



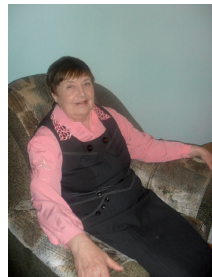
Определение фосфатов на чернозёмах

Рациональное использование природных богатств Сибири предполагает мониторинг состояния почвенных ресурсов и использование точных методов оценки потенциального и эффективного плодородия почв. В монографии рассматривается один из аспектов данного направления – изучение доступности фосфатов в чернозёмах Западной Сибири. Физико-химические особенности почв региона затрудняют выбор универсального метода определения фосфора. Критерием пригодности метода является сопоставление выноса фосфора растениями с показателем его величины при определении подвижной P_{2O_5} в почве. Растворители методов Эгнера – Рима и Францесона обнаружили прямую зависимость от происходящих в почве процессах поглощения и мобилизация фосфора растениями в течение периода вегетации. Они могут быть использованы при диагностики фосфорного питания растений. Растворители методов Чирикова и Труога извлекают из почвы в основном труднодоступные формы фосфатов. Существующие шкалы обеспеченности почв подвижным фосфором в показаниях этих методов не совпадают с величиной выноса фосфора зерновыми культурами и требуют внесения поправочных коэффициентов. Книга рассчитана на специалистов в области агрохимии, почвоведения.

Светлана Аверкина

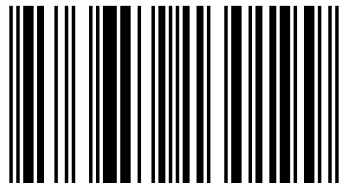
Методы определения подвижных фосфатов на чернозёмах Сибири

Характеристика, диагностическая ценность, региональные особенности, эффективность удобрений



Светлана Аверкина

Аверкина Светлана окончила университет г. Томск, кандидат сельскохозяйственных наук, Старший научный сотрудник Сибирского института земледелия и химизации (Новосибирск), специальность – агрохимия. Сфера научных интересов: фосфатный режим почв. Динамика и методология оценки фосфатного состояния почв. Научный стаж 44 года.



978-3-659-13019-9

Светлана Аверкина

 **LAMBERT**
Academic Publishing

Светлана Аверкина

**Методы определения подвижных фосфатов на
чернозёмах Сибири**

Светлана Аверкина

**Методы определения
подвижных фосфатов на
чернозёмах Сибири**

**Характеристика, диагностическая
ценность, региональные особенности,
эффективность удобрений**

LAP LAMBERT Academic Publishing

Impressum/Imprint (nur für Deutschland/only for Germany)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Coverbild: www.ingimage.com

Verlag: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland
Telefon +49 681 3720-310, Telefax +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

ДА: Новосибирск, Новосибирский Государственный Аграрный Университет, 1970

Herstellung in Deutschland:
Schaltungsdienst Lange o.H.G., Berlin
Books on Demand GmbH, Norderstedt
Reha GmbH, Saarbrücken
Amazon Distribution GmbH, Leipzig
ISBN: 978-3-659-13019-9

Только для России и стран СНГ

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG
Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany
Телефон +49 681 3720-310, Факс +49 681 3720-3109
Email: info@lap-publishing.com

Напечатано в России
ISBN: 978-3-659-13019-9

АВТОРСКОЕ ПРАВО ©2012 принадлежат автору и LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG и лицензиарам
Все права защищены. Saarbrücken 2012

С.С. Аверкина

Методы определения подвижных фосфатов на чернозёмах Сибири

**Характеристика, диагностическая ценность, региональные особенности,
эффективность удобрений**

Новосибирск 2012 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1 Поглощение и превращение фосфатов в почвах	9
Глава 2 Содержание подвижного фосфора в черноземах Западной Сибири и эффективность применения минеральных удобрений	17
Глава 3 Оценка обеспеченности почв подвижным фосфором с помощью агрохимических методов на черноземах Новосибирской области	29
3.1. Изученность химических методов определения подвижного фосфора в почве	29
3.2. Материалы и методы исследований	40
3.3. Сравнение методов определения подвижного фосфора на черноземах Новосибирской области	47
3.4. Изменение фосфатного состояния почв в связи с применением минеральных удобрений	65
Выводы	93
Литература	97

ВВЕДЕНИЕ

Западно-Сибирский регион в экономике нашей страны имеет огромное значение. Именно в Западной Сибири интенсивно используются природные ресурсы (нефть, газ, каменный уголь). Освоение природных богатств Сибири и ее особенности требуют большого внимания различных научных и научно-производственных учреждений. В настоящее время освоение природных ресурсов этого огромного региона приводит к необходимости дальнейшего развития и совершенствования сельскохозяйственного производства. Одной из основных задач является охрана сельскохозяйственных земель и их рациональное использование. В связи с этим возникают проблемы теоретического и прикладного плана, для разрешения которых требуется изучение потенциального плодородия почв, постоянный контроль за состоянием почв и окружающей среды. Категории плодородия почв необходимо рассматривать с позиции рационального применения средств химизации и тем самым создать основу для решения проблемы питания сельскохозяйственных культур, а, следовательно, всего населения страны.

В предлагаемой монографии рассматриваются вопросы почвенного плодородия, а именно – диагностика фосфорного питания растений. В Государственной агрохимической службе страны приняты стандартные методы, которые используются для составления прогноза питания растений и рекомендаций для внесения минеральных и органических удобрений.

Фосфор почвы является одним из основных элементов почвенного плодородия. Поэтому в наших исследованиях значительное место занимает изучение фосфатного режима.

По мнению многих исследователей (Чумаченко, Янишевский, 1999) почв богатых фосфором, в природе практически нет. Для фосфора не существует естественных путей возобновления почвенных запасов. Верхние слои почвы могут несколько обогащаться фосфором за счет нижних слоев, из которых глубоко идущая корневая система растений извлекает фосфор (биологическая аккумуляция). Но это слишком мало и не соответствует темпам отчуждения

фосфора из почв растениями. Трудность изучения фосфатного режима почв заключается в многообразии форм почвенных фосфатов, в различии качественного и количественного их состояния в зависимости от типа почв и агротехнических условий ее использования.

В агрохимических исследованиях извлечение подвижного фосфора из почв проводится при помощи различных экстрагентов. В процессе получения вытяжек может происходить не только растворение, но и вторичное осаждение фосфатов. Оно ослабляется при расширении отношения почва:раствор.

Значительная часть исследователей считает возможным с помощью химических методов определить тот запас фосфорной кислоты, который позволяет обеспечить определенный уровень урожаев сельскохозяйственных культур. Но объективно и надежно оценивать фосфорное состояние почв и прогнозировать эффект от вносимых удобрений возможно лишь на основе нескольких, дополняющих друг друга, показателей либо на основе подбора такого экстрагента, который бы учитывал наиболее вероятные формы соединений фосфора, непосредственно участвующие в питании растений в данном вегетационном году (Чумаченко, Янишевский, 1999).

Исследования проводились нами в течение 10 лет (1962-1971) на почвах черноземного типа в пределах Новосибирской области, которая расположена в южной части Западной Сибири.

Мы ставили своей задачей уточнить некоторые моменты, определяющие действие минеральных, и в основном фосфорных, удобрений при внесении их под яровую пшеницу.

Для изучения диагностики фосфорного питания растений были использованы методы, которые приняты для почв черноземного типа юга Западной Сибири. Подробная характеристика этих методов дана ниже. Нами был поставлен также вопрос о взаимосвязи и взаимообусловленности азотных и фосфорных удобрений в изучаемых почвах.

За основной критерий оценки метода был принят принцип сопоставления отзывчивости растений на фосфорные удобрения в зависимости от содержания в почве подвижного фосфора.

Достоверность проведения лабораторных, вегетационных и полевых опытов оценивалась с помощью корреляционного и регрессионного анализов.

Опыты проведены на Новосибирской сельскохозяйственной опытной станции (1962-1968 гг.) и в Новосибирской областной агрохимической лаборатории (1969-1971 гг.).

Глава I. Поглощение и превращение фосфатов в почвах

Огромное значение в жизни растений имеют сложные белки – нуклеопротеиды; наличие последних особенно велико в эмбриональных тканях растений. К этой же группе соединений относятся и фосфоросодержащие дитрифосфопиридин-нуклеотиды (ТПН и ДПН) непосредственно участвующие в процессах превращения энергии в растительном организме в качестве переносчиков электронов (Алов, 1966).

Наряду с процессами синтеза белка в растительной клетке происходит синтез нуклеиновых кислот: рибонуклеиновой (РНК) и дезоксирибонуклеиновой (ДНК), в их составе также находится фосфор.

Влияние фосфора на белковый обмен изучали многие исследователи.

Е.Я.Ермолаева (1933) и А.С.Алов (1966) указывают, что недостаток фосфора в питательной среде вызывает в листьях растений снижение содержания белкового и растворимого азота.

По исследованиям Ф.В.Турчина (1936) снижение синтеза белка объясняется недостатком, в первую очередь, магния и калия, а затем фосфора, железа и некоторых других элементов.

Установлена также большая роль фосфора в процессах распада и синтеза крахмала, осуществляемая при участии фермента фосфорилазы (Ханес, 1940 – цитировано по Алову, 1966).

По исследованиям Л.Е.Зуева и В.И.Поручиковой (1950), освобождающаяся в процессе синтеза крахмала фосфорная кислота, используется в сопряженном процессе синтеза фитина (Mg-Ca соль инозитфосфорной кислоты), абсолютное накопление которого в созревающем зерне идет параллельно абсолютному накоплению крахмала. Таким образом, обнаруживается связь образования фитина с углеводным обменом на пути процессов фосфолирования.

Основным источником фосфора, потребляемого растениями из почвы и удобрений, являются соли ортофосфорной кислоты.

Среди солей фосфорной кислоты на первом месте в питании растений стоят фосфаты кальция, калия и магния. Минеральные фосфаты в жизни растений принимают участие в создании буферных свойств цитоплазмы. Они препятствуют изменению кислотности. Доступность для растений фосфора различных солей необходимо понимать в том смысле, что эти соединения могут обеспечить переход в раствор потребного количества ионов H_2PO_4 и HPO_4 . Ион PO_4 не имеет практического значения в питании растений, т.к. при том pH, при котором живут растения, его почти нет в растворе.

Некоторые органические фосфорные соединения, например, нуклеопротеиды (РНК и ДНК), глицерофосфаты, глюкозофосфаты, фосфаты и другие соединения также поступают в растения из почвы. Однако вопрос о возможности непосредственного усвоения растениями органических форм фосфора не вполне ясен. Одни исследователи (Соколов, 1950) отрицают такую возможность. Другие (Карпинский, Замятина, 1958; Штатнов Одиноца, 1935; Токарская-Меринова, 1956; Шулов, 1910 (цитировано по Прянишникову, 1963)) отмечают достаточно высокую эффективность органического фосфора. В этих и многих других опытах остается неясным – поступают ли в растения фосфорно-органические соединения непосредственно или они до поступления в корни растений подвергаются разложению микроорганизмами или экзоэнзимами (фосфатазами), выделяемыми из корней самого растения. В последние годы были получены дополнительные данные, подтверждающие ферментативный характер процессов разложения и синтеза фосфорорганических соединений. Установлено наличие в корневых выделениях растений фитазы, глицерофосфатазы, РНК-азы (Синягин, 1968).

Фосфорные удобрения оказывают огромное влияние на содержание и состав фосфорных соединений в растениях. До последнего времени считали, что растения в первый год используют до 10-20% внесенного в почву фосфорного удобрения. Эта величина была высчитана по разностному методу – вычитанием количества фосфора, использованного растением на удобренных фосфорными удобрениями делянках, фосфорной кислоты, поглощенной

растениями на неудобренных делянках. Этот метод не давал возможности разграничить поступление в растения фосфора удобрений и почвы. Лишь с применением метода меченых атомов стало очевидно, что коэффициент использования фосфора удобрений, как правило, выше, чем определенное по предыдущему методу (Соколов, 1950; Гладкова, 1955; Барсуков, Соколов, 1956; Борисова, 1955; Суетов, 1968).

А.В.Соколов (1950) в опытах с радиоактивной меткой P^{32} выявил, что в начале развития большая часть фосфора на удобренной почве поступает в растения из удобрений. Причем, наиболее активной частью корня оказались не корневые волоски, а часть корешка, примыкающая к корневому чехлику.

По данным Л.Н.Барсукова и Н.С.Соколова (1956) растения используют 22-29% P_2O_5 суперфосфата. Исследованиями К.Ф.Гладковой (1955) установлено, что при местном внесении удобрений на подзоле растениями используется 11,7% фосфора, на черноземе – 27,8% по разностному методу, и соответственно – 21,2 и 40,2% по методу меченых атомов.

Фосфорные удобрения претерпевают в почве более сложные превращения, чем азотные. Большая часть фосфора в той или иной форме поглощается почвой, что ограничивает его подвижность и доступность растениями, но с другой стороны, позволяет длительно использовать его. Одновременно в почве идет противоположный процесс, когда определенная часть труднорастворимых и труднодоступных фосфорных соединений переводится в более растворимые и доступные формы. Многие исследователи отмечают огромное влияние на подвижность фосфора почвенной реакции и наличия в почве кальция, магния или полуторных окислов, а также механического состава почвы (Егоров, 1925, 1928; Петербургский, 1935; Карпинский, 1946; Чириков, 1939; Аскинази, 1949; Дмитриенко, 1946; Ратпер, 1946, 1950; Соколов, 1950; Аскинази, Гинзбург, 1950; Адерихин, 1955; Малеина, 1958; Труог, 1958; Адерихин, Волкова, 1962; Фокин, 1964; S.Albert, 1965; РАНО Hsu, 1965; Struthers K. and D.H.Sielirg, 1951).

С увеличением кислотности поглощение фосфора почвой возрастает до известного предела, а затем снова снижается. Д.Л.Аскинази (1949) указывает, что для фосфатов полуторных окислов существует два максимума перехода P_2O_5 в раствор в зависимости от рН, в кислом интервале – для фосфатов алюминия при рН ниже 3,5, для фосфатов железа при рН ниже 2,5, в щелочном интервале для тех же форм при рН =10-11. Такая же двухвершинная кривая установлена в некоторых условиях и для фосфата кальция (при рН ниже 5,5 и при рН = 10-11).

С.Н.Алешин и Е.Б.Игрицкая (1937) считают, что растворимость фосфатов железа и алюминия увеличивается с повышением рН среды, а с понижением рН увеличивается растворимость фосфатов кальция.

Для изучения соединений минеральных фосфатов многие исследователи применяли метод кривых растворимости (Бобко, Маслова, 1926). Большое распространение получили методы Ф.В.Чирикова (1939) и Д.М.Хейфец (1948), которые позволяют разделить почвенные фосфаты на ряд групп, различных по растворимости и доступности их растениям.

Поглощение фосфорной кислоты отдельными механическими фракциями почв изменяется в зависимости от размера частиц. П.Г.Адерихин и Г.С.Волкова (1962) отмечают, что самой высокой поглотительной способностью по отношению к P_2O_5 обладает илистая фракция (диаметр частиц меньше 0,001 мм). Следовательно, чем больше ила, тем больше почвы будет поглощать фосфаты.

Д.Л.Аскинази и К.Е.Гинзбург (1950) устанавливают зависимость поглощения фосфора глинистыми минералами от концентрации и рН равновесного раствора соли. Распыление почвы также способствует поглощению фосфора (Францесон, 1963).

На подвижность фосфора оказывает влияние влажность и температура почвы (Белкин, 1935; Адерихин, 1938; Дадыкин, 1949; Смирнов, 1958; Лебединцев, 1960; Бугаков, Дугаров, 1962; Францесон, 1963; Адерихин, Волкова, 1967).

С перечисленными факторами обычно связывается динамика подвижных форм фосфора в почве на протяжении вегетационного периода. Наибольшее содержание подвижных форм фосфора обычно отмечается в периоды оптимального сочетания влажности и температуры почвы, способствующих проявлению микробиологической активности. Недостаток или избыток влажности или тепла, ограничивая микробиологическую деятельность, снижает содержание доступного фосфора в почве.

В связи с этим ряд исследователей придают большое значение в мобилизации фосфатов почвы микроорганизмам и, особенно, тем из них, которые находятся в зоне распространения корневой системы растений (Душечкин, 1914; J.E.Weaver, 1926; Афанасьева, 1939; Кудрин, 1952; Тюлин, Маломахова, 1952; Хейфец, 1950, 1960; Берёзова, 1960; Муромцев, 1957, 1962; Акентьева, 1961).

Е.Ф.Берёзова (1960) отмечает: «Есть основания полагать, что в дерново-подзолистой почве перевод труднорастворимых фосфатов в более мобильные формы осуществляется преимущественно бактериями, а в черноземах – грибами и актиномицетами».

Большей частью перевод легкорастворимых форм фосфора в труднорастворимые не приводит к недоступности его растениям. Об этом говорит длительное последствие фосфорных удобрений. А.В.Соколов, Т.Д.Корицкая, А.А.Малеина (1961) в своих опытах с радиоактивным фосфором показали, что ретроградированная фосфорная кислота является доступной растениям.

Эти исследования подтверждаются данными Д.Л.Аскинази, С.С.Ярусова (1938), Э.Труога (1958), П.А.Дмитриенко, В.С.Штурмовой (1954), Э.И.Шконде (1960), А.Е.Кочергина (1964).

Сельскохозяйственные растения приспособились к использованию разных форм фосфатов почвы. Например, ряд невысокоосновных фосфатных форм железа и алюминия доступен для растений (Аскинази, Ярусов, 1938).

Как отмечает Э.Труог (1953), кукуруза хорошо развивалась при внесении в почву фосфата алюминия и трикальций фосфата, несколько хуже при внесении фосфата железа (цитировано по Алову, 1966).

П.А.Дмитриенко и В.С.Штурмова (1954) считают, что по мере увеличения времени взаимодействия фосфорных удобрений с почвой происходят два процесса: процесс образования менее доступных растению соединений фосфора и процесс улучшения условий питания всеми элементами, в том числе и фосфором, за счет активизации почвенных биологических процессов, вызванной внесением в почву фосфора.

Таким образом, многочисленными опытами установлено, что содержание подвижных фосфатов в почве изменяется во времени в зависимости от типа почвы, степени потребления фосфорной кислоты растением, метеорологических условий, вносимых удобрений и других факторов.

Если по вопросу об условиях, определяющих степень подвижности фосфора в почве, не существует резких различий в мнениях разных исследователей, то вопрос о механизме фиксации фосфора почвой менее ясен.

До тридцатых годов XX века фиксация фосфора почвой объяснялась преимущественно химическим осаждением фосфатов с образованием недоступных для растений форм (Антонов, 1928; Курчатов, 1931; Тюлин, 1944; Шмук, 1950).

А.Ф.Тюлин, С.М.Антонов исследуя сибирские черноземы, отмечают, что внесенная в почву легкорастворимая P_2O_5 в виде KH_2PO_4 уже через 1 месяц совершенно исчезает из раствора. По-видимому, процесс ретроградации внесенной P_2O_5 происходит весьма полно. Остановившись на предположении об участии органического вещества в связывании P_2O_5 они видят в этом основную причину бедности исследуемых почв подвижными формами фосфатов, при относительно высоком содержании валового фосфора (0,13%).

По данным Г.М.Шапиро (цитировано по Шмуку, 1950) уже через 10 дней после внесения в почву растворимой формы P_2O_5 лишь 1,2% от всего количества фосфора осталось неретроградированными.

А.А.Шмук (1950), признавая в основном химическое поглощение P_2O_5 писал: «Общее направление процессов в нормальных почвах следует в сторону растворимых форм P_2O_5 и распределение фосфорной кислоты между основаниями зависит, главным образом, от их количественных соотношений». Однако, опираясь на работы П.А.Костычева и Стоклазы, А.А.Шмук отмечал, что фосфаты железа и алюминия в некоторых почвах должны значительно уступать фосфатам кальция и магния.

К.Н.Таранов (1923) подтверждает точку зрения П.А.Костычева и Стоклазы. Он пришел к выводу, что на черноземах поглощение фосфора приводит к образованию дикальций фосфата, вполне доступного растениям и что дальнейший переход в трикальций фосфат происходит очень медленно и не оказывает влияния на фосфорное питание растений.

Дальнейшие исследования привели к выводу о сравнительно незначительной роли химического осаждения фосфатов в снижении доступности фосфора в почве и о преимущественной роли в поглощении фосфатов обменной адсорбции фосфат-ионов на поверхности органо-минеральных коллоидов почвы (Маттсон, 1938; Марфи, 1939; Перкинс и Кинг, 1944; Колеман, 1947; цитировано по Аскинази и Гинзбург, 1950; Антипов-Каратаев, 1957; Клечковский, Каширкина, 1948; Аскинази, 1949; Ратнер, 1950; Соколов, 1950; G.H.Wood, 1965).

Закрепление почвой фосфора в поверхностных слоях происходит за счет адсорбции тем большей, чем меньше почвенные частицы. Даже на почвах, насыщенных основаниями, происходит не химическое поглощение фосфат-ионов, а адсорбционное, что подтверждается способностью поглощенного почвой фосфора к изотопному вытеснению и отсутствием десорбции p^{32} при замещении поглощенного кальция калием (В.М.Клечковский, Г.Н.Жердецкая, 1951; И.П.Сердобольский, 1955).

Полное отрицание химического осаждения труднорастворимых фосфатов было бы неправильным, известную, хотя и более ограниченную, роль в фиксации фосфора почвой оно несомненно играет.

