

УДК 631.82:631.445.4(470.620)

UDC 631.82:631.445.4(470.620)

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.3. Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

**СОСТАВ ФОСФАТОВ ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО
ПРЕДКАВКАЗЬЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ
ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ**

**THE COMPOSITION OF PHOSPHATES OF
THE LEACHED CHERNOZEM OF THE
NORTHWESTERN CISCAUCASIA WITH
PROLONGED USE OF MINERAL
FERTILIZERS**

Алейник Владимир Викторович
магистрант

Aleinik Vladimir Viktorovich
master's student

РИНЦ SPIN-код: 5981-3450

RSCI SPIN-code: 5981-3450

aleinik.v@edu.kubsau.ru

aleinik.v@edu.kubsau.ru

*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Голубова Валерия Константиновна
магистрант

Golubova Valeria Konstantinovna
master's student

РИНЦ SPIN-код: 1458-9878

RSCI SPIN-code: 1458-9878

golubovavaleria2@gmail.com

golubovavaleria2@gmail.com

*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Онищенко Людмила Михайловна
доктор с.-х. н., профессор

Onishchenko Lyudmila Mikhailovna
Dr.Sci.Agr., professor

РИНЦ SPIN-код: 5640-8133

RSCI SPIN-code: 5640-8133

dekanatxp@mail.ru

dekanatxp@mail.ru

*Кубанский государственный аграрный
университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Показано влияние различных норм минеральных удобрений на групповой состав фосфатов чернозема выщелоченного, вовлеченного в длительное сельскохозяйственное использование. Эти данные показывают уровень минерального питания полевых культур в агроценозе 11-польного зерноотравно-пропашного севооборота после 4-ой ротации. Минеральные удобрения обогащали чернозем всеми группами соединений фосфатов. Содержание подвижных и легкодоступных растениям фосфатов I группы – без применения минеральных удобрений в почве наименьшее – 14,8 мг/кг. Средние и высокие нормы удобрений максимально повышали содержание фосфатов этой группы до 46,2 и 52,4 мг/кг, и увеличивали фосфаты II группы до 189,1 и 193,7 мг/кг

The influence of various norms of mineral fertilizers on the group composition of phosphates of leached chernozem involved in long-term agricultural use is shown. These data show the level of mineral nutrition of field crops in the agocenosis of the 11-month grain-grass-row crop rotation after the 4th rotation. Mineral fertilizers enriched the chernozem with all groups of phosphate compounds. The content of mobile and easily accessible phosphates of group I – without the use of mineral fertilizers in the soil is the lowest – 14.8 mg/kg. Medium and high fertilizer rates maximized the phosphate content of this group to 46.2 and 52.4 mg/kg, and increased the phosphates of group II to 189.1 and 193.7 mg/kg

Ключевые слова: ФОСФОР, ПОЧВА,
ЧЕРНОЗЕМ, НОРМА УДОБРЕНИЯ,
ГРУППОВОЙ СОСТАВ

Keywords: PHOSPHORUS, SOIL, CHERNOZEM,
FERTILIZER RATE, GROUP COMPOSITION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-030>

Исторический опыт земледелия показывает, что фосфор, как элемент, выполняющий множество физиолого-биохимических функций в

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/30.pdf>

минеральном питании растений, находится в дефиците. Биогенному, абсолютно необходимому макроэлементу фосфору принадлежит важная роль в жизненном цикле роста и развития растений, в формировании продуктивности культур. Уровень их обеспеченности этим элементом является основным показателем плодородия, а степень его доступности определяет содержание подвижных форм фосфатов.

Структура фосфатного фонда почвы определяет физические, физико-химические и химические свойства, а также ее гидротермический режим и микробиологическую активность. Фосфатный режим почв и основы его регулирования изучали П. А. Костычев, А. И. Энгельгардт, П. С. Коссович, К. К. Гедройц, Ф. В. Чириков, Д. Н. Прянишников и многие другие ученые.

Кубанскими учеными установлены региональные особенности фосфатного режима почв. П. В. Носов отмечал, что основными источниками фосфора для формирования урожая сельскохозяйственных культур являются почвы и меньше удобрения. В. П. Суетов изучил состав фосфатов почвы при длительном применении удобрений [5].

