень высокое)	90,0 (среднее)
P ₂ O ₅ по Карпинскому – Замятиной, мг/кг	0,48 (среднее)	0,37 (среднее)
P ₂ O ₅ по Николову, мг/кг	29,6 (среднее)	14,6 (низкое)
N-NO ₃ , мг/кг	3,3 (очень низкое)	10,2 (среднее)
K ₂ O по Чирикову, мг/кг	182 (очень высокое)	398,4 (очень высокое)

⁴Берхин Ю.И., Чагина Е.Г., Янцен Е.Д. Диагностика условий фосфорного питания сельскохозяйственных культур в Западной Сибири // Агрохимия. 1989. № 6. С. 112–116.

⁵Антипина Л.П. Проблема фосфора в земледелии Западной Сибири // Повенно агрохимические проблемы интенсификации земледелия Сибири. Сб. науч. тр. СибНИИЗиХ. Новосибирск, 1989. С. 110–128.

⁶Христенко А.А., Иванова С.В. Проблема повышения точности диагностики фосфатного состояния почв Украины // Питание растений. 2011. № 2. С. 6–9.

Варианты полевых опытов: 1 – контроль (фон N60K60); 2 – фон + P30; 3 – фон + P60; 4 – фон + P90. Дозы минеральных удобрений условно просчитаны в килограммах действующего вещества на один гектар. Удобрения (аммиачная селитра, калий хлористый и аммофос) вносили разбросным способом и затем заделывали в почву. Площадь делянки в опытах – 9 м², повторность – 4-кратная. Высеивалась яровая пшеница сорта Новосибирская 31. Почвенные образцы из пахотного слоя отбирали при закладке и после окончания опыта. Подвижный фосфор в почве определяли химическими методами: Чирикова (0,5 н CH₃COOH, pH 2,5, почва: раствор 1 : 25)⁷, Карпинского – Замятиной (0,03 н K₂SO₄, почва: раствор 1 : 5)⁷ и Николова (аммоний яблочнокислый, pH 5,7, почва: раствор 1 : 20)⁸. Шкалы обеспеченности использованных методов приведены в табл. 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные полевых исследований свидетельствуют о высоком действии фосфорсодержащих удобрений (см. табл. 3).

В опыте на почве 1 урожай зерна от 30 кг P₂O₅ повысился на 11%. Максимальное действие тука отмечалось при внесении 60 кг д.в. аммофоса. Сбор зерна в сравнении с контролем повысился на 0,54 т, или 22%.

Табл. 2. Шкалы обеспеченности фосфором зерновых культур для химических методов

Table 2. Scales of phosphorus supply of grain crops for chemical methods

Обеспеченность растений фосфором, мг P ₂ O ₅ /кг	Метод		
	Чирикова	Карпинского – Замятиной	Николова
Очень низкая	< 20		
Низкая	21–50	< 0,35	< 17
Средняя	51–100	0,36–0,65	18–35
Повышенная	101–150	0,66–1,0	36–52
Высокая	151–200	> 1,0	> 52
Очень высокая	> 200		

Дальнейшее увеличение дозы фосфора до 90 кг/га не приводило к повышению урожайности. В почве 2, где заметно ниже обеспеченность доступным для растений фосфором, положительное действие аммофоса проявилось наиболее отчетливо. На вариантах P30 и P60 урожайность зерна повысилась на 16 и 19% соответственно. Наиболее высокая прибавка зерна получена при внесении 90 кг P₂O₅ – сбор зерна в сравнении с контролем увеличился на 50%.

Структурный анализ урожая яровой пшеницы позволил выявить влияние отдельных элементов на его формирование (см. табл. 4).