А.В.Соколов (1950) в своих исследованиях устанавливает, что взаимодействие фосфоритов с кислотой, содержащей активный алюминий, почвой приводит к вредной ретроградации растворимых фосфатов в фосфаты R_2O_3 . Черноземная же почва, насыщенная кальцием, не вызывает сильной ретроградации растворимых фосфатов. В связи с этим выявляется огромное значение гранулирования суперфосфата, который попадая в почву, фиксируется в очагах внесения в почве.

К настоящему времени установлено существование нескольких механизмов поглощения фосфата почвой (Алов, 1966): 1. В щелочных почвах: а) В направлении превращения монокальций фосфатов в менее растворимые в ди-, три- и однокальций фосфаты, усиливающиеся с ростом pH; б) В направлении поглощения фосфат-ионов на поверхности твердых частиц карбоната кальция или прямого осаждения их, если $CaCO_3$ находится в почве в свободном состоянии; в) В направлении адсорбционного связывания фосфат-ионов глинами, насыщенными кальцием, поглощающими больше фосфора, чем насыщенные натрием глины.

2. На кислых почвах. а) Поглощение фосфат-ионов на поверхности коллоидальных по своей природе гидроокисей железа, алюминия, марганца, титана; б) Прямое химическое осаждение фосфора из раствора в форме нерастворимых фосфатов железа и алюминия; в) Фиксация почвенными силикатными глинами путем замещения фосфат-ионами гидроксильных групп или образования алюмосиликатно-фосфорных соединений.

Таковы основные положения о роли фосфора в жизни растений и особенностях его поглощения и распространения в различных почвах России.

С каждым годом ученые все дальше проникают в химизм жизненных процессов, все больше обнаруживаются явления, которые еще недавно были известны только внешне морфологически и анатомически, но теперь объясняются определенными химическими реакциями. Благодаря работам биохимиков роль и значение фосфора для жизни растений становится все более понятной.

Глава 2. Содержание подвижного фосфора в черноземах Западной Сибири и эффективность применения удобрений

Количество фосфора в почвах Сибири колеблется в широких пределах. К.П.Горшенин (1927) на основании анализа 2 тысяч образцов установил предельные числа и средние величины содержания фосфора в почвах Западной и Средней Сибири. Автор отмечает, что чернозем Средней Сибири богаче валовым фосфором по сравнению с таковым Западной Сибири. Такую закономерность он объясняет колебанием в содержании фосфора в материнских породах, различием в возрасте и генезисе почв. Черноземы Западной Сибири характеризуются высоким содержанием органического фосфора (Богданов, 1954, 1955). В Европейской части Союза органический фосфор в почвах от валового составляет 44-56%, в Сибири 44-74%.

А.Ф.Тюлин (1944) пишет, что в сибирских черноземах за счет активного связывания аниона фосфорной кислоты органо-минеральными коллоидами происходит насыщение органической части почвы фосфором (ретроградация). Черноземы Европейской части, где состав пленок гелей иной, активно фосфорную кислоту не связывают. Органическая часть этих почв менее насыщена фосфором.

А.Е.Кочергин (1956) на основании изучения черноземов с полей СибНИИСХоза и имеющихся литературных данных почвенного института им.Докучаева не согласился с выводами А.Ф.Тюлина и не усматривает существенных отличий между сибирскими и европейскими черноземами в отношении фосфатов.

Об этом говорит длительное действие суперфосфата в Сибири. Очевидно, ретроградация имеет место, но ретроградирующая P_2O_5 доступна растениям. Это подтверждается также опытами О.И.Антоновой (1968) на выщелоченных черноземах Алтайского края.

Высокое содержание органического фосфора в черноземах Сибири Н.В.Орловский (1935), А.О.Карпачевский (1959), В.И.Котельников (1959, 1964),

А.Е.Кочергин (1965) объясняют их более поздней распашкой, благодаря чему органическое вещество в меньшей степени минерализовано.

Основным источником фосфорного питания сельскохозяйственных культур, как было отмечено выше, является минеральный фосфор. К нему относятся все формы фосфатов, которые извлекаются с помощью кислот и оснований небольших концентраций и некоторых минеральных солей. Считается, что фосфаты, извлеченные этими вытяжками, являются легкоподвижными и хорошо доступными для растений формами (Хейфец, 1964).

Черноземы Сибири слабо обеспечены легкодоступным фосфором.

Количество минерального фосфора по исследованиям Н.И.Богданова (1952) колеблется в пределах от 0,032 до 0,116% от массы почвы или 18,9-63,1% от валовой P_2O_5 в пахотном слое.

Количество минерального фосфора уменьшается с увеличением гумуса в почве.

Пахотные почвы отличаются повышенным содержанием легкорастворимой группы фосфатов по сравнению с целиной. Очевидно это связано с усиленной минерализацией органического вещества при распашке, а также внесением удобрений. Более высокую подвижность фосфорных соединений в пахотных почвах, по сравнению с целиной, отмечали многие исследователи. Для почв Сибири аналогичные результаты получены М.А.Винокуровым (1927), Н.В.Орловским (1935), В.А.Завалишиным (1936), Н.И.Богдановым (1957), Н.Р.Рудым (1962, 1967), А.Е.Кочергиным (1965).

Содержание доступного фосфора в черноземах Новосибирской области неодинаково.

Наиболее богаты фосфором выщелоченные и оподзоленные черноземы Правобережья и северной части Новосибирской области (P_2O_5 вал. 0,22-0,28%; P_2O_5 подв. 15-48,6 мг/100 г). В этих районах отмечается также повышенный процент гумуса и валового азота в почве. Меньше фосфора в южных черноземах Северной Кулунды. Валового фосфора здесь найдено 0,09%. Содержание подвижной P_2O_5 по

исследованиям В.П.Шаповалова (1967) колеблется в пределах 5,3-5,9 в слое 0-10 см и 3,5-6,2 мг/100 г в слое 10-20 см.

Таким образом, южные черноземы Северной Кулунды можно отнести к почвам, средне или слабо обеспеченным фосфором, если применить шкалу обеспеченности по Труогу. По этому методу почвы с содержанием P_2O_5 равным 3-7 мг/100 г. относятся к категории слабо обеспеченным, при 7-12 – средне, и более 12 мг/100 г. – хорошо обеспеченным подвижной P_2O_5 почвам (Минеев и др. 2001).

Остальные черноземные почвы по запасам P_2O_5 следует отнести по шкале «Труога» к хорошо обеспеченным.

Однако, как указывалось выше, А.Е.Кочергин, С.С.Трофимов (1968) и некоторые другие, а также наши исследования отмечают высокую отзывчивость сибирских черноземов на фосфорные удобрения. В свете этих данных об эффективности фосфорных удобрений на исследуемых почвах четко выступает несостоятельность обычно принятой интерпретации результатов определения подвижной P_2O_5 по Труогу, когда обследованные в области черноземы следовало бы отнести к почвам, высокообеспеченным подвижными фосфатами.

Из общих запасов минерального фосфора, определенного по полному варианту метода Ф.В.Чирикова (фракционный состав), в черноземах Сибири преобладают фосфаты второй группы, растворимые в 0,5н уксусной кислоте и частично – третьей группы, извлекаемые 0,5н соляной кислотой (Зайкова, Маслова, 1965; Антонова, 1968).

В настоящее время обобщены результаты маршрутного агрохимического обследования черноземных почв Новосибирской области на содержание доступных форм фосфора.

Обследование проведено Новосибирской и Баганской зональными агрохимлабораториями. Массовое определение доступной P_2O_5 проводилось по методу Чирикова в 0,5н уксусной кислоте.

В таблице 1 и рисунке 1 приведены агрохимические показатели содержания фосфора по районам. Почвенные образцы были проанализированы за период с 1965 г. по 1968 г.

Таблица 1

**Содержание подвижного фосфора в почвах Новосибирской области
(по Чирикову)**

Почвенно-климатические зоны	Разновидности черноземов	Обследованная площадь, тыс. га	% распределения почв по классам					
			I	II	III	IV	V	VI
1) Восточная	Черноземы оподзоленные и выщелоченные	641,7	-	0,3	12,8	46,8	31,6	7,5
2) Приобская	Черноземы выщелоченные	455,7	0,02	1,1	14,9	40,9	31,7	11,4
3) Центрально-Барабинская	Обыкновенные, выщелоченные, солонцеватые черноземы и лугово-черноземные почвы	445,8	-	1,8	47,9	42,9	5,7	1,7
4) Кулундинская	Смытые южные черноземы	179,4	-	16,3	71,7	11,0	0,8	0,2
5) Северо-Барабинская	Черноземы выщелоченные, луговые солонцеватые почвы	99,8	0,1	12,5	55,2	24,4	6,6	1,2

Территория Новосибирской области по характеру почвенного покрова и преобладанию в нем почв различного плодородия делится на шесть административных групп: Северо-Западная, Восточная, Приобская, Северо-Барабинская, Центрально-Барабинская и Кулундинская (Ковалев, 1966; Ковалев, Трофимов, Панин, 1966).

Наибольшее распространение черноземные и лугово-черноземные почвы находят в пяти из них, которые приводятся в таблице 1.

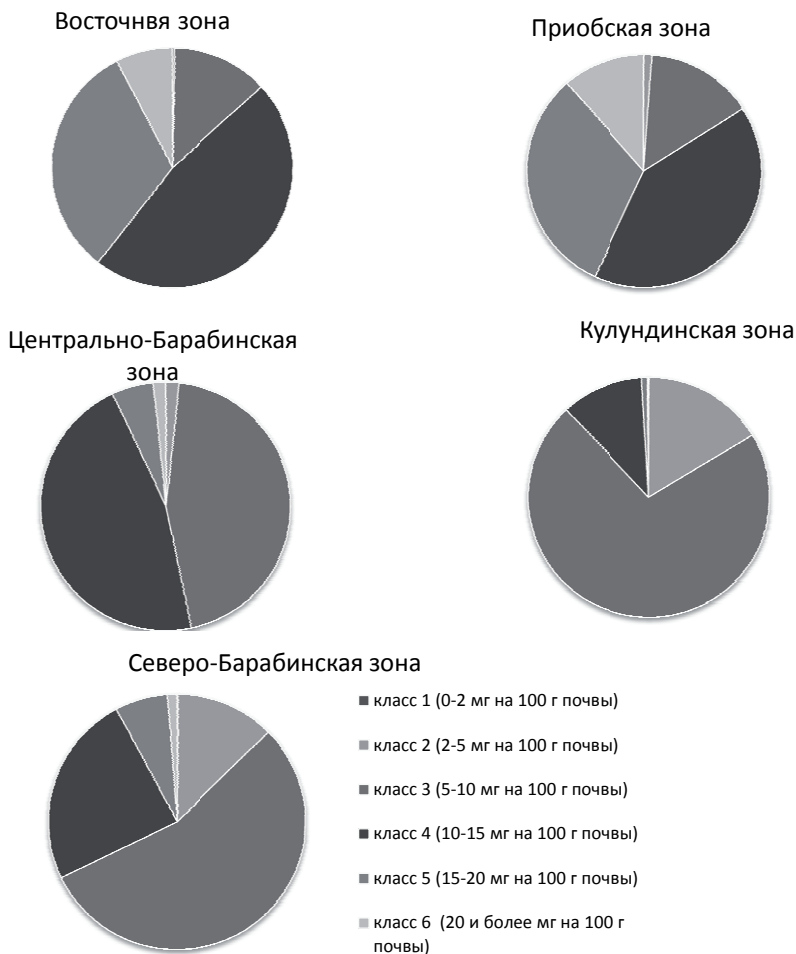


Рисунок 1. Содержание подвижного фосфора в почвах Новосибирской области

Общепринято, показатели содержания P_2O_5 , определенного по методу Чирикова, группировать по 6 агрохимическим классам. К первому классу относятся почвы с содержанием подвижной P_2O_5 2 мг/100 г. почвы, ко второму классу – 2-5, к третьему – 5-10, четвертому – 10-15, пятому – 15-20, и к шестому классу – более 20 мг/100 г. почвы (Минеев и др. 2001). К первому классу относятся наиболее истощенные почвы по количеству фосфора в почве, а к 6-му классу – сильно обогащенные. Эта группировка позволяет достаточно полно отразить имеющуюся пестроту в распределении питательных веществ, в частности фосфора, а также охарактеризовать почву в отношении обеспеченности с учетом потребности различных групп сельскохозяйственных культур.

Как видно из таблицы 1 запасы доступного фосфора, найденные в пахотном горизонте исследуемых почв, относятся к 4-5 агрохимическим класса, то есть почвы в целом хорошо обеспечены усвояемым фосфором.

Исключение составляет Центрально-Барабинская, Северо-Барабинская и особенно Кулундинская группа районов со смытыми слабо гумуссированными южными черноземами. В этих зонах почвы слабо или средне обеспечены подвижным фосфором.

Особенно богаты фосфором черноземы выщелоченные и, частично, оподзоленные Восточной и Приобской групп районов, расположенных на территории Присалаирской дренированной равнины. Из всего количества проанализированных образцов в этих районах 85,9 и 84% содержат усвояемого фосфора 10 и более мг на 100 г почвы.

По данным М.И.Степанова и Г.И.Ефимовой (2011) распределение пахотных почв по степени обеспеченности подвижным фосфором (по Чирикову) черноземов Новосибирской области почти не изменилось до настоящего времени.

Однако, полевые опыты с удобрениями, проведенные на черноземах во всех зонах, давали прибавки урожая яровой пшеницы от 16 до 32% при внесении

разных доз (P_{40-90}) фосфорных и азотно-фосфорных ($N_{30}P_{60}$) удобрений, прибавки урожая зеленой массы кукурузы составляли от 10 до 60%. Совершенно очевидно, что шкала разбивки почв по классам обеспеченности их подвижным фосфором определяемым методом Чирикова (0,5н уксусной кислотой) для сибирских почв нуждается в уточнении на основании показаний полевых опытов.

Остановимся более подробно на эффективности применения удобрений в Западной Сибири.

Многолетними опытами научно-исследовательских учреждений Сибири установлено, что на черноземных и солонцовых почвах зерновые культуры чаще всего нуждаются в дополнительном снабжении фосфором, азотом и реже калием (Бобко, Маслова, 1926; Антонов, 1928; Антропов, Ерофеев, 1932; Орловский, 1941; Радов, 1943; Горшенин, 1955; Кочергин, 1956, 1958, 1965, 1966; Ламбин, 1957; Холопов, 1958, 1966; Гантимуров, Холопов, 1959; Сдобникова, 1961; Тюменцев, 1963, 1968; Пикалов, Островляничик, 1964; Холопов, Кузнецов, 1964; Давыдов, 1966; Бойко, 1968; Кузнецова, 1969).

В опытах СибНИИСХоза, начатых с 1945 года (Кочергин, 1965), эффективность минеральных удобрений изучалась на слабовыщелоченных суглинистых черноземах. Основные элементы питания растений (NPK) вносились в дозах, действующих начал 45-60 кг/га. В среднем за 20 лет по 24 опытам прибавка урожая зерна пшеницы от полного минерального удобрения (NPK) составила 3,3 ц/га. В годы с нормальным и повышенным увлажнением прибавка урожая достигла 8,2 ц/га, а в сильно засушливые годы снижалась до нуля или отмечалась депрессия урожая.

Различные виды минеральных удобрений действовали по-разному в зависимости от предшественников, по которым высевалась яровая пшеница.

Суперфосфат на посевах яровой пшеницы давал прибавку урожая как по парам, так и по непаровым предшественникам.

В среднем за 19 лет по 28 опытам прибавка урожая от внесения суперфосфата по всем предшественникам составила 2,3 ц/га, а по пару

3,5 ц/га. По данным А.Е.Кочергина (1966) на черноземных и солонцовых почвах высокоэффективным приемом является рядковое внесение суперфосфата (8-10 кг/га P_2O_5). Средняя прибавка урожая зерна в этом случае на 1 ц внесенного удобрения составила 3,2 ц. Этот метод автор считает наиболее перспективным.

М.Ф.Островляничик и другие (1964) отмечают, что гранулированный суперфосфат, внесенный в рядки, обеспечивает растения нормальным фосфорным питанием в ранние и последующие периоды роста и развития. Кроме того, он ускоряет развитие корневой системы и способствует проникновению ее вглубь. Это особенно важно в районах с недостаточным увлажнением.

Авторы нашли, что очаговое фосфорное питание способствует меньшей ретроградации фосфатов и сокращает срок вегетации растений.

В опытах с гранулированным суперфосфатом даже в засушливом 1962 году на 1 ц удобрений, внесенных в рядок, получена прибавка 4 ц яровой пшеницы (Островляничик, 1965).

В Новосибирской области изучение рядкового внесения суперфосфата было проведено В.В.Захаровым и Ф.В.Черенцовой (1968), В.Д.Холоповым (1966) и некоторыми другими. Авторы наблюдали незначительную эффективность фосфорных удобрений на интенсивно удобряемых полях, а также на полях, где растения плохо обеспечены азотом и влагой. При малом содержании в почве нитратного азота фосфорные удобрения следует применять в сочетании с азотом.

При одновременном внесении фосфора, выравнивающим соотношение между подвижным азотом и фосфором, потребление азота растениями и микроорганизмами усиливается, и азот повышает урожайность.

Наблюдения за нитратами в почвах черноземного типа констатируют их большое количество – более 100 мг/кг (Горшенин, 1955; Гантимуров, Холопов, 1959; Кочергин, 1965; Холопов, 1966; Бойко, 1968 и другие).

Как отмечают эти авторы, добавление к фосфору калия (PK) часто не дает увеличения прибавки урожая зерновых и иногда понижает эффективность действия фосфорных удобрений.

Очевидно, одной из причин этого является химическая природа самих удобрений (Соколов, 1950; Прянишников, 1952; Авдонин, 1965; Ратнер, 1965). Азотные и калийные удобрения, содержащие одновалентные катионы (NH_4 , K, Na), а также ион хлора (калийные), вытесняют кальций из почвенно-поглощающего комплекса в почвенный раствор и обогащают последний хлором. «...Кальций будет переводить фосфорную кислоту в менее подвижные соединения, а избыток в растворе анионов препятствовать поступлению в растения PO_4 . Таким образом, высокая концентрация NO_3^+ и Cl^- в почвенном растворе становятся сильным конкурентом на пути поглощения фосфора. На преодоление этого требуется излишнее его количество» (Соколов, 1939).

Однако, как отмечает автор, высокая концентрация NH_4^+ способствует лучшему поглощению растениями фосфат - иона. Действие минеральных удобрений на черноземах Западной Сибири зависит в сильной степени от погодных и агротехнических условий. Характерной особенностью климата является периодически повторяющиеся засухи. Нередко засуха наблюдается в течение 2-3 лет, а затем наступают годы с нормальным и повышенным увлажнением.

Увеличение запасов влаги повышает эффективность минеральных удобрений (Холопов, 1966; Кельчевская, 1966; Кочергин, 1968; Захаров, Черенцова, 1968).

Большую роль при поступлении фосфора в растение играют дозы фосфорных удобрений и их сочетание с другими видами удобрений.

При малых дозах до известного предела насыщения фосфорное удобрение при поверхностном внесении действует слабо.

За этим пределом, зависящим от типа почвы, доступность фосфора повышается и наблюдается более сильное действие фосфорных удобрений. Но при систематическом внесении высоких доз фосфора происходит сильное

обогащение почвы усвояемыми фосфатами (зафосфачивание). Зафосфачивание было обнаружено на сероземах (Чумаченко, 1960), на черноземных почвах свеклосеющих районах Украины и Центрально-черноземной полосы (Кудзин, 1955; Горшков, 1960).

Как показали исследования Г.И.Самохвалова (1955), А.В.Соколова (1958), Л.С.Любарской и Э.А.Бабариной (1962), С.М.Гуревича (1962), Д.Н.Прянишникова (1963), П.Г.Адерихина и П.С.Колтаковой (1965), В.В.Буткевича и Е.П.Трепачева (1960), О.Р.Engelstad and Е.С.Moreno (1960) накопление значительных количеств усвояемых фосфатов происходит при систематическом внесении «обычных» доз удобрений. Внесение фосфорных удобрений на таких почвах малоэффективно и в некоторых случаях сопровождается снижением урожая.

Постепенная отдача фосфора удобрениями и способность почвы регулировать поступление его в растения определяют главное место фосфора в основном удобрении (до посева).

Эффективность разных доз фосфорных удобрений на черноземах Новосибирской области изучалась В.Д.Холоповым (1966), В.В.Захаровым и Ф.В.Черенцовой (1968), в Омской области А.Е.Кочергиным (1968), в Алтайском крае О.И.Антоновой (1968), М.Ф.Островляничик (1965) и другими.

По данным В.В.Захарова и Ф.В.Черенцовой (Новосибирская государственная сельскохозяйственная опытная станция) суперфосфат, внесенный из расчета 3 ц/га, повысил урожай пшеницы на 4,6 ц/га. Полтора центнера суперфосфата, дополнительно внесенные по фону $N_{30}P_{30}K_{30}$, дали прибавку урожая 4,3 ц, т.е. прибавку, равную при внесении 3 ц суперфосфата. Те же 1,5 ц суперфосфата на фоне $N_{60}K_{60}$ подняли урожай пшеницы с 18,8 до 26,9 ц/га. А доза фосфора 90 кг на том же фоне понизила урожай с 26,9 до 25,6 ц/га. Аналогичные исследования получены при применении азотных удобрений.

В результате этих и других опытов с удобрениями авторы заключают, что повышение дозы фосфора и азота при одиночном внесении и в сочетании несколько повышают урожай, но резко снижают отдачу за единицу удобрения.