В почвах Российской Федерации запасы фосфора низкие. К тому же, окультуренные почвы Южного Федерального округа, занимающие 21,8 млн. га существенно различаются по содержанию доступности фосфора: среднеобеспеченная группа составляет 46,8 %, низкообеспеченная – 16,6 %, очень низкообеспеченная – 5,9 %, а очень высокообеспеченная имеет только 5,0 % [1].

На территории Северо-Западного Предкавказья наибольшее распространение получили чернозёмные почвы с площадью 4,2 млн. га. Подтип выщелоченные занимают 4084,7 тыс. га – это по площади меньше в сравнении с обыкновенными и типичными черноземами, но больше, чем южные и оподзоленные [4].

Характеризуя фосфатное состояние черноземных почв в зависимости от вида землепользования, необходимо отметить варьирование фосфатного

потенциала – от 5,95 до 6,71 г·моль/л·10⁻⁷ и степень подвижности по Карпинскому-Замятиной – от 1,2 до 3,6 мг P₂O₅/л. К доступным, определяющим условия питания растений, относят фосфаты почвенного раствора и почвенных агрегатов различной дисперсности (абсолютное в этой группе их содержание 0,5 – 2 %), которые находятся в динамическом равновесии [1].

О содержании различных форм фосфора в почве и их доступности растениям дают результаты по определению его группового состава по методу Ф. В. Чирикова (упрощенный вариант Шконде). Почвенные фосфаты Ф. В. Чириков делит на 5 групп: 1) растворимые в воде и углекислоте; 2) растворимые в 0,5 н. CH₃COOH; 3) растворимые в 0,5 н. HCl или H₂SO₄; 4) растворимые в 3 н. NH₄OH и 5) нерастворимые в указанных растворителях. Наиболее доступными для растений являются фосфаты первой и второй групп, содержание которых в почве очень низкое и составляют от 2 до 4 % валовых запасов фосфора. Однако форма соединений фосфора сама по себе еще не определяет степень их усвояемости, поскольку в изменяющихся почвенных условиях они неодинаково используются растениями [7, 8].

В условиях интенсивного использования минеральных удобрений необходимо знать какую трансформацию претерпевает фосфор удобрения и какова его доступность для выращивания культур. Практическое значение агрохимии фосфора требует новых знаний о взаимодействии фосфорных удобрений с почвой, накоплении и формировании различных групп элемента, которые определяются реакцией почвенной среды и ее почвенно-поглощающем комплексом (ППК). Поэтому, сегодня стабилизация содержания подвижных соединений фосфора в почве представляет важность и актуальность в решении проблемы оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур при формировании урожая.

Цель исследования. Изучить влияние многолетнего применения различных норм минеральных удобрений в агроценозе полевых культур на групповой состав фосфатов чернозема выщелоченного слабогумусного

сверхмощного легкоглинистого, вовлеченного в длительное сельскохозяйственное использование. *Задача исследования:* определить состав фосфатов, представляющих важный фактор в минеральном питании растений. *Предмет исследования:* минеральные удобрения, содержащие азот, фосфор и калий в различных нормах.

Методика исследования. В исследовании использовалась почва, взятая со стационарного поля кафедры агрохимии учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ, после 4-ой ротации 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота. Начиная с 1981 года, были использованы единичные (111 – низкие, $N_{280}P_{280}K_{200}$), двойные (222 – средние, $N_{560}P_{560}K_{400}$) и тройные (333 – высокие, $N_{840}P_{840}K_{600}$) нормы минеральных удобрений. Отбор почвенных образцов проводили весной до начала агротехнологических и других мероприятий, пока почва находилась в стадии «физической спелости». Группы фосфора определяли по методу Чирикова в модификации Шконде. Метод основан на обработке отдельных образцов почвы растворами по возрастающей растворимости при соотношении *почва: раствор* = 1: 100. Группы соединений фосфора определяли в следующих вытяжках: углекислая, уксуснокислая, солянокислая и аммиачная [2, 3].

Результаты опыта. Состав фосфатов по группам в черноземе выщелоченном представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Групповой состав фосфатов чернозема выщелоченного по методу Чирикова в модификации Шконде, мг/кг

Вариант	Содержание общего фосфора*, мг/кг	Группа				
		I (H_2CO_3)	II (CH_3COOH)	III (HCl)	IV (NH_4OH)	V нерас.
000	987,7	14,8	115,2	206,0	331,5	320,2
111	1266,7	30,0	176,0	233,1	420,8	406,8
222	1307,5	46,2	189,1	220,5	462,4	389,3
333	1358,7	52,4	193,7	234,0	475,0	403,6
НСП ₀₅	-	12,3	59,7	27,7	47,1	52,4

*Шеуджен А.Х. Агрохимия чернозема. – Майкоп, 2015. – С. 62-64.