Установлено, что количество растений в опытах не зависело от фосфорного удобрения. В условиях 2022 г. яровая пшеница кустилась слабо. Достоверное повышение коэффициента кущения в обоих случаях отмечено лишь на максимальной дозе аммофоса. Повышение урожая зерна от вносимого фосфора произошло за счет увеличения массы колоса. Наиболее заметно это в опыте на черноземе Ордынского района. Масса колоса в вариантах P60 и P90 была на 23 и 36% выше, чем на контроле. На почве 1 в другой географической точке повышенные дозы удобрения увеличивали данный показатель в среднем только на 11%. Масса 1000 зерен не зависела от дозы вносимых удобрений.

Табл. 3. Эффективность аммофоса в полевых опытах

Table 3. Efficiency of ammophos in field experiments

Показатель	Почва 1				Почва 2			
	Фон (НК)	P30	P60	P90	Фон (НК)	P30	P60	P90
Урожай зерна, т/га	2,45	2,73	2,99	2,87	1,64	1,90	1,95	2,46
Прибавка, т/га		0,28	0,54	0,42		0,26	0,31	0,82
Прибавка, %		11	22	17		16	19	50
НСР ₀₅		0,22				0,19		

⁷Гинзбург К.Е. Методы определения фосфора в почве // Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. С. 106–187.

⁸Nikolov N.A. Condition for Selektion a soil Phosphorus Test for a Rang of oliferent Soils.9th WorldFertilizerCongressProcidings. Budapest, 1984. P. 274.

Табл. 4. Влияние фосфорных удобрений на формирование элементов структуры урожая
яровой пшеницы

Table 4. The influence of phosphorus fertilizers on the formation of the spring wheat harvest
structure elements

Вариант опыта	Количество растений, млн/га	Коэффициент кущения	Масса зерна, г	
			одного колоса	1000 зерен
АО «Полевод» Искитимского района (почва 1)				
NK (фон)	4,32	1,06	0,54	37,7
P30	4,47	1,07	0,58	37,0
P60	4,40	1,12	0,61	38,7
P90	4,21	1,14	0,60	37,4
HCP ₀₅	0,55	0,06	0,04	1,8
МО «Пролетарский сельский совет» Ордынского района (почва 2)				
NK (фон)	3,17	1,00	0,52	29,9
P30	3,46	1,01	0,57	31,0
P60	3,14	1,01	0,65	31,8
P90	3,49	1,03	0,72	32,0
HCP ₀₅	0,55	0,02	0,11	0,9

Данные по динамике содержания фосфора в почве позволили предварительно оценить объективность изучаемых методов диагностики условий фосфорного питания растений (см. табл. 5).

Согласно методу Чирикова, количество фосфора в почве не зависело от варианта опыта и времени определения. В почве 1 от весны к осени оно оставалось очень высоким, в почве 2 – средним.

Диагностический химический метод Карпинского – Замятиной был более чувствителен к фосфатному состоянию почвы. В почве 2 без внесения фосфорного удобрения и при низких его дозах четко прослеживалась сезонная убыль фосфора в посевах пшеницы. Максимальная доза тука способствовала некоторому повышению содержания элемента. В почве 1, при более высоком в сравнении

Табл. 5. Динамика содержания подвижного фосфора в слое почвы 0–20 см при разных дозах фосфора удобрений

Table 5. Dynamics of the content of mobile phosphorus in the 0–20 cm layer at different doses of phosphorus fertilizers

Вариант опыта	Метод Чирикова		Метод Карпинского – Замятиной		Метод Николова	
	мг/кг	обеспеченность	мг/кг	обеспеченность	мг/кг	обеспеченность
Искитимский район (почва 1)						
Весной перед закладкой опыта (до внесения удобрений)						
Контроль	285	Очень высокая	0,48	Средняя	28,5	Средняя
Осенью после уборки урожая						
NK (фон)	290	Очень высокая	0,42	Средняя	13,5	Низкая
P30	289	» »	0,41	»	17,6	»
P60	278	» »	0,45	»	17,6	»
P90	282	» »	0,72	Повышенная	20,9	Средняя
Ордынский район (почва 2)						
Весной перед закладкой опыта (до внесения удобрений)						
Контроль	90	Средняя	0,37	Средняя	14,6	Низкая
Осенью после уборки урожая						
NK (фон)	74	Средняя	0,10	Низкая	8,7	Низкая
P30	79	»	0,21	»	9,7	»
P60	84	»	0,33	»	13,4	»
P90	84	»	0,38	Средняя	18,4	Средняя

с почвой 2 значении стартового количества P_2O_5 , 0,03 н вытяжка K_2SO_4 показала накопление доступного растениям фосфора при максимальной дозе тука.