Наиболее эффективными проявили себя дозы фосфора 40-60 кг P_2O_5 и азота 40-45 кг на гектар.

Исследования СибНИИСХоза и других опытных учреждений Сибири (Острavianчик, 1965; Кочергин, 1968; Антонова, 1968 и другие) показали высокую эффективность пылевидного суперфосфата при разбросном внесении нормой 30-60 P_2O_5 кг/га и рядковом при норме 20-25 кг/га. В последнем случае была получена прибавка яровой пшеницы в 1,7-2,3 ц/га.

Но лучше всего обеспечиваются растения фосфором при двухслойном внесении суперфосфата (под плуг и в рядки при посеве). В этом случае был получен наиболее высокий урожай 25,4 ц/га при урожае в контроле 19,5 ц/га (Кочергин, 1968). По мнению автора, а также ряда других исследователей (Алов, 1966): «...наибольшая физиологическая потребность растений в фосфорном питании не с самого начала вегетации, а в наиболее поздней фазе начального периода роста является одной из важнейших причин высокой эффективности сочетания основного фосфорного удобрения с рядковым или гнездовым».

Особенностью применения фосфорных удобрений под зерновые культуры является влияние удобрений на ускоренное созревание культур.

О.В.Сдобникова (1961) отмечает, что ускорение созревания пшеницы при внесении фосфорных удобрений на 3-4 дня имеет важное значение в условиях короткого вегетационного периода и недостатка тепла.

В опытах Н.И.Богданова (1952), Л.З.Кузнецовой (1969), В.В.Захарова и Ф.В.Черенцовой (1968) внесение суперфосфата ускорило созревание зерновых на 2-8 дней.

Таким образом, имеющиеся материалы по опытам с минеральными удобрениями на черноземах Европейской части СССР, а также в Западной Сибири, показывают, что все зерновые культуры, и в частности, яровая пшеница, весьма отзывчивы на минеральные удобрения, а в Сибири особенно на фосфорные и азотные. Это позволяет рекомендовать дифференцированное применение удобрений в зависимости от почвенно-климатических условий зоны, подзоны и области.

Глава 3. Оценка обеспеченности почв подвижным фосфором с помощью агрохимических методов на черноземах Новосибирской области

3.1. Изученность химических методов определения фосфора в почве

В настоящее время агрономическая химия располагает большим набором методов определения доступных форм азота, фосфора, калия и некоторых других макро- микроэлементов в почве.

Разработка методов имеет длительный и сложный путь развития. Сложность этого пути становится вполне понятна, если учесть, что действие минеральных удобрений это результат совместного проявления особенностей почв, метеорологических условий и агротехники, разработанной для конкретных хозяйственных условий.

Первые исследования, начиная с сороковых годов XIX века (1840 г.), в области изучения определения питательных веществ опирались на неправильное представление механизма поступления питательных веществ в растения.

Высокий авторитет Либиха (Либих, 1936), который признавал поступление вещества в растения из твердой фазы почвы, наложил сильный отпечаток на агрохимические исследования, как в Германии, так и во многих других странах. К началу пятидесятих годов девятнадцатого столетия в агрохимии большое внимание стало уделяться исследованию химического состава водных вытяжек.

Некоторые исследователи, определяя питательные вещества в вытяжках, связывали содержание фосфатов с урожайностью сельскохозяйственных культур на изучавшихся почвах (Ульбрихт, 1893; Шульце, 1864 - цитировано по Кирсанову, 1935).

Изучение водных вытяжек представляет интерес до настоящего времени.

В конце XVIII - начале XIX столетия агрохимические исследования усилились в области изучения почвенного раствора, который не является

тождественным с водной вытяжкой (Шлэзинг, 1870; Камерон, 1911 - цитировано по Кирсанову, 1935). Этими работами было доказано, что почвенный раствор слабо изменяется под влиянием удобрений, так как последние весьма сильно поглощаются почвой.

Исследования показали, что ни водные вытяжки, ни почвенный раствор не могут служить основой разработки надежных методов для характеристики плодородия почвы и расчетов потребности растений в удобрениях.

В 1894 году сотрудник Ротамстедской опытной станции Дайер предложил для разрешения вышеизложенных вопросов лимонную кислоту, показавшую на большом количестве опытов с удобрениями хорошее совпадение величины урожая с содержанием питательных веществ, переходящих в почвенную вытяжку. Дайер считал, что почва нуждается в удобрениях, если она содержит в лимонной вытяжке меньше 0,01% P_2O_5 и 0,005% K_2O (цитировано по Хейфец, 1960).

В 1897 году этот метод испытал Д.Н.Прянишников, а несколько позднее Богдановым вместо лимонной кислоты была представлена 2% уксусная кислота (Кирсанов, 1935).

Метод лимоннокислых вытяжек имеет большое значение и в наше время в виде двух вариантов Лемермана и Аррениуса (Хейфец, 1960).

В 30-х годах во Франции был разработан метод Шлэзинга и Зигмонда, где питательные вещества вытеснялись из почвы 0,01н азотной кислотой. Одновременно получил большое распространение американский метод Труога, в основе которого лежит извлечение фосфата почвы 0,002н H_2SO_4 . В Канаде метод Труога был несколько изменён Митчелом, который предложил извлечение фосфора при помощи $KHSO_4$ в смеси с K_2SO_4 при $pH=3$ (Хейфец, 1960). В 1935 г. А.Г.Кирсанов разработал метод определения фосфора в почве 0,2н соляной кислотой. Последний метод и в настоящее время используется в основном при массовых агрохимических исследованиях серых лесных и дерново-подзолистых почв (Хейфец, 1960).

При помощи кислотных вытяжек определялось содержание в почвах фосфора и калия. Азот извлекался в 1% растворе K_2SO_4 по методу Кёнига и Хазенбоймера.

В связи с наличием большого количества методов и в больших расхождениях в показаниях их, выявилась необходимость проведения сравнительной оценки в различных почвенно-климатических зонах.

В августе 1933 г. международная ассоциация почвоведов (Копенгаген) решила провести сравнительное испытание около тысячи отдельных почв путём постановки вегетационных и лабораторных опытов. Закладка опытов в широком плане развернулась и в нашей стране.

Остановимся на характеристике методик определения фосфорных соединений в почве.

Многообразие условий, в которых протекают процессы превращения фосфатов в почвах, не позволило до сих пор выработать удовлетворительные методы разделения при анализах форм фосфатов в почвах и особенно той их части, которая доступна растениям. С.Н.Антонов (1928) отмечал, что форма P_2O_5 в какой-либо вытяжке из почвы в момент определения представляет собой искусственно полученную (в процессе растворения) комбинацию, а не форму, находящуюся в естественном виде. В момент определения не учитываем разность между P_2O_5 первоначально растворимой и P_2O_5 , закреплённой в почве основаниями, мобилизованными в процессе этого растворения, т.е. в форме вторичных образований.

Сложность применения химических методов определения в почве подвижного фосфора усиливается ещё и тем, что растворимость веществ и процесс корневого питания растений не идентичен.

Академик Д.Н.Прянишников писал: «Нужно удивляться не тому, что нет метода, дающего 100% совпадение с показателями растений, а скорее тому, что всё же находятся методы, способные для известного круга почв и растений давать совпадения до 80%». Эти слова в первую очередь относятся к фосфорному питанию растений.

Вопросу отработки определенной методики определения потребности растений в фосфорных удобрениях посвящено ряд экспериментальных работ Д.Н.Прянишникова (1940), П.А.Костычева (1940), А.В.Соколова (1950), Н.И.Богданова (1952), Ф.В.Чирикова (1956), Н.П.Карпинского и В.Б.Замятиной

(1958), А.Е.Кочергина и Г.Я.Палецкой (1961), Д.М.Хейфец (1964), Д.М. Аскиназм, К.Е.Гинзбург, Л.С. Лебедева, 1963, Л.И. Никифорова, 1974.

В настоящее время широко используется ряд терминов по отношению к подвижному фосфору. Существуют также термины, как легкодоступная P_2O_5 , усвояемая P_2O_5 , подвижная P_2O_5 и другие.

Д.М.Хейфец (1964), Н.П.Карпинский и В.Б.Замятина (1958) считают, что содержание фосфора в водной вытяжке намного ниже, чем количество фосфора, которое может быть усвоено растением, а количество фосфатов, извлекаемых методами Труога и Чирикова, значительно превышает вынос элемента урожаем. Следовательно, относить эти методы к методам, позволяющим определить количество доступных фосфатов, нельзя. Доступные фосфаты — это те соединения в почве, фосфор которых может поступать в растения во время их роста и развития. Они определяются анализом растений. Растворимыми или подвижными фосфатами почвы называют те, фосфор которых переходит в растворы различных химических реагентов (Хейфец, 1964). Поэтому при дальнейшем изложении материала мы считаем целесообразным применять термины «подвижный фосфор» или «растворимый фосфор».

Количество извлеченного подвижного фосфора зависит от методики его определения, т. е. от применяемого растворителя. В настоящее время для определения фосфора в почве употребляют кислоты, щелочи или соли небольших концентраций.

Водные вытяжки применяются реже, из-за малого количества извлекаемого фосфора. Как отмечают многие исследователи, в процессе получения вытяжек происходит не только растворение, но и вторичное осаждение фосфатов. Оно ослабляется при более широком отношении между почвой и раствором. (Антонов, 1928; Хейфец, 1964; Соколов, Сидорина, 1964).

В методах, основанных на применении слабокислых вытяжек, для извлечения фосфора используются: в методе Кирсанова 0,2н соляная кислота ($pH < 1$) при отношении почвы к раствору 1:5, в методе Труога -

0,002н серная кислота, забуференная сернокислым аммонием до рН=3, (почва:раствор = 1:200), в методе Чирикова (сокращенный вариант) - 0,5н уксусная кислота (рН = 2,5) при отношении почвы к раствору, как 1: 25, у метода Францесона берётся 0,006н соляная кислота (рН = 3,1) при соотношении почва:раствор равная 1:10. В методе Эгнера - Рима используется кислый буферный раствор лактата кальция и аммония при рН = 3,6 (почва : раствор = 1:50).

К методам, в которых извлечение производится щелочными растворами, относятся: метод Мачигана - вытяжка 1% раствором углекислого аммония, имеющим рН=9 (почва : раствор = 1:20), метод Даса - вытяжка 1% раствором углекислого калия (1:10), метод Олсена - вытяжка 0,5н NaHCO_3 с рН=8,5 (почва : раствор = 1:100).

В некоторых методах применяются реактивы, рассчитанные на извлечение обменно поглощенных фосфатов. Таковыми являются: метод А.В. Соколова, где используется нейтральный 0,1н фтористый аммоний, Брея и Курца - смесь растворов аммония и соляной кислоты, метод Сидориной с применением анионитов (Хейфец, 1960, Питербургский, 1959).

Для большинства названных выше методов установлены определенные показатели, так называемые предельные числа (лимиты), позволяющие судить о степени обеспеченности растений фосфором. Эти лимиты были определены путем сравнения данных содержания подвижной P_2O_5 в почве и эффективностью фосфорных удобрений при анализе урожая культуры в полевых или вегетационных опытах. Причем сравнительные показатели должны были иметь довольно высокий коэффициент корреляции.

А.В.Соколовым был предложен метод определения условного запаса усвояемого фосфора, основанный на вегетационном опыте с применением изотопа P^{32} (Соколов, 1955).

Для суждения о доступности растениям почвенных фосфатов необходимо знать количественное содержание различных форм соединений

фосфора в данной почве. Определение группового (фракционного) состава фосфатов проводится методами: Чирикова (1939), Чанга и Джексона (G.W.Peterson, R.B.Corey, 1966), Гинзбург - Лебедевой (1958).

Сущность этих методов заключается в том, что при последовательной обработке почвы разными растворителями выделяется и количественно учитывается содержание фосфатов разной растворимости. Метод «кривых титрования», предложенный Е.И.Бобко и А.Л.Масловой (1926), учитывает количество фосфора переходящего в раствор в зависимости от реакции среды.

При равных запасах доступного фосфора растения не всегда в одинаковой степени обеспечены этим элементом питания. Н.П.Карпинский и В.Б.Замятина (1958) считают необходимым ввести показатель определения подвижности почвенных фосфатов (фактор интенсивности). Подвижность почвенных фосфатов определяется уровнем, который дан авторами, исходя из положений Скофилда о фосфатном потенциале почв (G.Wood, 1965). Подвижность фосфатов характеризуется интенсивностью перехода фосфат-ионов из почвы в раствор. В качестве показателя подвижности используется концентрация P_2O_5 в солевой вытяжке (0,03н K_2SO_4) при отношении почвы к раствору 1:10.

Исследования степени подвижности фосфатов в различных почвах представляет большой интерес, так как служат для обоснования целесообразности применения фосфорных удобрений.

Последовательными солевыми вытяжками Карпинскому Н.П., Замятиной В.Б. (1958), Глазуновой Н.М. и другими (1968) удалось выделить два типа почв: богатую с низким фосфатным уровнем и бедную с высоким. Практическая ценность выводов заключается в том, что почва со слабой растворимостью фосфора для создания эквивалентного урожая должна обладать более высокими запасами, чем почва с высокой растворимостью фонда, где содержание P_2O_5 на первых порах не играет роли.

Однако, разные сроки отбора почвенных образцов (от весны к осени) при агрохимическом обследовании дают различные показания фосфатного уровня.

Отбор образцов необходимо осуществлять в один срок, так как по данным Дж. Кука осенью получаем минимальное содержание P_2O_5 , а весной - максимальное, или лучше в оба срока (Сычѳв и др., 1999). Таким образом, необходимо установить жѳсткие сроки отбора образцов, их подготовку и проведение анализа.

К настоящему времени накопилось значительное количество работ, посвященных сравнительному изучению пригодности того или иного метода для одной или двух почв, близких по генезису.

Д.Н.Прянишников говорил, что химические методы условны и каждой почвенной зоне требуется своя «пришлифовка» методов к местным особенностям на основании сопоставления с данными полевых опытов (1963). При определении содержания подвижных фосфатов на карбонатных чернозѳмах Д.М.Хейфец (1964), Н.М.Шапошникова (1961), Н.Т.Степанец (1965), М.Н.Бурангулова, П.А.Курчѳев и С.Г.Гизатулин (1964) пришли к выводу о необходимости использования на исследуемых почвах метода Мачигина. Он принят как стандартный для карбонатных черноземов при агрохимическом обследовании.

Л.И.Акентьева (1961), проводившая сравнение методов на чернозѳмах Донбасса, отмечает, что наиболее приемлемым для карбонатных чернозѳмов, из изучаемых ею пяти методов, оказались методы Джорет и ионного обмена на анионите в хлоридной форме.

Некоторые исследователи А.В.Соколов (1955), Д.М.Хейфиц (1964), А.В.Соколов, Т.Д.Корицкая и А.А.Малеина (1961), используя меченый фосфор, показали, что для некарбонатных чернозѳмов могут применяться методы Чирикова, Труога, Эгнера - Рима и Кирсанова.

При этом было выяснено, что методы Труога и Чирикова извлекают одни и те же формы почвенных фосфатов.

Сравнение методов на черноземных почвах Европейской территории Союза проводили Ю.К.Кудзин, Л.А.Воробьева (1960), В.А.Францесон и Е.Ф.Кривицкая (1960), В.А.Францесон (1963), С.М.Гуревич (1961, 1962), Н.К.Крупский, Л.П.Левенец и др. (1968), А.Н.Ляхов, А.А.Зенин, Е.Ф.Кривицкая (1968), С. Ф. Бондаренко (1968), П.А. Дмитренко, 1946.

Л.А.Воробьева (1960) приводит сравнение метода Труога и Кирсанова в некарбонатных почвах нечерноземной полосы.

Однако, при одних и тех же запасах фосфатов подвижность их в различных почвах существенно различается.

На черноземах УССР Ю.К.Кудзин (1960) выяснил, что между методами Чирикова - Шконде и Эгнера - Рима существует высокая коррелятивная зависимость. Автор отмечает непригодность метода Францесона для массовых исследований почв, в связи с большой чувствительностью его к малейшим изменениям состояния фосфатов в почве.

На серых лесных и дерново-подзолистых почвах были проверены методы Л.Н.Яневской и К.С.Сапежанской (1960), А.С.Шуловым и Е.П.Пирог (1963), А.Васичевой (1963), П.Н.Глазуновой (1962).

Детальное сравнение химических методов определения фосфора для почв СССР проведено Д. М. Хейфец (1964). Автор указывает, что для определения содержания растворимых фосфатов в пахотном слое каждого типа почвы имеется несколько методов, дающих правильное представление о содержании в почве доступных для растений фосфатов, в частности, метод Кирсанова для дерново-подзолистых почв, методы Чирикова и Труога для черноземов. Степень окультуренности лучше выявляется методами Эгнера - Рима, ацетатно - буферной и фторидной вытяжками.

Методами Кирсанова и Труога не следует пользоваться при профильном изучении почв, так как в вытяжку переходят такие группы фосфатов, которые практически не будут использованы растениями.

Исследования на различных почвах Советского Союза проведены М.Н.Глазуновой, Л.П.Похлебкиной и Е.Ф.Кривицкой (1968), А.В. Кудияровой,

1967. Некоторые исследователи (Лесюкова, 1930; Грабаров и др. 1961; Иванов, Димитров, 1965; Крупский, Левенец и др., 1968) отмечают изменение в содержании фосфора в почвенной вытяжке, определенного одинаковыми методами, от техники и условий проведения анализов (время взбалтывания, вид посуды, температура и др).

П.С.Ивановым и Н.С.Димитровым (1965) было отмечено, что повышение температуры до 20-25°C сопровождалось увеличением растворимости фосфатов.

Эти исследования были подтверждены А.Х.Кольцовым (1974, 1981) на почвах Тюменской области.

Он выяснил, что динамика фосфорной кислоты, определяемая по методу Францесона и Чирикова, связана с изменением температуры почвы. Чем выше температура, тем больше содержание в почве подвижной P_2O_5 .

В Сибири сравнительное изучение методов определения фосфора в почвах проводилось Н.К.Богдановым (1955), В.И.Котельниковым (1959), Л.М.Бурлаковой (1960, 1984), А.Е.Кочергиным и Г.Я.Палецкой (1961), Л.П.Антипиной (1966, 1976), Н.Г.Рудым (1967), О.И.Антоновой (1968, 1971), Л.З.Кузнецовой (1969), Г.П.Гамзиковым и Г.П.Поставской (1975), С.С.Аверкиной (1986), Ю.И.Берхиными и Е.Г.Чагиной (1987), П.И.Крупкиным (1966, 1971), Э.В.Титовой (2007), Ю.Д.Кушниренко, А.К.Федоровой (1980), Л.А.Шамрай (1970), Л.П. Костюхин, Н.Г. Крестьянинова и др. 1968.

Специфика почв Сибирского региона заключается в неодинаковом естественном плодородии. По данным И.Н.Чумаченко и А.И.Тимченко (2000) по состоянию на 1997 год распределение площади пашни по содержанию подвижного фосфора и степени обеспеченности почв отличались между собой. Основная площадь пашни Западно-Сибирского региона при агрохимическом обследовании было отнесено к категории повышенной (31,5%), высокой (19,3%) и очень высокой (12,8%) обеспеченности подвижным фосфором. В Восточно-Сибирском регионе эти цифры

соответственно были 16,7, 11,8, 11,0%. Весьма низкое естественное плодородие наблюдалось в Уральском регионе. При агрохимическом обследовании было обнаружено: с очень низким (8,8%), низким (26,9%) и средним (36,7%) содержанием подвижного фосфора в почве. Как отмечают авторы в условиях экономических преобразований в России возможности наращивания объемов выпуска фосфатов ограничены.

Необходимо отметить, что при условии низких и средних показателей по содержанию фосфора, использование азотных и калийных удобрений не дает ожидаемого эффекта. Поэтому для проведения ревизии государственных балансов агроуд России и разработки инвестиционных критериев оценки месторождений было посвящено заседание секции агрохимии научно-технического совета Минсельхозпрода РФ, которая состоялась в 1999 году (Чумаченко, Янишевский, 1999).

При решении этих вопросов назрела острая необходимость ревизии существующих методов определения подвижных фосфатов и проверка существующих лимитов к ним. Поэтому в этом же году был проведен симпозиум и вышел в свет сборник трудов «Совершенствование методологии исследований фосфатного режима почв, оптимизация фосфорного питания растений и баланс фосфора в агроэкосистемах» (Чумаченко, Янишевский, 1999).

В этом сборнике особо отмечаются работы Н.М.Глазуновой и Л.П.Похлебкиной (1989), П.Ф.Янишевского (1998), С.Н.Адрианова (2000), А.В.Пуховского (2002), которые по-разному оценивают запасы в почвах усвояемых фосфатов, их состав и степень подвижности.

В.Г.Сычѳв и др. (1999) утверждают, что при оценки доступности растениями почвенных фосфатов важны показатели: интенсивность (степень подвижности фосфатов), ёмкость (количество подвижной P_2O_5 способное переходить из тѳврдой фазы почвы в раствор), скорость перехода фосфатов (концентрация P_2O_5 при многократном экстрагировании солевым раствором) и буферная ёмкость почв. Они констатируют, что практически в научных

исследованиях по агрохимии фосфора до сих пор все эти показатели в комплексе не изучались.

При подборе более эффективного метода анализа по сравнению с принятыми (Кирсанова и Чирикова) авторы рекомендуют метод Олсена, который может служить эталоном. Для придания универсальности методу Олсена Hunter (цитировано по Сычёву и др., 1999) предложил дополнить вытяжку 0,5N NaHCO_3 , вытяжкой Na - ЭДТА.