Содержание общего фосфора варьирует в довольно широком интервале: от 987,7 мг/кг без внесения удобрений до 1358,7 мг/кг при применении высоких норм удобрений. Данные анализа группового состава фосфора свидетельствуют, что на контрольном варианте без использования минеральных удобрений почва содержала небольшое количество наиболее подвижных и легкодоступных растениям фосфатов I группы – водорастворимые фосфаты и фосфор растворимый в слабой углекислоте, углекислая вытяжка – 14,8 мг/кг. На вариантах с применением низких, средних и высоких норм содержание фосфатов I группы увеличивается в 2 раза и более раз, и их содержание составляет – 30,0; 46,2 и 52,4 мг/кг соответственно.

Чернозем выщелоченный содержит достаточно большое количество фосфатов II группы (щелочноземельные фосфаты, извлекаемые 0,5 н уксусной кислотой). Наименьшее количество было определено на контроле – 115,2 мг/кг, наибольшее при высокой норме удобрений – 193,7 мг/кг, что практически в 1,7 раз выше контроля. Низкие и средние нормы удобрений способствовали увеличению в 1,5 и 1,6 раз и были равны 176,0 и 189,1 мг/кг соответственно. Внесение различных норм минеральных удобрений существенного влияния на вариацию показателя по содержанию фосфатов III группы не оказало. Содержание фосфатов III группы в пределах HCp_{05} и было равно 233,1; 220,5 и 234,0 мг/кг соответственно. Умеренно растворимые минеральные формы фосфатов почвы следует рассматривать как резерв, способный пополнять запасы усваиваемого фосфора почвы.

Основная и наибольшая часть фосфора аммонийной вытяжки в почве представлена фосфатами IV группы. В почве без внесения удобрений, содержание высокоосновных фосфатов – 331,5 мг/кг. На варианте с низкими, средними и высокими нормами удобрений содержание элемента повышалось до 420,8; 462,4 и 475,0 мг/кг, что выше на 26,9; 39,5 и 43,3 %

соответственно. Видимо, процесс окультуривания черноземов затрагивает своим влиянием изменение фракций разн основных и высокоосновных соединений фосфатов кальция, магния, железа и алюминия, содержание которых имеет тенденцию к некоторому увеличению. Вместе с тем, в силу высоких буферных свойств черноземов это влияние не столь сильно выражено, что наблюдается в нашем исследовании. Различные формы потенциально доступных фосфатных соединений, присутствующих в почве в виде минеральных и частично органических веществ, характеризуются разной степенью растворимости и устойчивостью к гидролизу. Большинство из фосфатов V - это труднорастворимые соединения. Фосфаты V группы («нерастворимые») в черноземе выщелоченном обнаруживаются в значительных количествах, так как входят в состав почвообразующих минералов и недоступны для питания растений [6, 7].

Заключение. В черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном легкоглинистом, вовлеченном в длительное сельскохозяйственное использование 11-польного зернотравяно-пропашного севооборота, наибольшее содержание доступных соединений фосфора было на вариантах с двойной и тройной нормам внесения минеральных удобрений I группы – 46,2 и 52,4 мг/кг и II группы – 189,1 и 193,7 мг/кг соответственно. Этим показателям относят роль параметра, характеризующего запас этого дефицитного элемента. В целом внесение минеральных удобрений способствовало повышению мало- и труднорастворимых устойчивых фосфоорганических соединений фосфатов в почве. О влиянии фосфоросодержащих удобрений на накопление различных фракций минеральных фосфатов и подвижных их форм в черноземах. При применении минеральных удобрений происходит обогащение черноземов всеми группами соединений фосфатов. Даже внесение средних норм удобрений в условиях невысокой продуктивности

и небольшого выноса элементов питания растений оказало существенное положительное влияние на фосфатное состояние почв. Прирос P_2O_5 от норм удобрений относительно контроля составил соответственно 81 %, 80 и 77 %. Действенным фактором, сопровождающимся процессом окультуривания, является применение минеральных удобрений.