Метод Николова также показал результат потребления доступного растениям фосфора в течение вегетации на низких дозах аммофоса и накопление его в почве при размещении в почве 90 кг д.в. P_2O_5 /га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При оперативной диагностике фосфорного питания на черноземах выщелоченных Новосибирского Приобья из испытанных химических методов наилучшие результаты получены при использовании чувствительных к фосфатному состоянию экстрагентов: $C_4H_4O_5(NH_4)_2$ по Николову (подвижный фосфор) и 0,03 н K_2SO_4 по Карпинскому – Замятиной (легкоподвижный фосфор). Метод Чирикова не позволил адекватно оценить реальную обеспеченность почв фосфором, о чем свидетельствует высокое положительное действие фосфорных удобрений и динамика содержания его в почве в течение вегетации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Волынкина О.В.* Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2020. № 4 (115). С. 13–16. DOI: 10.25680/S 19948603. 2020. 115.04.
2. *Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Воронкова Н.А., Тукмачёва Е.В., Дороненко В.Д.* Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя // Агрохимия. 2019. № 2. С. 13–20. DOI: 10.1134/S0002188119020133.
3. *Плотников А.М.* Зависимость урожайности зерновых культур от содержания в почве доступных форм фосфора и калия // Вестник Курганской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 17–20.
4. *Шакиров Н.С., Бикмухаметов З.М., Хисамова Ф.Ф., Сафиоллин Ф.Н.* Изменение показателей плодородия серой лесной почвы и продуктивность культур в звене севооборота при внесении удобрений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 2 (58). С. 59–65.
5. *Нестеренко В.А., Лапушкин В.М.* Влияние обеспеченности почв подвижным фосфором и доз азотных удобрений на формирование

урожая и качество яровой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 1. С. 38–42. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-1-007.

6. *Котченко С.Г.* Мониторинг состояния плодородия пахотных земель Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 9. С. 11–14. DOI: 10.53859/02352451_2021_35_9_11.
7. *Недбаев В.Н., Жиляков Д.И.* Динамика содержания подвижных соединений фосфора в зональных почвах Курской области и урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 5. С. 41–47.
8. *Тютюнов С.И., Никитин В.В., Соловichenко В.Д., Карабутов В.П.* Диагностические основы оптимизации минерального питания культур зерносвекловичного севооборота на черноземе типичном // Агрохимия. 2019. № 8. С. 77–82. DOI: 1134/S0002188119080118.
9. *Аверкина С.С.* Региональные особенности и оценка методов определения подвижных фосфатов в почвах Новосибирской области // Вестник НГАУ. 2019. № 3 (52). С. 7–16. DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-7-16.
10. *Нечаева Т.В.* Влияние калибровочных растворов на результаты определения содержания подвижного фосфора в почвах // Почвы и окружающая среда. 2022. Т. 5. № 4. С. 1–9. DOI: 10.31251/pos.v5i4.187.
11. *Zaryab Khan, Aftab Tabasum, Dost Muhammad, Maria Mussarat, Javaid Hassan* 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. 2024. N 12(4). P. 568–574. DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i4.568-574.6393>.
12. *Christian Morel, Daniel Plenet, Alain Mollier.* Calibration of maize phosphorus status by plant-available soil P assessed by common and process-based approaches. Is it soil-specific or not? // European Journal of Agronomy. 2021. N 1–12. P. 126174.
13. *Данилова А.А., Ткаченко Г.И., Колбин С.А.* Фосфатный фонд почвы и отклик ее живой фазы на внесение удобрений // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (47). С. 33–40. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_3.