В зарубежных странах широко применяются методы: Дясена, Брея №1; Скофилда, Мелиха №3 - модифицированный; Килоунски - модифицированный и др. (Янишевский, 1998, цитировано по Чумаченко, 2003). По методу Мелиха №3, по данным автора, в одном экстракте можно определять P, K, Ca, Mg, Mn, Zn и Si (Mehlich, 1984).

Сорокалетние исследования Института питания (г. Йена) показали, что все кислотные растворы непригодны в качестве экстрактов для многих типов почв Среднеевропейского региона из-за наличия железа и алюминия (цитировано по Сычёву и др., 1999). Для определения потребности почв в фосфорных удобрениях И.Н.Чумаченко (1999, 2003) предлагает характеризовать обеспеченность почв усвояемой P_2O_5 с помощью уравнения фосфатной буферной емкости.

Таким образом, приведенные данные указывают, что методы определения подвижных фосфатов в почвах несовершенны и требуют дальнейшей детализации в их изучении. Методы кислотных вытяжек позволяют установить обеспеченность почв подвижной P_2O_5 при правильном выборе растворителя в соответствии со свойствами почвы и условиями опыта. Однако они не показывают степень окультуренности почв.

Слабосолевые и водные вытяжки характеризуют степень подвижности фосфатов почвы. Методы определения степени подвижности фосфора дают представление об интенсивности поступления в раствор наиболее усвояемой части фосфора.

Наиболее полное представление о фосфатном режиме почв может быть получено при использовании методов изучения количественного и качественного состояния фосфатов: определение запаса подвижных фосфатов в почвах, активности ионов фосфорной кислоты в почвенном растворе, фракционирование фосфатов, сорбционной способности почвы в отношении P_2O_5 и некоторые другие факторы.

3.2. Материалы и методы исследований

Погодные условия в период проведения опытов складывались по-разному. В 1962 году за четыре вегетационных месяца (май-август) выпало 182 мм осадков. Это на 52 мм меньше средней многолетней за тот же период, но распределение осадков было очень благоприятно для роста зерновых культур. В 1963 году май-июнь были сухими. Осадков выпало меньше многолетней нормы. В 1964 году осадки в течение всего вегетационного периода выпадали в пределах многолетней нормы. В 1965 году жаркая и сухая погода в течение мая-июля месяцев способствовала низкому и неполноценному урожаю зерновых культур. Вегетационный период 1966 года характеризовался малым количеством осадков, но выпадение их хорошо сочеталось с наиболее ответственным периодом роста и развития зерновых культур. В 1967 году количество осадков было больше, чем в 1962 и 1966 годах, но распределение их было неравномерным. Таким образом, в период проведения наших исследований засушливыми для зерновых культур были 1963, 1965, 1967 года. На выщелоченных черноземах Новосибирской сельскохозяйственной опытной станции полевые опыты проводились в десятипольном паро-пропашном севообороте по схеме: контроль, P_{40} , P_{75} , P_{90} , P_{120} , N_{30} , $N_{30}P_{75}$. дозы рассчитывать в кг/га действующего начала удобрений, которые вносились в виде аммиачной селитры, суперфосфата гранулированного и хлористого калия.

Повторность опыта четырехкратная. Площадь учетной делянки 50 и 100 м².

Производственные опыты в опытно-производственных хозяйствах проведены по схеме: контроль, $N_{40}P_{40}$, $N_{40}P_{20}K_{40}$, $N_{40}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{60}K_{40}$. повторность опыта – четырехкратная. Формы удобрений те же. Размер делянки

200 м². почвенные образцы отбирались 3-4 раза за вегетационный период на глубине 0-20 и 20-40 см.

Вегетационные опыты закладывались по схеме: яровая пшеница – контроль, NK; P₁NK; P_{1,5}NK; P₂NK; P₃NK; овес – контроль, P, NP, PK, NPK. Дозы удобрений применялись в виде химически чистых солей аммония азотно-кислого и однозамещенного фосфата калия и кальция.

Влажность поддерживалась в размере 60% от полной влагоемкости. Дозы удобрений: P₁ – 0,1 г P₂O₅, N – 0,15 г, K – 0,1 г K₂O на килограмм абсолютно сухой почвы. Сосуды были емкостью 3 и 5 кг. Для опыта использовался верхний (0-20 см) слой почвы. Повторность опыта девятикратная. Количество растений в сосуде – 20. в течение вегетационного периода на всех опытах проводились фенологические наблюдения и отбор почвенных и растительных образцов.

Определение фосфатной мобилизационной способности изучаемых почв (метод кривых растворимости) проводилось путем постановки лабораторных опытов по методу Бобко и Масловой (1926). Определение нитратного азота проводилось колориметрически по Грандваль-Ляжу с дисульфифеноловой кислотой. Определение почвенных фосфатов разной степени доступности и растворимости проводилось по методам Карпинского и Замятиной, Францесона, Чирикова (сокращенный вариант), Эгнера - Рима. Определение фосфора по всем методам проводилось по варианту Малогина и Хреновой. В методе Труога был использован вариант Труога - Мейера (Хейфец, 1965). Полная агрохимическая характеристика почвенных разрезов проводилась общепринятыми методами (Агрохимические методы исследования почв, 1960). Математическая обработка полученных данных проводилась по методам В.Г.Вольф (1966), Б.А.Доспехова (1968).

Характеристика почв опытных участков

Область распространения черноземов в Западной Сибири занимает обширную территорию. По М.А.Винокурову и К.П.Горшенину (1937) в пределах Ишим-Иртышского водораздела граница черноземных почв проходит немного севернее 54 параллели. Перейдя Иртыш, она резко опускается к юго-

востоку до озера Баклушево, дойдя до последнего, она поворачивается на северо-восток к г. Томску. Отсюда граница идет по извилистой линии севернее Сибирской магистрали на восток. Южная граница черноземов проходит по территории Казахстана.

Черноземы Сибири по своим признакам и свойствам значительно отличаются от таковых в Европейской части России.

В ряде фундаментальных работ И.П.Герасимова, А.А.Завалишина, Е.Н.Ивановой (1939), К.П.Горшенина (1955), Е.Н.Ивановой и Н.Н.Розова (1958), Н.Д.Градобаева, В.М.Прудниковой и И.С.Сметанина (1969) указывается, что в сибирских черноземах пониженный запас гумуса, малая мощность гумусового горизонта и его языковатость и потечность, выраженность в ряде случаев остаточной солонцеватости, засоленности и луговости.

Вся черноземная зона, как отмечает К.П.Горшенин (1955), по совокупности физико-географических условий делится на 3 подзоны:

1) черноземы оподзоленные и выщелоченные; 2) черноземы обыкновенные; 3) черноземы южные.

Путь развития выщелоченных черноземов двоякий. С одной стороны развитие этих почв идет по пути образования выщелоченных черноземов, как стадии дернового процесса, следующей за дерново-подзолистой, с другой – современный черноземный процесс является стадией дернового периода, следующей за осолодением-осолонцеванием.

Среди предшествующих процессов в этих черноземах сохранились только в виде реликтовых иллювиальных горизонтов и в наличии избытка щелочно-растворимой кремнекислоты (Горшенин, 1955).

Выщелоченные черноземы по площади распространения занимают большой удельный вес в Приобских районах Новосибирской области. Много их и в Барабинской низменности. К выщелоченным черноземам относятся черноземы, промытые от карбонатов кальция и имеющие слабые признаки оподзоливания, выражающиеся в появлении мелких прожилок и пятен кремнеземистой присыпки в нижней части гумусового горизонта и слабого

уплотнения в подгумусном слое. По степени выщелоченности, которая регулируется отчасти механическим составом, условиями залегания почвы и проявлению признака оподзоливания, среди черноземов выделяются: слабовыщелоченные, выщелоченные и сильновыщелоченные. Профили выщелоченных черноземов характеризуются появлением кремнеземистой присыпки, уплотнением и глубокой выщелоченностью карбонатного пояса (до 70-80 см). Неодинаковы выщелоченные черноземы по структуре и содержанию перегноя. В приобских районах они являются среднегумусными, с рыхлой пылевато-комковатой или зернисто-пылеватой структурой.

Важным признаком выщелоченных черноземов является частая переритость почвенного профиля землероями (Горшенин, 1955).

Наши исследования проведены в основном на выщелоченных суглинистых черноземах Новосибирской сельскохозяйственной опытной станции на III надпойменной террасе р. Оби, а также на иных черноземных почвах в хозяйствах Новосибирской области.

Ниже приводим описание разреза типичного выщелоченного чернозема для территории опытной станции.

Разрез № 1.

Заложен в 300 м от усадьбы элитного хозяйства станции (III терраса) на 4-м поле паро-пропашного севооборота.

Формула профиля: $A = 38 + A_1 = 68 + AB = 96 + B = 130$ см

Взятые образцы: 0-10 см, 20-30 см, 40-50 см, 55-65 см, 70-80 см, 80-90 см, 120-130 см.

Горизонт A_1 0-38 см, суглинок черный, влажный, рыхло-комковатой структуры пронизан корнями растений, переход постепенный. Горизонт AB 38-68 см серовато-бурый с гумусовыми потеками (переходный) суглинок, уплотненный комковато-пылеватой структуры, корни растений, переход постепенный по цвету.

Горизонт B 68-96 см. Желто-бурый суглинок с темными гумусовыми пятнами, зернисто-комковато-пылеватой структуры, уплотненный, влажный, в

конец горизонта пронизан псевдомицелиями карбонатов, редко корневые остатки, кротовины. Переход заметный по цвету.

Горизонт СК 96-130 см. Желтый с белесоватым оттенком суглинок, карбонатный, влажный, сложение плотное. Бурно вскипает от HCl, ходы насекомых, редко корни растений.

Механический анализ почв в описываемом разрезе нами не проводился. Ниже (таблица 2) приводятся данные механического состава из сводного отчета станции 1947 года, агрометстанции (1963) и исследования И.К.Супряги (1960) при обследовании и составлении почвенной карты территории опытной станции. Все почвенные образцы были взяты на III террасе, на полях отдела земледелия.

Таблица 2

**Механический состав выщелоченных черноземов
(по Качинскому)**

Горизонт	Глубина в см	Количество частиц (диаметр, мм) в % от веса сухой бескарбонатной почвы						Сумма 0,01
		1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001	
Данные опытной станции 1947 г.								
A _{пах.}	0-10	0,70	17,27	41,47	8,58	11,05	20,93	40,50
B	40-50	0,65	19,34	41,52	5,84	9,65	22,60	38,09
BC	90-100	0,85	15,61	47,17	5,95	8,06	22,36	36,37
Данные И.К.Супряги, 1960 г.								
A _{пах.}	0-10	Нет	8,0	51,1	6,6	11,8	22,5	40,9
B	30-40	Нет	13,2	45,3	9,2	9,7	22,6	41,5
BC	45-55	Нет	14,6	43,4	9,8	7,0	25,2	42,0
C	140-150	Нет	14,9	44,2	8,2	7,1	25,6	40,9
Данные Огурцовской агрометстанции, 1963 г.								
A _{пах.}	0-10	0,04	12,08	45,75	9,30	8,93	23,9	42,13
	20-30	0,11	13,07	46,73	6,69	9,60	23,8	40,39
A ₁	40-50	0,04	14,12	53,70	8,34	7,32	26,5	42,16
	50-60	-	8,20	52,08	6,06	9,34	24,32	39,72
B ₁	70-80	-	44,14	18,46	5,92	7,16	24,32	37,40
СК	90-100	-	42,33	22,58	6,04	5,22	23,84	35,10

Как показывают данные механического анализа, почвы станции следует отнести к средним суглинкам пылеватого характера. Распределение отдельных механических фракций по профилю почв свидетельствует, что в результате аккумулятивно-элювиальных процессов в исследуемых почвах идет обогащение верхнего горизонта фракциями мелкой и средней пыли и мелкого песка и обеднение иловатыми частицами.

Механический и химический анализ позволяет судить о характере и направлении процессов почвообразования. При выщелачивании черноземов происходит постепенное вымывание растворимых солей в нижние горизонты почвы; обеднение гумусом и обогащение кремнеземом верхнего горизонта, снижается емкость поглощения выщелачиваемых почв, увеличивается ненасыщенность их основаниями, несколько возрастает гидролитическая и активная кислотность.

Некоторые химические особенности слабо-выщелоченного чернозема, на котором проводились наши опыты, представлены в таблице 3.

В исследуемом выщелоченном черноземе несколько понижены содержание валового гумуса. По К.П.Горшенину (1955) большинство выщелоченных черноземов имеют гумуса в верхних горизонтах в пределах 6,4-9,0%.

Слабая выщелоченность и вынос из верхнего горизонта мелких фракций нашли отражение в величине и распределении по профилю гигроскопической влажности; химически связанной воды, потери от прокаливанию. Отразилось это и на показаниях кислотности, суммы поглощенных оснований, степени насыщенности основаниями (таблица 3).

Содержание валовых и подвижных форм азота, фосфора и калия (таблица 4) в черноземе опытной станции значительно. Очевидно, чередование культур в севообороте, периодическое внесение удобрений и соблюдение правильной агротехники способствуют сохранению основных питательных веществ в почве и обеспечивают получение довольно высоких урожаев. Агрохимические исследования показали, что выщелоченные черноземы, на которых были поставлены опыты, имели благоприятный водно-воздушный и пищевой режимы, вполне удовлетворительный механический состав и кислотность почвы

Таблица 3

Некоторые химические свойства выщелоченного чернозема

№ /h	Горизонт	Глубина, см	Гигролага, %	На абс-сух. почве, %			мг-экв/100 г почвы			рН	
				Потеря при прокаливании	Гумус валовой	Химически связанная вода	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований	Степень насыщенности почвы основаниями	водная	солевая
1.		0-10	3,3	8,7	5,8	2,8	1,4	32,3	95,9	6,9	6,6
2.	Апах.	20-30	3,2	8,5	5,6	2,9	1,3	32,7	96,1	6,8	6,6
3.		40-50	3,3	7,3	3,3	4,0	0,7	30,1	97,7	6,6	6,3
4.	АВ	55-65	2,8	5,1	1,7	3,4	0,6	24,6	97,6	6,6	6,3
5.		70-80	2,8	3,7	0,3	3,4	0,4	22,8	98,2	6,8	6,4
6.	В	80-90	2,5	3,5	-	-	-	-	-	7,0	6,5
7.	СК	120-130	2,3	3,2	-	-	-	-	-	7,0	6,5

Таблица 4

Содержание N, P, K в выщелоченных черноземах

Глубина, см	Азот (N)		Фосфор (P ₂ O ₅)		Калий обменный по Бровкиной, мг на 100 г почвы
	Валовой, %	Гидролизуемый, мг/кг почвы	Валовой, %	Подвижный по Труогу, мг/100 г почвы	
0-10	0,338	104,4	0,275	14,48	25,0
20-30	0,318	95,2	0,242	10,36	20,8
40-50	0,266	75,6	0,197	10,14	8,3
55-65	0,145	81,2	0,186	10,14	6,2
70-80	-	42,0	-	-	-
80-90	-	36,4	-	-	-
120-130	-	-	-	-	-

3.3. Сравнение методов определения подвижного фосфора на черноземах Новосибирской области

Для определения потребности почв в фосфорных удобрениях предложено большое число методов агрохимического анализа.

При разработке методов определения подвижного фосфора в почве ставится задача найти реактив, равновесный корневой системе растений по способности его к растворению. Задача эта до сих пор не разрешена.

В практике работы сибирских агрохимических и почвенных учреждений в разной степени узаконены для определения потребности почв в фосфорных удобрениях методы Францесона, Чирикова (сокращенный), Труога, Карпинского - Замятиной, Эгнера - Рима.

С этими методами проводилась наша работа.

Для анализа были взяты почвенные образцы из пахотного (0-20 см) горизонта черноземов, собранные при маршрутном агрохимическом обследовании колхозов и совхозов Новосибирской области Зональной агрохимической лабораторией.

Всего подвергнуто анализу 262 почвенных образца. По результатам анализа все образцы в соответствии с количеством фосфора, извлеченного растворителями, принятыми в каждом методе, были распределены по классам обеспеченности фосфором, установленными шкалой, разработанной для каждого метода.

Для методов Чирикова и Труога была взята шкала, предложенная почвенным институтом им. В.В.Докучаева (Минеев, 2001). Для метода Францесона использована шкала, разработанная А.Е.Кочергиным (1968) для сибирских почвенных условий.

Шкалы распределения почв на классы по содержанию фосфорной кислоты даны в таблице 5. Извлечение фосфора 0,006н HCl (по Францесону) в количестве от 0 до 15 мг P₂O₅ на 1 кг почвы дает право отнести ее в первые три класса с характеристикой очень слабой и средней обеспеченности растений фосфором.

Содержание растворимого фосфора в 0,006н соляной кислоте в количестве 15-20 и более мг на килограмм почвы относит ее в классы с высокой и очень высокой обеспеченностью растений этим элементом.

Для метода Чирикова и Труога признаны шкалы, предусматривающие шесть классов нуждаемости почвы во внесении удобрений.

Первые три класса по классификации должны соответствовать наименее обеспеченным фосфорной кислотой трем классам метода Францесона. Однако, содержание подвижного фосфора по методу Чирикова допускается от 0 до 100 мг P_2O_5 , а методом Труога - от 0 до 120 мг на килограмм почвы.

При содержании подвижного фосфора от 101 до 200 и более мг P_2O_5 при методе Чирикова и от 121 до 250 и больше мг P_2O_5 на кг при методе Труога почвы считаются хорошо обеспечивающими фосфорное питание растений.

Таким образом, легкорастворимый фосфор в количестве от 0 до 20 и более P_2O_5 мг/кг, охватывающий все классы обеспеченности от очень низкой до высокой по Францесону, полностью включается по шкалам метода Чирикова и Труога в первый класс, поскольку этими методами применяются более сильные растворители.

Таблица 5

Группировка почв на агрохимические классы по содержанию подвижного фосфора

Содержание фосфора	Класс	P_2O_5 мг/кг в/с почвы			
		методы			
		Францесона	Эгнера-Рима	Чирикова	Труога
Очень низкое	1	0-5	< 20	0-20	0-30
Низкое	2	5-10	20-70	21-50	31-70
Среднее	3	10-15	70-150	51-100	71-120
Повышенное	4	15-20	150-230	101-150	121-180
Высокое	5	> 20	230-350	151-200	181-250
Очень высокое	6	-	> 350	> 200	> 250

В таблице 6 представлена группировка 262 почвенных образца по содержанию подвижного фосфора на классы при анализе разными методами.

В 139 образцах методом Францесона было определено 0-5 мг P_2O_5 на кг почвы. Все они по обеспеченности фосфором были отнесены в 1 класс очень сильной нуждаемости в фосфорных удобрениях.

Эти же образцы при анализе их в 0,5н уксусной кислотой распределились на классы шкалы Чирикова так: 40 образцов показали содержание фосфора 21-50 мг и отнесены во второй класс нуждаемости, 90 образцов имели фосфора от 51 до 100 мг – оказались в 3 классе со средней обеспеченностью фосфором, а 9 образцов по количеству фосфора (101-200 мг) попали в класс повышенной и высокой обеспеченности.

Таблица 6

Распределение почвенных образцов по классам обеспеченности фосфором

Методы	Классы					
	1	2	3	4	5	6
<i>Образцы с содержанием P_2O_5 (0-5 мг/кг почвы по Францесону 1 класса)</i>						
М-д Францесона	139	-	-	-	-	-
М-д Чирикова	-	40	90	8	1	-
М-д Труога	-	33	82	24	-	-
<i>Образцы с содержанием P_2O_5 (5-10 мг/кг почвы по Францесону 2 класса)</i>						
М-д Францесона	-	73	-	-	-	-
М-д Чирикова	-	-	3	31	37	2
М-д Труога	-	-	1	34	37	1
<i>Образцы с содержанием P_2O_5 (10-15 мг/кг почвы по Францесону 3 класса)</i>						
М-д Францесона	-	-	42	-	-	-
М-д Чирикова	-	-	-	9	27	6
М-д Труога	-	-	-	9	29	4
<i>Образцы с содержанием P_2O_5 (15-20 мг/кг почвы по Францесону 4 класса)</i>						
М-д Францесона	-	-	-	8	-	-
М-д Чирикова	-	-	-	1	5	2
М-д Труога	-	-	-	-	6	2

Примерно такое же распределение дал метод Труога. Следующие 115 образцов с содержанием фосфора от 5 до 15 мг P_2O_5 были отнесены в классы низкой и средней обеспеченности по шкале Францесона.

При анализе другими методами лишь 0,8-2,6% образцов оказались с содержанием фосфора от 51 до 120 мг и были отнесены к 3 классу шкал Чирикова и Труога. Остальные образцы были классифицированы как повышенной, высокой и очень высокой обеспеченности почвы фосфором.

Такая разноречивость в классификации одних и тех же образцов по степени их обеспеченности «подвижным» фосфором возможна, когда разные методы осуществляются растворителями, обладающие различной силой растворимости. Это же положение свидетельствует о том, что разработка шкал и распределение фосфора по классам произведена без учета конкретных условий.

Поэтому применимость их, особенно методов Чирикова и Труога, следует взять на проверку, а для черноземной зоны Сибири два последних метода признать непригодными для использования.