Литература

1. Иванов А. Л. Агробιοгеохимический цикл фосфора / А. Л. Иванов, В. Г. Сычев, Л. М. Державин и др. // под редакцией академика А. Л. Иванова. М: Россельхозакадемия, 2012. – 512 с.
2. Лакиза С.А. Оптимизация минерального питания в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой в условиях Кубани / Лакиза С.А., Онищенко Л.М., Шалыпин В.В. В сборнике: Современные аспекты управления плодородием агроландшафтов и обеспечения экологической устойчивости производства сельскохозяйственной продукции. материалы международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию ФГБОУ ВО «Донского государственного аграрного университета»: (к 75-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника высшего профессионального образования РФ, доктора с.-х. наук, профессора Агафонова Е. В.). пос. Персиановский, 2020. С. 36-40.
3. Онищенко Л. М. Сравнение выноса растениями озимой пшеницы азота, фосфора и калия при различных нормах удобрения. Онищенко Л. М., Али А. К. В книге: Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам V Международной конференции. Краснодар, 2020. С. 5.
4. Слюсарев В. Н. Почвы Краснодарского края / В. Н. Слюсарев, Т. В. Швец, А. В. Осипов. – Краснодар: Редакционный отдел и типография Кубанского государственного аграрного университета, 2022. – 260 с.
5. Трубилин И.Т. История аграрного образования на Кубани / Трубилин И.Т., Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М. // Майкоп: Издательство «Афиша», 2006. – 244 с.
6. Шеуджен А. Х. Оценка действия минеральной системы удобрения озимой пшеницы, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Гузик В. В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 149. С. 110-115.
7. Шеуджен А.Х. Агробιοгеохимия. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 877 с.
8. Шеуджен А.Х. Фосфор и методы его определения / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Т.Н. Бондарева, Н.И. Аканова. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 236 с.

References

1. Ivanov A. L. Agrobiogeohimicheskij cikl fosfora / A. L. Ivanov, V. G. Sychev, L. M. Derzhavin i dr. // pod redakciej akademika A. L. Ivanova. M: Rossel'hozakademija, 2012. – 512 s.
2. Lakiza S.A. Optimizacija mineral'nogo pitaniya v agrocenoze ozimoy pshenicy, vyrashhivaemoj v uslovijah Kubani / Lakiza S.A., Onishhenko L.M., Shaljapin V.V. V sbornike: Sovremennye aspekty upravlenija plodorodiem agrolandshaftov i obespechenija jekologicheskoj ustojchivosti proizvodstva sel'skohozjajstvennoj produkcii. materialy mezhdunarodnoj nauchno-

prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 180-letiju FGBOU VO «Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta» : (k 75-letiju so dnja rozhdenija zaslužennogo dejatelja nauki RF, pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovanija RF, doktora s.-h. nauk, professora Agafonova E. V.). pos. Persianovskij, 2020. S. 36-40.

3. Onishhenko L. M. Sravnenie vynosu rastenijami ozimoj pshenicy azota, fosfora i kalija pri razlichnyh normah udobrenija. Onishhenko L. M., Ali A. K. V knige: Institucional'nye preobrazovanija APK Rossii v uslovijah global'nyh vyzovov. Sbornik tezisov po materialam V Mezhdunarodnoj konferencii. Krasnodar, 2020. S. 5.

4. Sljusarev V. N. Pochvy Krasnodarskogo kraja / V. N. Sljusarev, T. V. Shvec, A. V. Osipov. – Krasnodar: Redakcionnyj otdel i tipografija Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2022. – 260 s.

5. Trubilin I.T. Istorija agrarnogo obrazovanija na Kubani / Trubilin I.T., Sheudzhen A.H., Onishhenko L.M. // Majkop: Izdatel'stvo «Afisha», 2006. – 244 s.

6. Sheudzhen A. H. Ocenka dejstvija mineral'noj sistemy udobrenija ozimoj pshenicy, vyrashhivaemoj na chernozeme vyshhelochennom Zapadnogo Predkavkaz'ja Sheudzhen A. H., Onishhenko L. M., Guzik V. V. Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 149. S. 110-115.

7. Sheudzhen A.H. Agrobiogeohimija. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – 877 s.

8. Sheudzhen A.H. Fosfor i metody ego opredelenija / A.H. Sheudzhen, V.P. Suetov, T.N. Bondareva, N.I. Akanova. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – 236 s.