REFERENCES

1. Volynkina O.V. The nutrient balance on sowing of agricultural crops. *Plodorodie = Plodorodie*, 2020, no. 4 (115), pp. 13–16. (In Russian). DOI: 10.25680/S 19948603. 2020. 115.04.

2. Shuliko N.N., Khamova O.F., Voronkova N.A., Tukmacheva E.V., Doronenko V.D. Effect of the complex fertilization and biopreparations on effective fertility of leached chernozem and barley productivity. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 2, pp. 13–20. (In Russian). DOI: 10.1134/S0002188119020133.
3. Plotnikov A.M. Dependence of the yield of grain crops on the content in the soil of available forms of phosphorus and potassium. *Vestnik Kurganskoi gosudarstvennoi selskokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*, 2019, no. 1, pp. 17–20. (In Russian).
4. Shakirov N.S., Bikmukhametov Z.M., Khisamova F.F., Safiollin F.N. Change in fertility indicators of gray forest soil and crop productivity in the crop rotation link when applying fertilizers. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2020, vol. 15, no. 2 (58), pp. 59–65. (In Russian).
5. Nesterenko V.A., Lapushkin V.M. Influence of mobile phosphorus content in soddy-podzolic soil and doses of nitrogen fertilizers on formation of yield and quality of spring wheat. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*, 2021, no. 1, pp. 38–42. (In Russian). DOI: 10.24412/1029-2551-2021-1-007.
6. Kotchenko S.G. Monitoring of the fertility state of arable lands in the Tyumen region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2021, vol. 35, no. 9, pp. 11–14. (In Russian). DOI: 10.53859/02352451-2021-35-9-11.
7. Nedbaev V.N., Zhilyakov D.I. Dynamics of the content of mobile phosphorus compounds in zonal soils of the Kursk region and yield of agricultural crops. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi selskokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 2022, no. 5, pp. 41–47. (In Russian).
8. Tyutyunov S.I., Nikitin V.V., Solovichenko V.D., Karabutov V.P. Diagnostic bases of optimization of mineral nutrition of crops of grain-vitreous crop rotation on typical chernozem. *Agrokhimiya = Agricultural Chemistry*, 2019, no. 8, pp. 77–82. (In Russian). DOI: 1134/S0002188119080118.
9. Averkina S.S. Regional features and evaluation of the methods aimed at labile phosphates determination in the soil of Novosibirsk region. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2019, no. 3 (52), pp. 7–16. (In Russian). DOI: 10.31677/2072-6724-2019-52-3-7-16.
10. Nechaeva T.V. Influence of calibration solutions on the results of available phosphorus measurement in soils. *Pochvy i okruzhayushchaya sreda = The Journal of Soils and Environment*, 2022, vol. 5, no. 4, pp. 1–9 (In Russian). DOI: 10.31251/pos.v5i4.187.
11. Zaryab Khan, Aftab Tabasum, Dost Muhammad, Maria Mussarat, Javaid Hassan 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*, 2024, no. 12 (4), pp. 568–574. DOI: 10.24925/turjaf.v12i4.568-574.6393.
12. Christian Morel, Daniel Plenet, Alain Mollier. Calibration of maize phosphorus status by plant-available soil P assessed by common and process-based approaches. Is it soil-specific or not? *European Journal of Agronomy*, 122, 2021, no. 1–12, p. 126174.
13. Danilova A.A., Tkachenko G.I., Kolbin S.A. Soil phosphorus pool and the living phase response to phosphorus supplementation. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Omsk SAU*, 2022, no. 3 (47), pp. 33–40. (In Russian). DOI: 10.48136/2222-0364-2022-3.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Ткаченко Г.И.**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: da012gala@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

✉ **Galina I. Tkachenko**, Candidate of Science in Biology, Senior Researcher, Lead Researcher; **address:** PO Box 463, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: da012gala@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 05.07.2024
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.09.2024
Дата публикации / Published 25.12.2024