Дальнейший анализ цифровых данных показывает, что 73 образца, согласно анализа по методу Францесона, представляют почвы низкой обеспеченности фосфором, в то же время 70 из этих образцов анализом по Чирикову, определены в классы повышенной высокой и очень высокой степени обеспеченности. По методу Труога к этим же классам отнесены 72 образца.

В таблице 7 приведен второй пример, взятый непосредственно из наших опытов. Данные таблицы показывают цену класса применительно к прибавкам урожая, полученным от внесения удобрений. Увеличение дозы фосфора повышает класс потребности почвы в удобрении в тех случаях, когда показатель содержания фосфора перед внесением удобрения, был в непосредственной близости к границе перехода к следующему классу.

Оценка класса, полученная при разных методах, удобренных вариантов показана в связи с прибавкой урожая от удобрений (таблица 7).

В первом опыте 1968 г. все три удобренных фосфором варианта отнесены методом Францесона к I и II классам. Метод Чирикова те же самые варианты

классифицирует V и VI классами. Одни почвы в равных условиях для каждого варианта попадают в классы с острой потребностью в удобрениях (по Францесону) и высокой обеспеченностью по методу Чирикова. Фактическая же потребность почв вполне соответствует методу Францесона. Об этом говорят высокие прибавки урожая при внесении всех испытывавшихся доз фосфора.

Таблица 7

**Связь между прибавкой урожая и классом обеспеченности почвы
фосфором при разных методах анализа**

Вариант опыта	Урожай, ц/га	Прибавка от удобрения, ц/га	Класс обеспеченности фосфором по методу			
			Францесона	Эгнера - Рима	Чирикова	Труога
Опыт 1964 года						
Контроль	21,9	-	-	-	-	-
P ₄₅	24,6	3,1	II	II	IV	-
P ₉₀	23,9	3,0	II	II	IV	-
Опыт 1965 года						
Контроль	11,5	-	-	-	-	-
P ₂₀	11,7	0,2	III	III	IV	V
P ₄₀	12,5	1,0	II	III	IV	VI
P ₆₀	12,7	1,2	III	III	IV	VI
Опыт 1966 года						
Контроль	31,7	-	-	-	-	-
P ₂₀	35,9	4,2	II	IV	IV	V
P ₄₀	34,8	3,1	II	II	IV	V
P ₆₀	35,4	3,7	III	III	IV	V
I-й опыт 1968 года (производственный)						
Контроль	15,7	-	-	-	-	-
P ₂₀	22,5	6,8	I	-	V	-
P ₄₀	25,4	9,7	I	-	V	-
P ₆₀	28,8	8,1	II	-	VI	-
II-й опыт 1968 года (производственный)						
Контроль	22,1	-	-	-	-	-
P ₂₀	23,7	1,6	IV	-	V	-
P ₄₀	28,6	6,5	V	-	VI	-
P ₆₀	27,2	5,1	IV	-	VI	-

Таким образом, было установлено, что хотя одноименные классы оцениваются по степени нуждаемости в удобрениях одинаково, тем не менее классификация разными методами одним и тем же образцам дается различная.

В таблице 8 приведены в процентном отношении 262 почвенных образца, определенные тремя методами агрохимического анализа на фосфор.

Как видно из таблицы 8 восемьдесят один процент образцов был отнесен методом Францесона к 1-му и 2-му классам, характеризующимся очень сильной и сильной потребностью в фосфоре, 16% образцов определены со средней нуждаемостью и только 3% по Францесону имели повышенное содержание фосфора и не нуждались в удобрении этим элементом.

Методы Чирикова и Труога дали сходную картину в классификации образцов. В 1-й класс очень сильной нуждаемости не было отнесено обоими методами ни одного образца.

Таблица 8

**Распределение почвенных образцов
по классам обеспеченности P_2O_5**

Класс обеспе- ченности	Метод					
	Францесона		Чирикова		Труога	
	P_2O_5 по шкале, мг/кг почвы	% образцов	P_2O_5 по шкале, мг/кг почвы	% образцов	P_2O_5 по шкале, мг/кг почвы	% образцов
1	0-5	53	0-20	-	0-30	-
2	5-10	28	21-50	15	31-70	12
3	10-15	16	51-100	35	71-120	32
4	15-20	3	101-150	21	121-180	26
5	>20	0	151-200	26	181-250	27
6	-	-	>200	3	>250	3

Среднюю потребность в удобрении метод Чирикова дал для 35% образцов, а метод Труога дал 32%. Повышенное, высокое и очень высокое содержание фосфора было определено первым методом в 50% почвенных образцах, а вторым методом – 56 %. Это подтверждает, что группировка почв

методом Францесона и методом Чирикова, и Труога весьма различные по точности ее. Если методом Францесона с какой-то степенью приближения может быть использован для сельскохозяйственной агрохимической характеристики, то методы Чирикова и Труога пригодны лишь для контурной ориентировочной оценки.

Основная цель определения потребности почвы во внесении фосфорных удобрений заключается в том, чтобы создать метод, сила растворителя которого была бы равна извлекающей силе корневой системе растений. Анализ почвы, проведенный каждым методом, дает цифру, показывающую количество фосфора, способное к извлечению из почвенного горизонта той или иной мощности. Сопоставляя эту цифру с выносом фосфора разными урожаями, мы имеем представление о способности данного метода решать поставленную перед ним задачу и получать ориентировочные данные о возможности почвы обеспечивать формирование урожая определенной величины.

В вопросе практического использования разных методов для агрохимической оценки их по фосфору много условного и недоработанного.

Одним из них является глубина отбора почвенных образцов. Ряд исследователей А.Е.Кочергин (1965) и П.И.Крупкин (1970) стоят твердо на позиции отбора образцов с глубины 0-40 см. Действительно, сфера распространения корней не ограничивается слоем почвы в 0-20 см. в то же время процент корней, проникающих глубже 40 см, очень незначителен и большого удельного веса в питании растений не имеет.

Наблюдения на черноземах лесостепи Новосибирской области указывают, что при определении подвижного фосфора слои почвы, находящиеся глубже 40 см, могут быть без существенных ошибок оставлены вне внимания. Но отбирать почвенные пробы для анализа в слое 0-20см или 0-40 см – это требует доработки.

В изучаемых выщелоченных черноземах солянокислая вытяжка по Францесону извлекала из подпахотного слоя почвы 20-40 см только 35% к фосфору, извлекаемого из пахотного (0-20 см) горизонта.

При методе Эгнера - Рима отношение возрастало до 50%, метод Чирикова повышал отношение до 80%. А при методе Труога слои 0-20 и 20-40 см давали одинаковое извлечение фосфора.

В таблице 9 представлен расчет 262 образцов по содержанию подвижного фосфора в кг P_2O_5 на гектар в слое 0-40 см почвы разных классов существующих лимитов (шкал) при определении методами Труога, Чирикова и Францесона.

Таблица 9

**Содержание подвижного фосфора при определении
различными методами в слое 0-40 см**

Классы	Метод Францесона		Метод Чирикова		Метод Труога	
	P_2O_5 , мг/кг почвы	P_2O_5 , кг/га	P_2O_5 , мг/кг почвы	P_2O_5 , кг/га	P_2O_5 , мг/кг почвы	P_2O_5 , кг/га
I	0,7	2,9	9	37,1	15	81,8
II	4,4	18,1	18	74,2	30	167,6
III	6,8	28,0	45	185,4	70	288,4
IV	10,1	41,6	90	370,8	120	494,4
V	13,6	56,0	135	572,0	180	746,6
VI	-	-	180	760,0	250	1 030,0

Расчет сделан по установленному наблюдениями соотношению подвижного фосфора в слоях почвы 0-20 см и 20-40см. Объемный вес почвы равен 1,03.

Вынос фосфора из почвы урожаем пшеницы (без применения удобрений) находится в пределе 25 кг с гектара. Количество фосфора, определяемое в почвах разных классов методом Труога (таблица 9), находится в пределах от 3 до 41 урожая, при методе Чирикова – 1-30 урожаяв, а для метода Францесона способно обеспечить образование 0,15-2,0 урожаяв.

Приведенный расчет свидетельствует о несоответствии шкал, разработанных для методов Труога и Чирикова. Распределение почв по классам, устанавливаемое этими методами, не может решить вопрос о нуждаемости почв

во внесении удобрений и может помочь лишь в определении какого-то запаса условно-подвижного фосфора в каждой почве, способного при определенных условиях превращаться в запас усвояемой пищи для растений.

Только метод Францесона показывает фосфор, находящийся в довольно близком приближении с легкорастворяемой фосфоре, доступной для сельскохозяйственных растений. Классы метода Францесона по их агрохимической оценке отвечают довольно близко фактической потребности почв во внесении удобрений.

Государственной агрохимической службой для картограмм по фосфору, составляемых для колхозов и совхозов, принято пользоваться данными анализа почвенных образцов, взятых на глубине 0-20 см.

В таблице 10 содержание подвижного фосфора в почвах разных классов рассчитано для всех трех методов на глубину слоя 0-20 см.

Таблица 10

Содержание подвижного фосфора в слое почвы 0-20 см, кг/га

<i>Классы</i>	<i>Метод Францесона</i>	<i>Метод Чирикова</i>	<i>Метод Труога</i>
I	2,1	20,6	36,0
II	10,3	41,2	60,0
III	20,6	103,0	140,0
IV	30,9	206,0	240,0
V	41,2	309,0	360,0
VI	-	412,0	500,0

Из таблицы 10 видно, что при таком расчете агрохимическая оценка классов для метода Францесона будет более соответствовать действительности, хотя и не будет в полной мере отвечать требованиям, предъявленным к агрохимическому методу определения потребности почвы в фосфорных удобрениях. А.Е.Кочергин (1961) писал: «Предполагаемая нами шкала Францесона позволит в пределах хозяйства выделить массивы, на которых фосфорные удобрения должны применяться в первую очередь, и массивы, на которых эти удобрения должны применяться во вторую и третью очередь. При

определенных условиях фосфорные удобрения могут давать положительные результаты и на почвах с высоким содержанием доступного фосфора. Однако, можно с уверенностью сказать, что при прочих равных условиях эффективность фосфорных удобрений будет выше на почвах с малым содержанием доступного фосфора, чем на почве с высоким содержанием».

Наши наблюдения по применению фосфорных удобрений позволяют присоединиться к мнению А.Е.Кочергина по отношению к методу Францесона.

Методы Чирикова и Труога требуют иного подхода. В отношении метода Труога, А.Е.Кочергин указывает: «Если признать метод Труога правильным и отражающим полную потребность растений в фосфоре, то надо сделать вывод о нецелесообразности применять фосфорные удобрения на черноземах Сибири». То же самое можно сказать и о методе Чирикова. В наших исследованиях все проанализированные по обоим методам почвенные образцы дали содержание подвижного фосфора на гектаре, как в слое 0-40 см, так и в слое 0-20 см, явно превышающие потребность возделываемых зерновых культур.

Руководствуясь этими показателями, можно утверждать, что дополнительное внесение фосфора на таких участках нецелесообразно. Но многочисленные полевые опыты, наши и других исследователей, говорят о том, что фосфорные удобрения, кроме отдельных редких случаев, действуют на урожай сельскохозяйственных культур всегда положительно и обычно с высокой эффективностью.

Такое разногласие лабораторной и полевой оценки, очевидно, указывает на то, что подвижный фосфор, извлекаемый из почвы методами Чирикова и Труога, в основной массе представлен формами фосфора непосредственно непригодными для питания растений.

Сказанное позволяет утверждать, что из трех методов, с которыми мы в основном проводили свои работы, только метод Францесона в условиях каждого конкретного хозяйства дает основание нанести на почвенную карту пятна с различной обеспеченностью почвы фосфором, позволяющей ориентировочно установить степень нуждаемости этим элементом. Это дает

возможность определить порядок очередности внесения удобрений на различные массивы.

По показателям методов Чирикова и Труога можно лишь получить представление о почве, как об условном резерве подвижного фосфора.

Представляет интерес проверка закономерности связи между разными методами при определении подвижного фосфора. Была проведена статистическая обработка выборки повышающихся показателей извлекаемого фосфора по Францесону с соответствующими показателями, полученными для тех же образцов другими методами.

Необходимо было выяснить направление и степень сопряженности между изучаемыми методами, а также форму и характер изменения показаний одного метода в зависимости от показаний другого.

Данные анализов обработаны по В.Г.Вольфу (1966) и Б.А.Доспехову (1968). Вычислены коэффициенты корреляции и регрессии, их ошибки (отклонения), фактические критерии существенности этих коэффициентов и составлены уравнения регрессии для каждой пары методов.

Таблица 11

Связь между методами определения подвижного фосфора в почве

<i>Статистические показатели</i>	<i>Францесон - Чириков</i>	<i>Францесон - Труог</i>	<i>Чириков - Труог</i>
Среднеарифметическое содержание, мг/кг	7,4 / 125,5	7,4 / 165,8	125,5 / 165,8
Коэффициент корреляции (r), ошибка (S _r)	+ 0,878 ± 0,05	+ 0,869 ± 0,05	+ 0,976 ± 0,01
Критерий существенности: t _{факт} t _{теор}	19,5 2,1	174,0 2,1	97,6 2,1
Коэффициент регрессии (B _{yx}), ошибка (S _b)	8,8 3,0	10,1 1,13	1,13 0,05
Критерий существенности: t _{факт} t _{теор}	2,9 2,1	8,9 2,1	23 2,1
<i>Уравнения регрессии:</i>			
Францесон – Чириков	y = 60,4 + 8,8x		
Францесон – Труог	y = 91,1 + 10,1x		
Чириков – Труог	y = 24,0 + 1,13x		

Таблица 11 показывает, что между изучаемыми методами (Францесона, Чирикова, Труога) имеется тесная прямая линейная корреляционная связь.

Значимость этой связи доказана резким превышением коэффициентов корреляции (r) над своей ошибкой (S_r) и минимально допустимыми коэффициентами корреляции, а также значительным превышением фактических критериев существенности над табличными при 5% и даже 1% уровне существенности.

Форма и характер одного признака (показания одного метода) в зависимости от другого установлены регрессионным анализом.

Вычисленный коэффициент регрессии, например, показывает, что с увеличением содержания фосфора в почве по методу Францесона на 1 мг количество его при определении методом Чирикова оказывается повышенным на 8,8 мг, а при определении по Труогу – 10,1 мг на килограмм почвы.

Значимость коэффициента регрессии доказана превышением его над своей ошибкой, а, следовательно, и значительным превышением фактических критериев существенности над табличными. Между методами Францесона - Чирикова и Францесона – Труога фактический коэффициент регрессии существенно отклоняется от нуля (таблица 11).

Кислотные вытяжки, применявшиеся нами в исследованиях, дают возможность судить о содержании условно подвижного фосфора в почве.

Они определяют, как бы его запас. Выявляют емкость почвы по отношению к фосфору.

Но существует еще момент интенсивности, которым характеризует «подвижность» фосфора, представляющая фактор, не зависящий от количества почвы.

Чтобы иметь конкретное представление о степени интенсивности подвижности фосфора Скофилд (Schofield) ввел понятие о фосфатном потенциале почвы, выражая его через сумму химических потенциалов двух ионов: Ca и H_2PO_4 (Wood, 1965).

Н.П.Карпинский и В.Б.Замятина (1958) предложили вместо понятия фосфатного потенциала – «аналогичное, но менее строгое понятие» - фосфатный уровень почвы.

Фосфатный уровень характеризует подвижность фосфатов почвы в целом.

Величина фосфатного уровня почти функционально связана с равновесной концентрацией P_2O_5 в солевой вытяжке из почвы, поэтому последнюю величину следует принимать, как показатель фосфатного уровня. Для характеристики фосфатного уровня в выщелоченном черноземе лесостепной зоны Новосибирской области нами проведено определение легкоподвижного фосфора в 0,03н K_2SO_4 вытяжке при соотношении почвы к раствору, равном 1:5 и 5 мин. взбалтывании. Для анализа были взяты 125 образцов почвы из пахотного горизонта в двух совхозах области (Тальменском и Красноярском) и почвы Новосибирской сельскохозяйственной опытной станции.

Исследованиями установлено, что фосфатный уровень черноземов равен 0,07 мг P_2O_5 в одном литре раствора. При этом содержание фосфора колебалось в пределах 0,043-0,097 мг/л, что вполне согласуется с фосфатным уровнем, установленным для выщелоченных черноземов вообще и для черноземов Западной Сибири в частности (Антонова, 1968).

Коэффициент корреляции между показателями фосфора, извлеченного раствором серноокислого калия с одной стороны, солянокислой вытяжкой по Францесону и уксуснокислой вытяжкой по Чирикову с другой, показал, что высокая корреляционная связь существует между калий-серноокислой и слабой солянокислой вытяжками. Коэффициент прямой положительной линейной связи $r = +0,778 \pm 0,01$, достоверность коэффициента подтверждается превышением фактического критерия существенности ($t_{\text{факт.}}=77,8$) над критерием t по Стьюденту ($t_{\text{табл.}}=2$) при 39 степенях свободы и 5% уровне существенности.

Между калий-серноокислой и уксуснокислой вытяжками корреляционной зависимости не установлено. Коэффициент корреляции $+0,171 \pm 0,65$ не достоверен.

Фосфатный уровень почвы находится в соответствии с выносом фосфора растениями.

При выносе фосфора сельскохозяйственными растениями происходит снижение концентрации P_2O_5 в вытяжке из почвы, а это указывает на то, что под растениями фосфатный уровень почвы снижается.

Формы фосфора, переходящие в солянокислую вытяжку, по Францесону обладают высокой подвижностью, а содержание фосфатов наиболее близко характеризует формы соединений P_2O_5 , поглощаемые растениями. Положительная корреляция фосфатного уровня с показателями метода Францесона, очевидно, свидетельствует о том, что фосфорная кислота, извлекаемая солянокислой вытяжкой, относится к соединениям, переходящим в раствор и поддающимися растворению корням растений.

Уксуснокислая вытяжка не показывает корреляции с фосфатным уровнем.

Видимо, в методе Чирикова мы имеем дело с подавляющей массой фосфатов нерастворимых и растениями, непосредственно не усвояемых, не влияющих на концентрацию P_2O_5 в равновесном растворе и мало связанных с фосфатным уровнем.

Н.П.Карпинский и В.Б.Замятина (1958) установили, что фосфатный уровень почвы, сниженный возделываемыми на ней растениями, после уборки растений восстанавливается. Восстановление уровня происходит довольно медленно и связано с «1) мобилизацией фосфора из фосфорно-органических соединений в результате микробиологической деятельности и 2) физико-химическими процессами перемещения фосфат ионов из «глубоких» в поверхностные слои почвы. Небольшой опыт, проведенный нами с парованием почвы, показывают, как происходит процесс восстановления фосфатного уровня у выщелоченных черноземов в Новосибирской области.

Анализ таблицы 12 показывает, что в почвенных образцах, взятых осенью (после уборки культуры), содержание фосфатов, определенных в калий-серноокислой вытяжке почти во всех случаях в 2-6 раз ниже по сравнению с количеством P_2O_5 в этих же образцах, но подвергавшиеся парованию при оптимальной температуре и влажности. В данном случае мы фиксируем восстановление фосфатного уровня исследуемых почв.

Аналогично изменялись фосфаты, обнаруженные в зоне действия слабого солянокислого растворителя (по Францесону), чего не было отмечено при определении фосфора в 0,5н уксусной кислоте (таблица 12).

Таблица 12

Изменение содержания фосфора в почве при искусственном паровании (21 день), (почва – выщелоченный чернозем 0-25 см)

Совхоз, культура	0,03 н K_2SO_4 , мг/л раствора		0,006 н HCl , мг/кг почвы		0,5 н CH_3COOH , мг/кг почвы	
	До парования	После парования	До парования	После парования	До парования	После парования
Совхоз «Шагаловский», после ячменя	0,055	0,053	7,5	22,0	155	157
Совхоз «Шагаловский», после кукурузы	0,022	0,035	4,5	16,0	120	151
Совхоз «Гутовский», после ячменя	0,022	0,079	4,5	4,0	112	117
Совхоз «Гутовский», после картофеля	0,074	0,081	6,5	11,0	110	115
Совхоз «Гилевский», после картофеля	0,022	0,069	6,0	14,2	110	122

В наших исследованиях была проведена еще проверка на местных черноземах метода определения «кривых растворимости» фосфора по Е.И.Бобко и А.Л.Масловой (1926).

Анализ проводился на пахотном и подпахотном горизонтах выщелоченного чернозема.

Средние данные анализов приводятся в таблице 13.

Таблица указывает, что метод «кривых растворимости» способен дать некоторое представление для оценки степени подвижности, которая увязана только с кислотностью раствора. Это имеет связь с формами растворяемых соединений фосфора с их доступностью для сельскохозяйственных растений. Метод Е.И.Бобко и А.Л.Масловой может быть полезен в методике разработки способов определения фосфорного плодородия почв.

Цифры таблицы 13 при перенесении их на диаграмму (рисунок 2) дают «кривые титрования», круто поднимающиеся вверх. Принято считать (А.А.Шмук, 1950), что такие кривые указывают на хорошую мобилизационную способность фосфора в почве и благоприятные условия фосфорного питания растений на ней.

Таблица 13

Растворимость P_2O_5 в пахотном и подпахотном слоях выщелоченного чернозема, мг/кг

Количество мл <i>0,1н HCl</i>	Нормальность раствора	Пахотный слой		Подпахотный слой	
		<i>pH</i> вытяжки	P_2O_5	<i>pH</i> вытяжки	P_2O_5
2	0,002	6,5	1,5	6,9	1,1
4	0,004	5,5	3,4	6,7	1,9
6	0,006	4,4	9,3	4,7	6,8
12	0,012	3,9	15,2	4,3	11,6

Таким образом, черноземы Новосибирской области обладают высоким потенциальным плодородием в отношении фосфора, но определение подвижных форм его имеет разноречивые данные.

При определении потребности черноземов в фосфорных удобрениях были исследованы 3 метода анализа почв: Францесона, Чирикова (сокращенный вариант) и Труога.

Растворители, применяемые в этих методах, извлекали из почвы резко различное количество фосфатов.

Наибольшее содержание P_2O_5 показывает сернокислая вытяжка по методу Труога, наименьшее при определении по Францесону.

Существующая оценка методов по 5-6 бальной (классной) системе указывает на довольно хорошую (от 3 до 6 классов) обеспеченность черноземов фосфором при определении по методам Чирикова и Труога, и плохую – при определении по Францесону. К первым двум методам было отнесено 85-89% всех проанализированных образцов, к последнему (сумма 1 и 2 классов) – 81%.

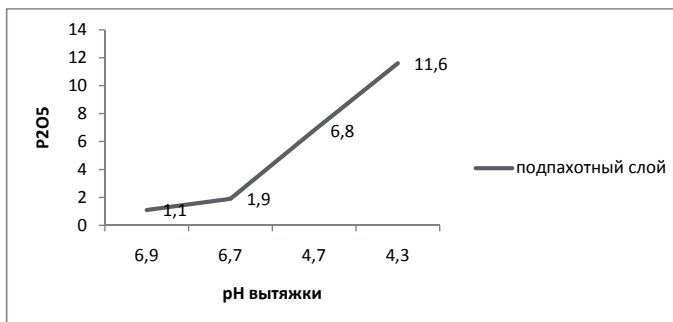
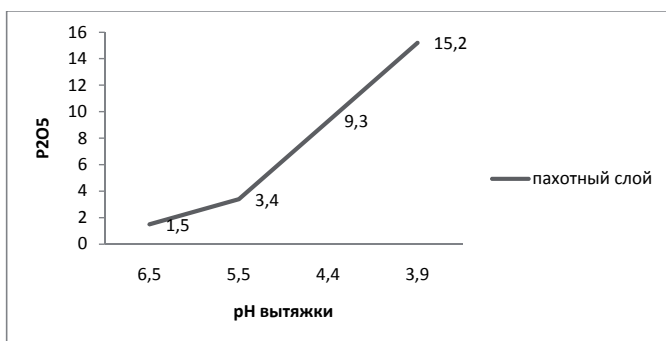


Рис. 2. Кривая титрования фосфорной кислоты (почва – выщелоченный чернозем)

Фосфор, определенный по Францесону, в количестве от 0 до 20 мг/кг P_2O_5 и охватывающий все классы обеспеченности по своей шкале, полностью включается в первый класс по шкалам методов Чирикова и Труога, где более сильными растворителями извлекается, в основном, трудно доступные и растениями почти не усвояемые формы фосфора. Существует довольно тесная, прямая достоверная связь между фосфатным уровнем (показатель подвижности) и методом Францесона с коэффициентом корреляции $r = +0,778 \pm 0,01$.

Фосфорная кислота, извлекаемая солянокислой вытяжкой (по Францесону), относится к соединениям, легкоподдающимися растворению корням растений и поглощаемой ими.

Сопоставление выноса фосфора растениями с содержанием его в почве при извлечении разными методами показало, что растворитель Труога определяет запасы фосфора, способных обеспечить 41 хороший урожай яровой пшеницы, в методе Чирикова - 30 и метод Францесона всего на 2 урожая. Проведенный расчет свидетельствует о несоответствии шкал, разработанных для методов Чирикова и Труога, так как прямые полевые опыты показывают, что фосфор находится в первом минимуме питания, который должен ежегодно восполняться внесением фосфорных удобрений.

Метод Чирикова, применяемый при составлении агрохимических картограмм по фосфору, не может решить вопрос о нуждаемости почв во внесении удобрений и лишь ориентировочно определяет резерв «условно» подвижного фосфора, который при определенных условиях со временем превратится в запас усвояемой пищи для растений. В случае использования его необходимо сравнить существующие шкалы (классы) с показанием полевых опытов, которые закладываются на почвах с разной степенью обеспеченности фосфором. Основным методом обследования сибирских черноземов должен быть метод Францесона.

Классы шкалы этого метода, разработанные для сибирских условий по агрохимической оценке, отвечают довольно близко фактической потребности почв во внесении удобрений и дадут возможность навести порядок во внесении удобрений к каждому очередному году.

Между каждой парой методов имеется тесная прямая корреляционная связь. Варьирование одного признака, в зависимости от другого больше всего проявляется при сопоставлении метода Францесона с методами Чирикова и Труога. Для последних двух методов характерна сходимость между собой.

Данные «кривых титрования» указывают на благоприятное фосфорнокислородное питание сибирских черноземов.

3.4. Изменение фосфатного состояния почв в связи с применением минеральных удобрений

Соединения фосфора в почве, как природные, так и образующиеся при внесении удобрений, подвергаются сложным превращениям и взаимодействиям, в зависимости от состава поглощающего комплекса почвы, интенсивности биологических процессов в ней, температуры и влажности ее и ряда других условий. В результате действия одних факторов в почве в течение вегетационного периода происходит переход фосфатов в более доступные для растений формы (мобилизация), в других случаях – их иммобилизация (Шмук, 1950; Горшенин, 1955; Лебедянцева, 1960; Кочергин, 1965 и другие).

Материалы по изучению динамики фосфатов, изложенные в литературе, весьма противоречивы. По одним данным максимальное количество подвижного фосфора содержится в почве весной, и минимальное – летом (Симакин, 1966; Антипина, 1966).

Другие исследователи (Дмитренко, 1953; Тюлин, 1944; Бугаков, Дугаров, 1962; Рудой, 1967) считают, что в наибольшем количестве подвижные фосфаты скапливаются в почве летом.

По мнению Л.М.Бурлаковой (1960), П.Г.Адерихина и Е.П.Тиховой (1963), Г.И.Евдокимовой, И.Т.Кузьменко (1965), М.П.Паницкой (1966), С.Ф.Бондаренко (1968) подвижные фосфаты в почве обнаруживаются примерно в одинаковых и значительных количествах на протяжении всего периода вегетации. И.И.Синягин (1968), обобщая материалы о превращениях фосфатных соединений в почвах, дает такую схему этих превращений:

«Процессы повышения доступности P_2O_5 : растворение или повышение растворимости минеральных фосфатов почв под влиянием некоторых химических, физико-химических и биологических факторов; минерализации фосфатов, связанных с органическим веществом, преимущественно под влиянием микроорганизмов - экзоферментов корневых систем растений и свободных ферментов, находящихся в почве.

Процессы понижения доступности P_2O_5 : химическое осаждение и коллоидно-химическое поглощение водорастворимых фосфатов удобрений; биологическая иммобилизация усвояемых фосфатов микроорганизмами и накопление фосфатов в подземных органах отмерших растений, а затем в гумусе почвы в малоподвижных формах».

Большое значение для понимания роли фосфора в питании растений имеет характер его взаимосвязи с азотом.

При этом, как отмечают О.Ф.Туева (1966), Т.П.Ладонина (1966), явно выявляется особая роль корней в процессе азотно-фосфорного питания, в значительной мере связанная с интенсивностью нуклеопротеидного обмена. О.Ф.Туева, в частности, отмечает: «...существенное значение корней в общем процессе питания растительного организма обусловлено их ролью в круговороте фосфорных и азотных соединений, связанных с наличием необходимых условий для синтеза отдельных соединений в тканях корней».

Обеспеченность растений фосфором оказывает влияние на характер азотного питания. Недостаток фосфора ведет к снижению синтеза белков и скоплению в тканях различных органов продуктов неполного синтеза. Особенно глубокое действие этого фактора проявляется в начальный период развития растений (Турчин, 1935; Лапшина, 1954; Сабинин, 1955; Буткевич, Трепачев, 1960; Туева, 1966). Исследуя внекорневое питание растений, многие авторы отмечают, что отсутствие или недостаток фосфора в питательной среде приводит к накоплению в листьях растений азота в нитратной форме. Очевидно растения, испытывая недостаток фосфора, утрачивают способность к восстановлению нитратного азота.

Опыты Бреона и Гилляма (цитировано по Туевой, 1966) констатировали, что отсутствие фосфора быстрее проявляется при нитратном питании, чем при аммиачном.

Г.В.Удовенко и Н.Н.Безлюдный (1966) отмечают, что при внесении удобрений в нитратной форме сравнительно меньше накапливается фосфора в растениях.

Аммиачные источники азота способствуют более интенсивному синтезу нуклеопротеидов и гексозофосфатов.

Зависимость поглощения нитратов от фосфорного питания растений связана не столько с антагонизмом анионов в момент поглощения их из раствора (Соколов, 1939), сколько с условиями, которые создаются в растении при отсутствии фосфора в питательных смесях. Это положение подтверждается вегетационным опытом О.Ф.Туевой (1966).

В почве, как отмечает А.А.Шмук (1950), при образовании нитратов образуется крепкая кислота. Опыты показали, что она не способствует повышению растворения соединений фосфора и, более того, к моменту большого накопления нитратов содержание водорастворимых форм фосфатов резко уменьшается. Количество нитратов повысилось с 20,6 до 81,0 мг NO_3 , а содержание P_2O_5 снизилось с 21,5 до 2,9 мг/кг почвы.

Аммиачный азот, до того как он нитрифицируется в почве, не препятствует, а, наоборот, способствует поступлению P_2O_5 в растения. Это доказано опытами Ф.В.Турчина (1935), Н.И.Богданова (1952), Д.Н.Прянишникова (1963).

Д.Н.Прянишников нашел, что применение аммиачных солей в песчаных культурах значительно изменяет условия поглощения фосфорной кислоты и, что труднорастворимые фосфаты становятся доступными для всех растений.

Изучение динамики подвижных форм фосфора свидетельствует, что количество их подвергается непрерывным изменениям в течение вегетационного периода. Эти изменения определяются, как формами,

имеющихся в почве фосфорных соединений большей или меньшей растворимостью и их способностью к биологической иммобилизации.

Подвижный фосфор в полевых и вегетационных опытах определялся тремя методами: Чирикова (0,5н CH_3COOH , рН = 2,5 при отношении почва : раствор = 1:25), Эгнера - Рима (кислый буферный раствор лактата кальция и NH_4 при значении рН = 3,6-3,7 и отношении почвы к раствору = 1:50) и Францесона (с рН = 3,1, 0,006н раствором HCl и соотношением почва : раствор = 1:10). Кроме выше названных был использован метод Труога. Извлечение фосфора проводилось 0,002н раствором H_2SO_4 , забуференным серноокислым аммонием до рН = 3,0 при соотношении почва:раствор = 1:200.

Наблюдения показали, что наиболее растворимый и, следовательно, более доступный для растений фосфор был получен при анализе в солянокислой вытяжке по Францесону (таблицы 14, 15).

По этому методу извлекается из почвы немного фосфора и примерно две трети его дает пахотный (0-20 см) горизонт и только одну треть – подпахотный (20-40 см).

Глубже 40 см обнаруживаются анализом солянокислой вытяжки незначительные количества фосфора, обычно фиксируемые, как «следы» его.

Количество фосфатов, определяемых методом Эгнера – Рима, значительно больше, чем дает метод Францесона. Очевидно, растворяющая способность лактатной вытяжки выше, чем у солянокислой, и она извлекает из почвы некоторые более трудно растворимые формы фосфатов, менее доступные для усвоения растениями. В горизонте 40-60 см методом Эгнера – Рима большей частью обнаруживает также лишь «следы» фосфатов.

Проведение анализа методами Чирикова и Труога дает несоизмеримо более высокие количества фосфора, чем методы Францесона и даже Эгнера – Рима (таблица 14). Из слоя почвы 40-60 см уксуснокислая вытяжка извлекает столько же подвижного фосфора, как и из горизонтов пахотного или подпахотного (таблица 15). Очевидно, метод Чирикова выявляет иные формы фосфора, чем методы Францесона и Эгнера – Рима. Фосфаты, растворяемые в

уксуснокислой вытяжке, в основной массе недоступны для растворителей Францесона и Эгнера – Рима. Они плохо доступны и для растворяющей силы корней сельскохозяйственных культур.

Приведенное сравнение четырех методов определения подвижного почвенного фосфора подсказывает, что для целей диагностики потребностей почв в фосфорных удобрениях можно рекомендовать метод Францесона и метод Эгнера – Рима. Оба они позволяют учитывать в почве формы растворимого фосфора, по своей доступности наиболее приближающиеся к формам, усвояемым растениями.

Таблица 14

Динамика подвижного фосфора (P₂O₅), определенного разными методами в полевых опытах в слое 0-40 см, кг/га

Вариант опыта	Метод Францесона			Метод Эгнера - Рима			Метод Чирикова			Метод Труога		
	кущиче	цветиче	восковая спелость	кущиче	цветиче	восковая спелость	кущиче	цветиче	восковая спелость	кущиче	цветиче	восковая спелость
1963 год												
контроль	56	47	33	144	179	96	764	941	1 096	-	-	-
P ₄₀	56	66	43	300	177	160	834	906	925	-	-	-
P ₇₅	72	32	78	295	124	204	565	852	978	-	-	-
N ₃₀	68	56	56	256	162	163	710	873	1 072	-	-	-
N ₃₀ P ₇₅	61	77	66	265	225	138	755	853	748	-	-	-
1964 год												
контроль	35	21	6	145	140	50	441	444	859	-	-	-
P ₄₅	36	27	Следы	194	136	134	512	449	707	-	-	-
P ₉₀	45	19	10	164	97	133	536	553	790	-	-	-
N ₃₀ P ₄₅	33	12	4	125	123	87	557	434	780	-	-	-
1965 год												
контроль	35	29	27	205	199	194	351	389	400	1 183	703	840
P ₂₀	47	35	45	266	237	256	404	409	468	832	811	845
P ₄₀	37	54	65	340	290	308	463	484	606	1 034	991	1 145
P ₆₀	49	72	60	381	318	327	536	573	536	1 234	1 039	916
P ₄₀ N ₃₀	45	56	34	150	324	241	317	309	426	946	752	711
1966 год												
контроль	25	29	33	192	127	196	407	317	287	751	666	735
P ₃₀	23	37	25	145	157	164	504	336	289	835	725	664
P ₄₀	27	33	24	150	198	197	423	315	293	778	626	643
P ₆₀	45	42	29	301	254	172	564	365	288	755	659	659
P ₄₀ N ₃₀	31	28	24	244	168	197	385	424	299	935	715	778

Таблица 15

Динамика подвижного фосфора в почве определённая разными методами в полевых опытах с яровой пшеницей (0-60 см мг/кг)

Вариант опыта	Глубина, см	Метод Францесона			Метод Эгнера - Рима			Метод Чирикова		
		кученне	цветенне	восковая стелость	кученне	цветенне	восковая стелость	кученне	цветенне	восковая стелость
1963 год										
контроль	0-20	20	12	16	70	47	32	192	229	283
	20-40	8	11	следы	следы	38	15	174	228	249
	40-60	следы	-	следы	следы	-	следы	196	-	256
P ₄₀	0-20	20	21	15	81	63	61	220	235	286
	20-40	8	11	6	65	23	17	185	205	163
	40-60	следы	-	4	следы	-	следы	174	-	291
P ₇₅	0-20	21	16	34	80	18	88	194	250	205
	20-40	14	следы	3	63	42	12	180	165	269
	40-60	следы	-	следы	следы	-	следы	182	-	175
N ₃₀	0-20	23	20	20	67	55	58	189	244	285
	20-40	10	7	10	57	24	21	156	180	235
	40-60	следы	-	следы	следы	-	следы	158	-	203
N ₃₀ P ₇₅	0-20	24	23	24	80	63	42	203	212	209
	20-40	5	14	8	48	46	25	163	202	155
	40-60	следы	-	4	следы	-	следы	236	-	236
1964 год										
контроль	0-20	12	6	3	48	43	24	118	117	189
	20-40	5	1	следы	22	26	следы	96	99	228
	40-60	5	-	2	следы	-	следы	150	-	306
P ₄₅	0-20	12	8	следы	59	40	41	144	122	176
	20-40	6	5	следы	35	26	23	105	96	178
	40-60	4	-	следы	следы	-	следы	136	-	251
P ₉₀	0-20	16	9	3	63	47	64	150	164	204
	20-40	6	следы	2	17	следы	следы	111	105	180
	40-60	5	-	2	следы	-	следы	143	-	220
N ₃₀ P ₄₅	0-20	10	6	2	45	50	42	150	125	170
	20-40	6	следы	следы	16	следы	следы	121	110	209
	40-60	7	-	следы	следы	-	следы	136	-	233

На примере таблиц 14 и 15 видно, что легкорастворимый фосфор сосредоточен в пахотном и подпахотном слоях выщелоченного чернозема. Из этих слоев почвы и следует брать пробы для анализа с диагностическими целями. Заниматься исследованиями динамики подвижного фосфора методами Чирикова и Труога для этих целей в черноземах области нецелесообразно.

Рассматривая динамику подвижного фосфора, нельзя не отметить, что увлажненность года отражается на содержании извлекаемого разными методами фосфора неодинаково.

Наиболее четко проявляется это в данных анализа, полученных по методу Францесона.

В засушливые годы растения меньше требуют элементов питания. Количество легкорастворимого фосфора в почве в такие годы держится на более высоком уровне, сравнительно с влажными годами. Это весьма наглядно подтверждает сопоставление данных 1963 г. с 1964 г. (таблица 15).

Менее убедительны в этом отношении результаты анализа по методу Эгнера – Рима. В этом проявляется значительное содержание в составе подвижного фосфора форм, слабодоступных для растений.

Цифры, полученные при анализе по методу Чирикова, вообще не обнаруживают связи с условиями влажности. Воднонерастворимый фосфор здесь имеет явное преобладание над формами воднорастворимыми.

Математическая проверка связи между количеством фосфора и продуктивной влагой для разных методов дала результаты, приведенные ниже (таблица 16).

Таблица 16

Корреляционная зависимость между количеством фосфора в почве, мг/кг и продуктивной влагой, %

<i>Статистические показания</i>	<i>Методы</i>		
	<i>Францесона</i>	<i>Эгнера - Рима</i>	<i>Чирикова</i>
Коэффициент корреляции (r)	- 0,923	+ 0,693	- 0,238
Ошибка коэффициента корреляции (Sr)	± 0,08	± 0,26	± 0,51
Критерий t фактический	12,3	2,7	0,5
Критерий t табличный	3,2	3,2	3,2

Между содержанием фосфора, определенного по Францесону, и количеством продуктивной влаги в почве выявлена обратная линейная корреляционная зависимость. Достоверность найденного коэффициента корреляции $r = - 0,923 \pm 0,08$ подтверждается превышением критерия t

фактического (12,3) над критерием t табличным (3,2). Такая корреляция вполне согласуется с высказанным ранее предположением о том, что формы, извлекаемые по Францесону подвижной фосфорной кислоты, по своей растворимости и доступности для растений приближаются к воднорастворимому фосфору. Всякое повышение влажности почвы увеличивает поглощение фосфорной кислоты из почвы растениями и это ведет к уменьшению содержания фосфатов в почвенном растворе. Несколько непонятна положительная связь между продуктивной влагой и фосфором по Эгнеру – Риму. Коэффициент корреляции $r = + 0,693 \pm 0,26$, достоверность которого не подтверждается, так как t фактическое меньше t табличного. Коэффициент детерминации $r^2 = 48\%$.

В данном случае связь между исследуемыми величинами, очевидно, усложнена вхождением в состав подвижных фосфатов ряда форм менее доступных для растений. Повышенная влажность способствует извлечению растениями из почвы легкорастворимых фосфатов. Содержание фосфатов, недоступных для растений, может повышаться при этом не только относительно, но и абсолютно, по-видимому, за счет условий, улучшающих микробиологическую активность почвы.

Изменение в количестве подвижных фосфатов, регистрируемых методом Чирикова, под влиянием повышения или снижения влажности тоже происходит, но выражаются они в относительно малых величинах ко всем подвижным фосфатам и прямолинейной корреляции не образуют. Этим и объясняется очень низкий коэффициент корреляции между количеством фосфора, извлекаемого из почвы уксусной кислотой по Чирикову, и продуктивной влагой почвы.

Внесение фосфорных удобрений отражается на динамике подвижного фосфора при всех методах анализа.

Это отмечается исследованиями А.И.Душечкина (1929), А.И.Душечкина и А.В.Лазурского (1954), А.Е.Кочергина (1965), О.И.Антоновой (1968) и некоторыми другими.

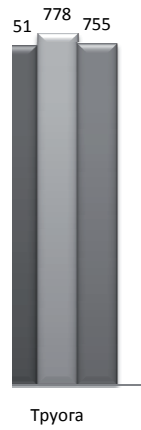
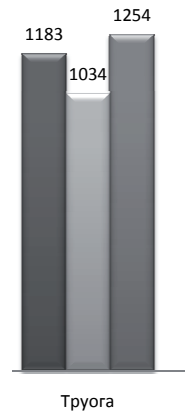


Рисунок 3. Содержание подвижной P_2O_5 в слое почвы 0-40 см в фазу кущения пшеницы (кг/га)

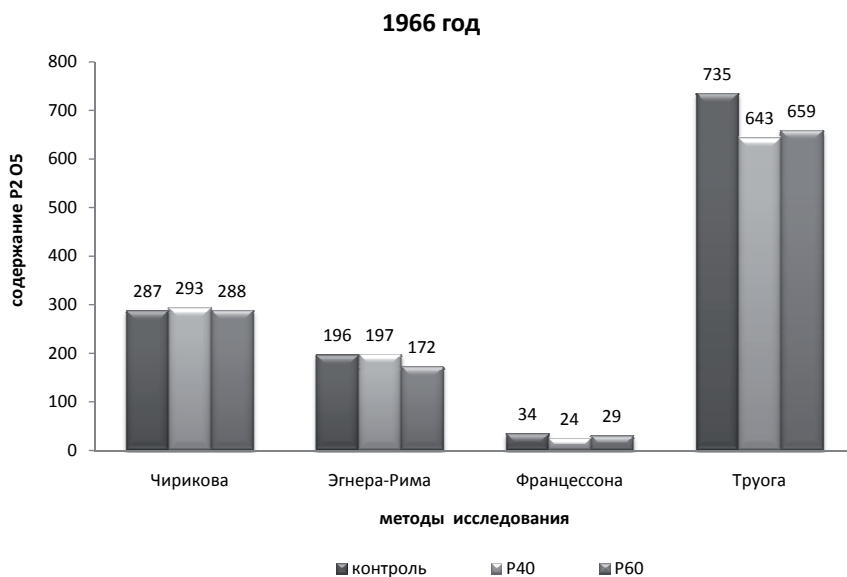
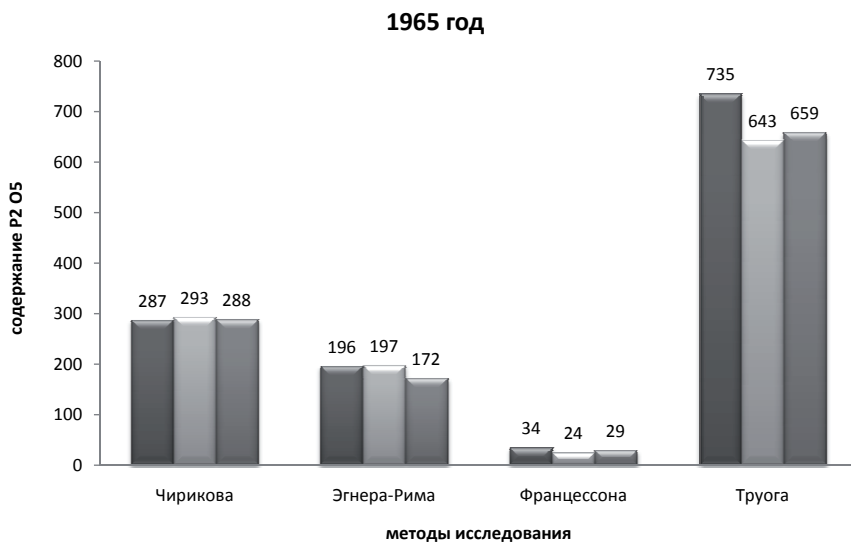


Рисунок 4. Содержание подвижной P_2O_5 в слое почвы 0-40 см в фазу восковой спелости пшеницы (кг/га)

Данные таблиц 14, 15 наглядно представлены на рисунках 3, 4.

В засушливый 1965 год при ограниченном потреблении растениями фосфора преимущество сохраняется за удобренными вариантами по количеству подвижного фосфора в почве и после уборки урожая пшеницы.

Во влажном 1966 году при повышенном использовании растениями фосфора содержание его в удобренных и неудобренных вариантах выравнивается к концу вегетационного периода (рисунки 3, 4).

Проследим, как складывается динамика подвижного фосфора в течение вегетационного периода при определении разными методами (таблица 17).

Таблица 17

**Содержание подвижной P_2O_5 в почве
(опыт с яровой пшеницей, контрольный вариант)**

Фазы роста	Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы (слой 0-40см)				Классы обеспеченности фосфором			
	1963	1964	1965	1966	1963	1964	1965	1966
Метод Францесона								
Кущение	14,0	8,5	8,5	6,0	III	II	II	II
Цветение	11,5	5,0	7,0	7,0	III	I	II	II
Восковая спелость	8,0	1,5	7,0	8,0	II	I	II	II
Метод Эгнера – Рима								
Кущение	35,0	35,0	50,0	46,5	II	II	II	II
Цветение	42,5	34,5	48,5	31,0	II	II	II	II
Восковая спелость	23,5	12,0	47,0	48,0	II	I	II	II
Метод Чирикова								
Кущение	183,0	107,0	85,0	99,0	V	IV	III	III
Цветение	228,5	108,0	94,5	77,5	VI	IV	III	III
Восковая спелость	266,0	208,5	97,0	70,0	VI	VI	III	III
Метод Труога								
Кущение	-	-	287,5	182,0	-	-	VI	V
Цветение	-	-	171,0	161,5	-	-	IV	IV
Восковая спелость	-	-	204,0	178,5	-	-	V	IV
Урожай, ц/га								
Урожай контрольного варианта	6,9	21,9	11,5	31,7	-	-	-	-
Прибавка урожая от фосфора, внесенного в дозе 40 кг/га	+3,3	+2,7	+1,0	+3,2	-	-	-	-

Количество легкорастворимого фосфора, извлекаемого 0,006н HCl в каждом году (исключение 1966 г.), снижается от проб первого срока отбора к последнему. В том же направлении, но с некоторыми исключениями уменьшается содержание фосфора и при методе Эгнера – Рима.

Метод Чирикова дает картину не снижения фосфора, а увеличение содержания его к концу вегетации (исключение 1966 г.).

Метод Труога за два года показал снижение подвижного фосфора от фазы кущения до фазы цветения. После чего происходило увеличение содержания фосфатов в вытяжке.

Растворитель Францесона охватывает зону наиболее легкорастворимых фосфатов, способных полностью поглощаться растениями. Одновременно с поглощением растворимых фосфатов растениями в почве идет процесс восстановления запаса легкорастворимых фосфатов за счет форм, недоступных для растений. В зависимости от того, как складываются взаимоположенные процессы поглощения и пополнения растворимых фосфатов, мы отмечаем или постоянное снижение кривой динамики, или стабилизированный уровень ее.

В зоне действия лактатного растворителя Эгнера – Рима соотношение между непосредственно усвояемыми фосфатами и труднодоступными для растений формами их складывается в пользу последних. Это проявляется в более неустойчивом равновесии между разными формами фосфора и меньшей устойчивостью кривой динамики.

При методах Чирикова и Труога в зоне растворимости большое преимущество фосфатов трудно доступных. В сектор доступности здесь входят те же формы и в том же количестве, что и при методе Францесона, но составляют они к общему количеству подвижных фосфатов всего несколько процентов. Уровень кривой динамики здесь решается вне прямой связи с питанием растений. Он определяется химическими превращениями фосфорных соединений и биологической мобилизацией фосфора в результате

жизнедеятельности почвенных микроорганизмов.

Нетрудно заметить влияние на динамику фосфатов погодных условий.

В сухие 1963 и 1965 годы потребление фосфатов растениями и остаточный фосфор в разные фазы наблюдения превышает соответствующие цифры влажных лет. Во влажные годы (1964 и 1966) растения берут из почвы больше фосфатов, остаточное их количество несколько снижается.

В таблице 17 приведены урожаи контрольного варианта, прибавки, полученные по каждому году от удобрения в дозе 40 кг на га и отнесение почвы в соответствии с динамикой фосфора в вегетационном периоде по классам обеспеченности ее фосфором.

Как видно из таблицы 17, во все годы внесение фосфора давало больший или меньший, но всегда положительный эффект на урожай. В то же время применявшиеся методы определения потребности в фосфорных удобрениях, относили почвы в классы от очень низкой (1 класс) и низкой (2 класс) обеспеченности до высокого (5 класс) и очень высокого (6 класс) содержания фосфора.

Методы Францесона и Эгнера – Рима позволяют с уверенностью решать – нуждается данная почва во внесении удобрений или не нуждается. Шкалы, разработанные к методам Чирикова и Труога для черноземов Новосибирской области, непригодны.

Агрохимические исследования в вегетационных опытах проводились нами параллельно с полевыми в период с 1963 по 1966 годы.

В таблицах 18 и 19 дано содержание подвижного фосфора, определенное четырьмя методами за период 1964 – 1966 гг. В первой таблице в мг P_2O_5 на килограмм сухой почвы, во второй – также в мг в пересчете на вегетационный сосуд. В 1964 году вес сосуда был равен 3 кг а.с. почвы, а в 1965-1966 гг. равен 5 кг.

Таблица 18

**Содержание подвижного фосфора в мг P₂O₅ на кг сухой почвы
(вегетационные опыты 1963-1966 гг.)**

Варианты опыта	М-д Францесона			М-д Эгнера - Рима			М-д Чирикова			М-д Труога		
	Кущение	Цветение	Восковая спелость	Кущение	Цветение	Восковая спелость	Кущение	Цветение	Восковая спелость	Кущение	Цветение	Восковая спелость
1964 год (пшеница)												
Контроль	19,6	17,8	8,5	41,3	127,9	35,3	94,6	153,0	500,2	237,0	224,9	202,6
N	21,3	15,9	8,1	77,2	40,5	71,3	104,1	153,8	858,4	258,0	230,1	221,8
P ₁ N	74,6	67,2	37,4	215,4	161,4	167,4	212,5	210,2	565,0	342,8	339,1	312,1
P ₂ N	131,3	111,6	80,4	314,8	296,0	268,6	296,3	307,8	840,1	488,8	483,4	459,9
P ₃ N	130,7	109,8	77,7	531,5	515,8	493,3	529,7	489,4	891,9	711,2	682,6	684,8
Исходное содержание	15,0			73,0			150,0			-		
1965 год (овес)												
Контроль	5,6	3,8	4,0	35,3	33,8	32,7	61,2	75,7	59,2	219,3	197,3	203,5
P	47,4	19,3	14,8	151,8	62,1	57,6	176,5	159,1	160,0	394,0	327,1	357,0
PK	44,5	29,6	16,8	155,7	58,1	61,6	178,5	145,9	152,3	388,6	346,3	350,5
NP	106,4	61,9	37,9	232,0	88,3	85,2	286,5	206,1	180,6	459,8	405,5	419,0
NPK	108,1	51,7	39,4	223,6	84,5	82,8	257,0	191,0	181,0	512,5	379,6	417,6
Исходное содержание	7,0			23,0			97,0			176,0		
1966 год (пшеница)												
Контроль	6,3	6,2	5,7	27,5	24,5	23,2	76,3	26,2	17,7	219,5	133,3	214,7
NK	8,5	5,8	5,9	28,5	10,2	14,8	65,0	52,5	17,4	223,1	113,8	210,7
P ₁ NK	68,9	49,0	34,6	155,8	130,5	141,5	145,8	149,6	128,7	365,3	328,9	333,4
P _{1,5} NK	111,0	95,2	93,3	236,3	200,9	219,5	252,7	190,6	202,6	482,7	362,7	426,7
P ₃ NK	222,3	201,7	182,0	433,7	404,2	406,8	368,7	172,7	370,4	797,3	682,7	718,7
Исходное содержание	6,0			25,8			120,5			350,0		

Все методы, применявшиеся нами при агрохимическом анализе, четко отзываются не только на внесение фосфорных удобрений, но и на все изменения в дозировке их. В вытяжках по методу Эгнера – Рима, Чирикова и Труога во всех случаях регистрируется увеличение содержания подвижного фосфора, в полной мере, соответствующее дозам внесенного фосфора.

Метод Францесона полностью отразил в вытяжке весь внесенный фосфор только в вариантах NP и NPK опыта 1965 года. Во всех остальных случаях фосфор удобрения на 28-64% был поглощен почвой и под действие растворителя не попал (таблица 19).

Явление поглощения фосфора нами было проверено в опыте с компостированием почвы при внесении однозамещенного фосфорнокислого калия. Компостирование велось в вегетационных сосудах (пахотный горизонт) и продолжалось 15 дней при влажности почвы 60% от полной влагоемкости и температуре 28°C.

Таблица 20

**Мобилизация фосфатов в чернозёмах Новосибирской области
(опыт с компостированием почвы), P₂O₅ в мг/кг
абсолютно сухой почвы**

Внесено P ₂ O ₅ на кг почвы	Метод Францесона				Метод Эгнера-Рима				Метод Труога			
	Исходное содержание P ₂ O ₅	15 дней компостирования	Поглощённой P ₂ O ₅ почвой	Поглощённой P ₂ O ₅ почвой из удобрений, %	Исходное содержание P ₂ O ₅	15 дней компостирования	Поглощённой P ₂ O ₅ почвой	Поглощённой P ₂ O ₅ почвой из удобрений, %	Исходное содержание P ₂ O ₅	15 дней компостирования	Поглощённой P ₂ O ₅ почвой	Поглощённой P ₂ O ₅ почвой из удобрений, %
Почва – выщелоченный чернозём												
контроль	8	11	-3	-	51	92	- 41	-	324	317	7	-
40 мг	48	14	34	85	91	86	5	34	369	355	14	13
80 мг	88	25	63	81	131	112	19	47	414	388	26	21
Почва – обыкновенный чернозём												
контроль	9	8	1	-	27	75	- 48	-	-	-	-	-
40 мг	49	16	33	82	67	84	- 17	-	-	-	-	-
80 мг	89	23	66	86	87	101	- 14	-	-	-	-	-

Таблица 19

Содержание P_2O_5 (мг/сосуд) при определении разными методами и в разные фазы роста пшеницы

Варианты опыта	Р(у) мг/сосуд	Урожай зерна г/сосуд	м-д Францесона		м-д Эгнера-Рима		М-д Чирикова		М-д Трюга				
			Цветение	Восковая стадия	Цветение	Восковая стадия	Цветение	Восковая стадия	Цветение	Восковая стадия			
1964 год (пшеница)													
контроль	-	3,5	59	53	124	384	105	285	459	1500	711	675	608
N	-	5,2	64	48	24	232	122	312	462	2575	774	690	665
P ₁ N	300	6,5	224	202	111	646	484	511	638	630	1695	1028	1018
P ₂ N	600	7,8	394	335	241	945	888	807	888	924	2520	1466	1380
P ₃ N	900	7,3	392	330	233	1595	1548	1479	1590	1467	2676	2134	2054
P ₂ O ₅ исходное содержание			45			219		450				-	
1965 год (овёс)													
контроль	-	7,9	28	19	20	177	169	164	306	379	296	1097	987
P	500	9,5	237	97	74	758	311	288	883	795	800	1970	1736
PK	500	8,6	223	148	84	779	291	308	893	730	762	1943	1732
NP	500	16,2	532	310	190	1160	442	426	1433	1030	903	2299	2028
NPК	500	15,6	541	259	197	1118	423	414	1285	955	905	2563	1898
P ₂ O ₅ исходное содержание			35			115		485				880	
1966 год (пшеница)													
контроль	-	2,9	32	31	29	138	123	116	382	131	89	1098	667
NK	-	7,0	43	29	30	143	51	74	325	263	87	1116	569
P ₁ NK	500	7,7	345	245	183	779	563	708	729	748	644	1827	1644
P _{1,5} NK	750	8,4	555	476	427	1182	1005	1098	1264	953	1013	2414	1814
P ₃ NK	1500	8,3	1112	1009	910	2169	2021	2034	1844	864	1852	3987	3414
P ₂ O ₅ исходное содержание			30			129		603				1750	

В таблице 20 приводятся результаты опыта, полученные по двум методам анализа (Францесона и Эгнера – Рима) на двух почвах (выщелоченном и обыкновенном черноземах). В той же таблице мы приводим результат компостирования выщелоченного чернозема, полученный анализом по методу Труога с гранулированным суперфосфатом. Срок компостирования 21 день

Извлечение подвижных фосфатов из почвы 0,006н НСl по методу Францесона подтверждает, что фосфорные удобрения, вносимые в почву в легкорастворимом состоянии, уже через короткое время в значительной степени (81-86%) понижают свою растворимость, по-видимому, ретроградируя они выходят из сферы растворяющего действия 0,006н НСl. Методы Эгнера – Рима, и тем более Труога, дают иную картину результатов компостирования. В почве при компостировании все время происходят два взаимно противоположно-направленных процесса: ретроградации растворимых форм фосфора и переход трудно доступных форм в более доступные при мобилизации фосфора химическими, биохимическими и прочими превращениями.

В зависимости от того, как складывается отношение трансформации фосфора из менее доступных форм в более доступные и обратного процесса ретроградации легкорастворимого фосфора в труднорастворимый и определяется степень и процент поглощения подвижного фосфора почвой. Процент поглощения при методах Эгнера – Рима, Чирикова и Труога ниже, чем при методе Францесона. Опыт компостирования подтверждает еще одно наблюдение, отмеченное в специальной литературе (Антонов, 1928; Соколов, 1950; Богданов, 1952; Адерихин, 1955 и другие) о том, что чем более черноземная почва насыщена кальцием, тем меньше проявляется ретроградация растворимых фосфатов. Компостирование, проведенное на обыкновенном черноземе, дает снижение поглощения фосфора. По методике Францесона это проявляется почти незаметно, а при методике Эгнера – Рима поглощение фосфора не происходит. В этом видно, проявление действия большей

насыщенности кальцием обыкновенного чернозема по сравнению с выщелоченным черноземом.

В таблицах 21, 22 приведены некоторые расчеты баланса подвижного фосфора за три года по вариантам вегетационного опыта. Расчет сделан для трех методов анализа: Францесона, Эгнера – Рима и Чирикова.

Таблица 21

**Урожай пшеницы и овса и содержание фосфора в растениях
(вегетационные опыты)**

<i>Вариант опыта</i>	<i>Урожай, г/сосуд</i>			<i>Содержание фосфора, %</i>	
	<i>20 растений</i>	<i>зерно</i>	<i>солома</i>	<i>зерно</i>	<i>солома</i>
1964 год (пшеница)					
Контроль	10,3	3,5	6,8	0,96	0,25
N	15,2	5,2	10,0	0,92	0,25
P ₁ N	17,6	6,5	11,1	0,99	0,25
P ₂ N	20,4	7,8	12,6	0,93	0,25
P ₃ N	20,8	7,3	13,5	1,06	0,25
1965 год (овес)					
Контроль	22,8	7,9	14,9	1,09	0,35
P	30,6	9,5	21,1	1,02	0,35
PK	27,8	8,6	19,2	1,23	0,35
NP	48,5	16,2	32,3	1,55	0,35
NPK	54,4	15,6	38,8	1,57	0,35
1966 год (пшеница)					
Контроль	6,5	2,9	3,6	1,32	0,25
NK	18,6	7,0	11,6	1,16	0,25
P ₁ NK	23,7	7,7	16,0	1,52	0,25
P _{1,5} NK	24,6	8,4	16,2	1,92	0,25
P ₃ NK	24,5	8,3	16,2	1,65	0,25

Исходное содержание легкорастворимого фосфора складывается из фосфора, внесенного в каждый вегетационный сосуд по схемам, принятым для опыта, и количества фосфора, определенного перед закладкой опыта методом

Францесона, пересчитанного на количество почвы в сосуде. Содержание фосфора на сосуд перед началом опыта показано в таблице 19 и составляет для 1964 г. 45 мг P_2O_5 , для 1965 г. – 35,0 мг P_2O_5 и в 1966 г. – 30 мг P_2O_5 на сосуд. Данные для пересчета на сосуд взяты из таблицы 18 (мг/кг почвы).

Вынос фосфора с урожаем получен перемножением веса зерна и соломы на содержание в них фосфора, выраженного в мг P_2O_5 на сосуд (таблица 21). Разность между количеством фосфора перед началом опыта и выносом его с урожаем указывает, какое количество легкорастворимого P_2O_5 (по Францесону) не использовано растениями для образования урожая или наоборот ими перерасходовано.

Из таблицы 22 видно, что во всех вариантах, где фосфор не вносился, как удобрение и в контрольных вариантах, расход фосфора на питание растений был больше, чем имелось в начальный момент, перед закладкой опыта. Это свидетельствует о том, что растения берут из почвы либо фосфор, превращающийся за период вегетации из форм труднодоступных в формы более растворимые и пригодные для питания растений, либо указывает на способность зерновых культур усваивать непосредственно формы труднодоступные, по их плохой растворимости, выходящие за пределы растворяющей силы 0,006н соляной кислоты, применяемой в методе Францесона.

Кривые динамики фосфора в вегетационных опытах по характеру изменения повторяют, но с большей четкостью таковые в полевых опытах.

Метод Францесона во все годы дает кривые, падающие от проб первого срока наблюдений к последнему сроку.

Кривые динамики при методе Эгнера – Рима большей частью имеют тот же характер падения от первого срока к последнему, как и при методике Францесона (таблица 19).

Таблица 22

Расчеты к балансу подвижного фосфора в вегетационных опытах, мг P₂O₅ на сосуд

Варианты опыта	Урожай, \bar{z}	P ₂ O ₅ , по Францесона + P(y)	Вынос P ₂ O ₅	M-д Францесона		M-д Эгнера-Ридма			M-д Чирикова		
				остаток	P ₂ O ₅ в конце вегетации	Остаток подвижной P ₂ O ₃	В том числе		Остаток подвижной P ₂ O ₅	В том числе	
							легко растворимой	трудно растворимой		легко растворимой	трудно растворимой
1964 год (пшеница)											
0	3,5	45	50	-5	27	105	-5	105	459	-5	459
N	5,2	45	73	-28	24	213	-28	213	462	-28	462
P ₁ N	6,5	345	92	253	111	511	253	258	630	253	477
P ₂ N	7,8	645	105	540	241	807	540	267	924	540	384
P ₃ N	7,3	945	165	780	233	1479	780	699	1467	780	687
1965 год (овёс)											
0	7,9	35	138	-103	20	164	-103	164	296	-103	296
P	9,5	535	171	364	74	288	364	-	800	364	436
PK	8,6	535	172	363	84	308	363	-	762	363	399
NP	16,2	535	364	171	190	426	171	255	903	171	732
NPK	15,6	535	383	152	197	414	152	262	905	152	743
1966 год (пшеница)											
0	2,9	30	47	-17	29	116	-17	116	89	-17	89
NK	7,0	30	110	-80	30	74	-80	74	87	-80	87
P ₁ NK	7,7	530	157	373	183	708	373	335	644	373	271
P _{1,5} NK	8,4	780	206	574	427	1098	574	524	1013	574	439
P ₃ NK	8,3	1530	175	1355	910	2034	1355	679	1852	1355	479

В меньшем числе случаев кривые снижаются до фазы цветения, после чего начинается повышение уровня их, в чем проявляется влияние мобилизации фосфора с переводом его из состояния недоступного для растворяющего действия растворителя Эгнера – Рима в состояние, доступное для него.

На цифровых данных методов Чирикова и Труога наблюдается превращение фосфора из форм труднорастворимых и нерастворимых в формы, доступные для уксусной (0,5н) и серной (0,002н) кислот.

Мобилизация фосфора с превращением его в формы, более доступные для растворителей Чирикова и Труога, превышает размерами поглощение фосфора растениями, это отражается на направлении и криволинейности кривых динамики.

Таблица 22 показывает связь между дозами удобрений, размерами выноса фосфора урожаями и величиной урожая.

Сопоставление вариантов в опытах 1964 и 1966 гг. показывает, что дозы фосфора в оба года повышали урожай пшеницы в соответствии с их увеличением. Тройная норма оказалась избыточной и вызвала понижение урожая, по сравнению с ближайшей к ней меньшей дозе (таблица 22).

Аналогичные результаты, полученные нами в полевых условиях и в других опытах Новосибирской сельскохозяйственной опытной станции (Зуева, 1967).

По данным 1965 года видно, что внесение азота по фону «Р» и «РК» увеличивает вынос фосфора (более, чем в два раза). Урожай овса при этом повышается также почти в два раза.

Это дает основание утверждать существование обратной корреляционной связи между нитратным азотом и усвояемым фосфором в почве. Совместное внесение азота (нитратного) и фосфора сильно повышает поглощение из почвы растениями. Остаточный фосфор регистрируется при агрохимическом анализе в меньших количествах (таблица 22).

Проверка соотношения между нитратным азотом и легкорастворимым (по Францесону) фосфором для всех вегетационных опытов подтвердила существование между азотом нитратов и растворимым фосфором довольно тесной обратной линейной корреляционной связи.

Коэффициент корреляции $r = -0,818$ при отношении:

$$\frac{t_{\text{фактическое}}}{t_{\text{табличное}}} = \frac{6,99}{2,3}$$

Четко выраженная достоверная корреляционная связь в вегетационных опытах установлена при большом количестве вносимых в сосуды азотных и фосфорных удобрений, где растения все время были снабжены влагой.

В полевых опытах при внесении азотных удобрений также отмечается обратная линейная корреляция между азотом и фосфором, но выражена она значительно слабее, чем в вегетационных опытах.

В засушливые годы (1963, 1965, 1967) коэффициент корреляции между азотом ($N-NO_3$) и фосфором $r = -0,742 \pm 0,26$, а в годы влажные (1962, 1964, 1966) - $r = -0,300 \pm 0,52$. Отношение критериев существенности t фактическое к табличному для сухих лет $= \frac{2,9}{3,2}$, для влажных лет $= \frac{0,6}{3,2}$ указывает, что корреляция неустойчивая и возможностей нарушения ее очень много.

Рассматривая динамику подвижной фосфорной кислоты при разных методах анализа, ранее отмечалось, что все методы (Францесон и Эгнер – Рим, Чириков и Труог) реагируют на внесение фосфора в почву.

Нами установлена корреляционная связь между методами в вегетационных сосудах и в полевых опытах.

Высокая корреляционная прямая связь по фосфору установлена всеми методами в условиях вегетационного опыта в сосудах. Соотношение критериев существенности фактического и табличного подтверждает достоверность корреляции (таблица 23).

Таблица 23

**Коэффициенты корреляции между каждой парой методов
определения P_2O_5 в почве вегетационных сосудов**

<i>Методы</i>	<i>Эгнера - Рима</i>	<i>Чирикова</i>	<i>Труога</i>
1964 год			
Францесона: $r + S_r$	- 0,91 ± 0,09	0,83 ± 0,15	0,94 ± 0,06
$t_{\text{фактическое}}$	10	5,6	16
1966 год			
Францесона: $r + S_r$	0,91 ± 0,09	0,94 ± 0,6	0,99 ± 0,01
$t_{\text{фактическое}}$	10	10	99,3

Примечание: Табличное значение критерия (t) во всех случаях равно 3,2 при 5 % уровне существенности.

Таблица 24

**Коэффициенты корреляции между методами определения подвижной
 P_2O_5 в почве в слое 0-40 см**

<i>Методы</i>	<i>Эгнера - Рима</i>	<i>Чирикова</i>	<i>Труога</i>
1963 год			
Францесона: $r + S_r$	+ 0,924±0,09	- 0,921±0,09	-
$t_{\text{фактическое}}(0,05)$	10,5	10,5	-
1964 год			
Францесона: $r + S_r$	+ 0,427±0,48	- 0,277±0,14	
$t_{\text{фактическое}}(0,05)$	0,9	2,1	
1965 год			
Францесона: $r + S_r$	+ 0,937±0,07	+ 0,834±0,18	+ 0,537±0,41
$t_{\text{фактическое}}(0,05)$	13,1	4,6	1,3
1966 год			
Францесона: $r + S_r$	0,911±0,1	- 0,786±0,22	- 0,524±0,43
$t_{\text{фактическое}}(0,05)$	9,1	3,5	1,2

Примечание: Стандартное значение критерия равно 3,2 ($t_{\text{табличное}}$).

В полевых опытах картина претерпевает значительные изменения (таблица 24).

В методе Францесона с методом Эгнера – Рима во все годы сохраняется прямая положительная корреляционная связь. Три года связь эта очень тесная. Коэффициент корреляции равен 0,911-0,937.

В 1964 году связь также положительная, но слабая.

Между методами Францесона и Чирикова корреляционная связь менее четко выражена. В течение трех лет наблюдалась обратная корреляция, в том числе два года достаточно сильная и один (1964 г.) – слабая. В 1965 г. связь была тесная, прямая.

В полевых опытах корреляционная связь между методами определения подвижного фосфора в почве часто определяется факторами, не проявляющими себя в вегетационных опытах. Основным из таких факторов является влага в совокупности с температурными условиями.

При методе Францесона основное количество фосфора, фигурирующего в аналитических данных, всегда представлено формами, легкодоступными для усвоения растений.

В данных остальных методов большую или меньшую роль получают формы фосфора, труднодоступные растениям. Изменение в содержании труднодоступных фосфатов зависит от темпов мобилизации фосфора и повышении его растворимости.

В вегетационном методе темпы мобилизации подвержены сильным колебаниям и соотношение между содержанием фосфатов в отдельных изучаемых вариантах при разных методах сохраняется. В полевых опытах иные сильнодействующие факторы оказывают значительно большее влияние на темпы превращения фосфорных соединений в почве. Эти факторы изменяют соотношение между труднодоступными растворимыми фосфатами не только в целом в различные по климатическим особенностям годы, но и в отдельных изучаемых вариантах. Это отражается в соотношении растворимых фосфатов между разными методами и вносит резкие изменения в характер и размеры корреляционной связи между ними.

В подтверждение высказанного предположения приводим таблицу 25, где показана корреляционная зависимость между урожаем и содержанием фосфора в полевых опытах 1963-1966 гг.

Данные анализа приведены для двух вариантов: контрольного (без внесения удобрений) и при внесении фосфора в дозе P_{45} . в исследовании применялись три метода: Францесона, Эгнера – Рима и Чирикова. Во всех случаях получена линейная обратная корреляция. Чем выше урожай, тем больше вынос фосфора или тем меньше было обнаружено остаточное количество его в фазу кущения пшеницы.

Таблица 25
Коэффициенты корреляции между урожаем и содержанием фосфора
в полевых опытах 1963-1966 гг., P_2O_5 мг/кг почвы
(в слое 0-40 см)

<i>Контрольный вариант</i>			<i>Внесение удобрений в дозе P_{45}</i>		
<i>Урожай</i>			<i>Урожай</i>		
<i>P_2O_5 по Францесону</i>	<i>P_2O_5 по Эгнеру-Риму</i>	<i>P_2O_5 по Чирикову</i>	<i>P_2O_5 по Францесону</i>	<i>P_2O_5 по Эгнеру-Риму</i>	<i>P_2O_5 по Чирикову</i>
- 0,873±0,14	- 0,305±0,41	- 0,394±0,49	- 0,864±0,15	- 0,944±0,06	- 0,668±0,32
<i>$\frac{\text{фактическое}}{\text{табличное (0,05)}}$ критерии существенности</i>					
$\frac{6,2}{3,2}$	$\frac{0,7}{3,2}$	$\frac{0,8}{3,2}$	$\frac{5,9}{3,2}$	$\frac{148}{3,2}$	$\frac{2,1}{3,2}$

Примечание: при математической обработке взяты цифры содержания P_2O_5 в фазу кущения пшеницы.

В показателях метода Францесона фосфор растворимый. Поэтому, чем больше его выносятся урожаем, тем меньше регистрируется в почве. Коэффициент корреляции – тесный обратный, как в контрольном варианте, так и в удобренном.

Метод Эгнера – Рима в контрольном варианте дает фосфор растворимый и труднорастворимый. Соотношение часто в пользу труднорастворимого фосфора. Легкорастворимая форма его в определении корреляции решающего

значения не получает. Корреляция определяется как обратная, но слабо выраженная. При внесении фосфора в почву растворимые формы в отношении к труднорастворимым получают уже преобладание. Резко меняется корреляционная связь, переходящая в тесную обратную ($r = -0,944 \pm 0,06$).

Метод Чирикова, обладающий большой силой растворения, всегда дает преобладание труднорастворимых фосфатов над легкорастворимыми. В результате корреляционная связь из слабо выраженной обратной в контрольном варианте несколько повышается и при внесении фосфорных удобрений переходит в среднюю обратную.

В таблице 22, где нами даны некоторые расчеты к построению баланса подвижного фосфора в почве, приведенные соображения в таблице 25 о соотношении всего подвижного к легкодоступному фосфору подтверждаются.

Таким образом, при изучении динамики подвижных форм фосфора четырьмя методами: Францесона, Эгнера – Рима, Чирикова и Труога установлено, что наибольшее количество P_2O_5 извлекает сернокислая вытяжка по Труогу, наименьшее – 0,006н солянокислой вытяжкой по Францесону.

Растворитель Францесона охватывает зону фосфатов, близкую к воднорастворимым формам, способным полностью поглощаться растениями. Это было подтверждено в лабораторных опытах.

В зоне действия лактатного растворителя Эгнера – Рима соотношение между усвояемыми фосфатами и труднодоступными для сельскохозяйственных растений складываются в пользу последних форм.

Метод Чирикова и Труога извлекают преимущественно труднодоступные фосфаты.

Динамика фосфора при методах Францесона и Эгнера – Рима зависит полностью от происходящих в почве процессов поглощения и пополнения растворимых фосфатов. Наблюдается постоянное снижение кривой динамики при интенсивном потреблении фосфора растениями или стабилизационный уровень ее в течение вегетационного периода.

Повышение влажности почвы увеличивает поглощение фосфорной кислоты растениями, что приводит к уменьшению содержания фосфатов, определяемых в солянокислой вытяжке по Францесону и повышает урожай яровой пшеницы. Коэффициент корреляции между урожаем и фосфором в почве ($r = -0,873 \pm 0,14$).

В показаниях методов Чирикова и Труога кривая динамики не связана с питанием растений и не обнаруживает связи с условиями влажности почвы.

Внесение фосфорных удобрений отражается на кривых динамики подвижного фосфора всеми методами анализа, но степень и характер изменения кривых при каждом методе свой и часто зависит от погодных условий.

Применение фосфорнокислых удобрений почти всегда положительно действует на урожай яровой пшеницы.

Однако, в соответствии с градациями, установленными для каждого метода, исследуемые почвы при этом относили в различные классы по обеспеченности от острой нуждаемости до полной обеспеченности фосфором.

Коэффициенты корреляции урожайных данных и агрохимических показателей по фосфору в случае методов Францесона и Эгнера – Рима были наиболее высокие. Эти методы позволяют в каждом случае решать вопрос о целесообразности внесения фосфорных удобрений.

Шкалы, разработанные к методам Чирикова и Труога для выщелоченных черноземов Новосибирской области, непригодны.

ВЫВОДЫ

Черноземы Новосибирской области характеризуются довольно значительным содержанием органического фосфора и слабо обеспечены легкодоступными минеральными формами его.

Агрохимические методы, общепринятые для черноземов, извлекают различные формы фосфорных соединений. Разработанные для каждого метода шкалы обеспеченности фосфором, не учитывают доступность его при извлечении различными растворителями из черноземов Западной Сибири. Это приводит к неправильной разбивке почв на агрохимические классы, а рекомендации часто не соответствуют потребности растений в фосфоре при внесении удобрений.

Из большого набора методов, существующих для определения потребности почв в фосфорных удобрениях нами проведено сравнение четырех из них: Францесона, Эгнера – Рима, Чирикова, Труога. Растворители, применяемые в этих методах, извлекают из почвы различные количества фосфора. Наибольшее содержание подвижной P_2O_5 получается по методу Труога, а наименьшее – по Францесону. Промежуточное положение занимают методы Чирикова и Эгнера – Рима.

Растворители методов Чирикова и Труога извлекают из почвы, в основном, труднодоступные для растений формы фосфора. Фосфор, переходящий в солянокислую вытяжку по Францесону, обладает высокой подвижностью и хорошо поглощается корнями растений.

Динамика фосфора при определении его методами Францесона и Эгнера – Рима показало полную зависимость от происходящих в почвах процессах поглощения и пополнения его из более труднодоступных соединений в течение вегетационного периода.

Динамика фосфора по методам Чирикова и Труога не находилась в прямой связи с почвенными условиями и с потреблением его растениями пшеницы.

Внесение фосфорных удобрений повышает содержание подвижного фосфора в почве. Это обнаруживается при всех методах анализа. Но метод Францесона более чувствителен в сравнении с методами Чирикова и Труога.

Шкалы обеспеченности фосфором для методов Чирикова и Труога не всегда совпадают с выносом его растениями яровой пшеницы в полевых опытах. Поэтому агрохимические картограммы не отражают потребность в фосфорных удобрениях черноземов Приобья Новосибирской области.

Основным в настоящее время нужно принять метод Францесона.

Запасы подвижного фосфора, определенного по этому методу, являются наиболее близкими к выносу его с урожаем яровой пшеницы.

Динамика подвижного фосфора позволила установить сроки взятия почвенных образцов при агрохимическом обследовании. Весна – лучший срок взятия проб при анализе по Францесону. При отборе образцов летом и осенью, с учетом существующей динамики фосфора, необходимо повысить обеспеченность P_2O_5 на один агрохимический класс.

При определении P_2O_5 по Чирикову и Труогу отбор можно вести в течение всего вегетационного периода. При этом найденные запасы рассматривать только как резерв подвижного фосфора.

Обеспеченность растений фосфором оказывает существенное влияние на характер азотного питания. Количество фосфора в почве, определяемое по Францесону, находится в обратной зависимости от содержания нитратного азота.

Необходимо отметить условность всех изучаемых методов. Они лишь в той или иной степени приближались к результатам полевых опытов.

Существующая оценка методов по 5-6 бальной (классной) системе указывает на довольно хорошую (от 3 до 6 классов) обеспеченность черноземов фосфором при определении по методам Чирикова и Труога и плохую – при определении по Францесону. К первым двум методам было отнесено 85-89% всех проанализированных образцов, к последнему (сумма 1 и 2 классов) – 81%.

Фосфор, определенный по Францесону, в количестве от 0 до 20 мг/кг P_2O_5 и охватывающий все классы обеспеченности по своей шкале, полностью включается в первый класс по шкалам методов Чирикова и Труога, где более сильными растворителями извлекается, в основном, труднодоступные и растениями почти не усваиваемые формы фосфора. Существует довольно тесная, прямая достоверная связь между фосфатным уровнем (фактор интенсивности) и методом Францесона с коэффициентом корреляции ($r = -0,778 \pm 0,01$).

Сопоставление выноса фосфора растениями с содержанием его в почве при извлечении разными методами показало, что растворитель Труога определяет запасы фосфора, способных обеспечить 41 хороший урожай яровой пшеницы, в методике Чирикова – 30 и метод Францесона – всего на 2 урожая.

Проведенный расчет свидетельствует о несоответствии шкал, разработанных для методов Чирикова и Труога, так как прямые полевые опыты показывают, что фосфор находится в первом минимуме питания, который должен ежегодно восполняться внесением фосфорных удобрений.

Метод Чирикова, применяемый при составлении агрохимических картограмм по фосфору, не может решить вопрос о нуждаемости почв во внесении удобрений и лишь ориентировочно определяет резерв «условно» подвижного фосфора, который при определенных условиях со временем превратится в запас усвояемой пищи для растений. В случае использования его необходимо сравнить существующие шкалы (классы) с показанием полевых опытов, которые закладываются на почвах с разной степенью обеспеченности фосфором. Основным методом обследования сибирских черноземов должен быть метод Францесона.

Классы шкалы этого метода, разработанные для сибирских условий по агрохимической оценке, отвечают довольно близко фактической потребности почв во внесении удобрений и дадут возможность, навести порядок во внесении удобрений к каждому очередному году.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Аверкина С.С.** Определение подвижных фосфатов в почвах Новосибирской области // Плодородие почв и питание растений. Сб. науч. тр. СО ВАСХНИЛ. - Новосибирск, 1986.
2. **Авдонин Н.С.** Свойства почвы и урожай. – М.: Колос, 1965.
3. **Агрохимические методы исследования почв.** – М.: Изд-во академии наук, 1960.
4. **Адерихин П.Г.** Влияние высушивания почвы на подвижность ее составных частей // Проблемы советского почвоведения. Сб. бюл. – Ленинград, 1938.
5. **Адерихин П.Г.** Поглощение PO_4 черноземными почвами из фосфатов с различными катионами. – Труды Воронежского ун-та, т.42, вып. 1. – 1955.
6. **Адерихин П.Г., Волкова Г.С.** Поглощение фосфатов отдельными механическими фракциями почв // Научные доклады Высшей школы. Биологические науки, № 4. – 1962.
7. **Адерихин П.Г., Волкова Г.С.** Поглощение фосфатов почвами при различной влажности // Научные доклады Высшей школы. Биологические науки, № 3. – 1967.
8. **Адерихин П.Г., Колтакова П.С.** Изменение производственной способности выщелоченного чернозема при длительном применении удобрений. – Воронеж, 1965.
9. **Адерихин П.Г., Тихова Е.П.** Агрохимическая характеристика центрально-черноземной полосы // В кн. «Агрохимическая характеристика почв СССР», т. 2. – М.: Изд-во АН СССР, 1963.

10. **Акентьева Л.И.** Динамика основных форм почвенных фосфатов и примеси гумификации в ризофосфоре озимой пшеницы // Тр. Луганского СХИ, т.8. – 1961.
11. **Акентьева Л.И.** Сравнительная оценка методов определения доступной фосфорной кислоты в карбонатных черноземах // Научные записки Луганского СХИ, т.8. – 1961.
12. **Алёшин С.Н., Игрицкая Е.Б.** Доступность растениям фосфатов в зависимости от поглотительных свойств почвы // Тр. ВИУА, т.4, вып. 16. – 1937.
13. **Алов А.С.** Факторы эффективности удобрений. Ч. 1. – Москва, 1966.
14. **Антипов-Каратаев И.Н.** Химия и физико-химия почв СССР // Почвоведение.– 1957. - № 1.
15. **Антипина Л.П.** Эффективность фосфорных удобрений в связи с содержанием подвижных фосфатов на черноземах лесостепной зоны Красноярского края: Автореф. канд. дисс. – Москва, 1966.
16. **Антипина Л.П.** Характеристика фосфатного режима почв Сибири с помощью агрохимических методов // Сибирский вестник сельскохозяйственных наук. – 1976. - № 4.
17. **Антонова О.И.** К вопросу о фосфорном режиме выщелоченных черноземов колючей степи и типичной лесостепи под влиянием удобрений // Сборник научно-исследовательских работ аспирантов и молодых ученых Алтайского СХИ, вып. 6. – Барнаул, 1968.
18. **Антонов С.М.** О растворимости фосфорно-кислых соединений некоторых почв // Тр. Сибирского ин-та с.-х. лесоводства, т. 10, вып. 1-6. – Омск, 1928.
19. **Антропов Г.Ф., Ерофеев С.Д.** Удобрения в Западной Сибири. – Новосибирск, 1932.

20. **Аскинази Д.Л., Ярусов С.С.** Фосфорно-кислые удобрения // Сб. НИУИФ, 1938.
21. **Аскинази Д.Л.** Фосфорный режим и известкование почв с кислой реакцией. – Москва-Ленинград, 1949.
22. **Аскинази Д.Л., Гинзбург К.Е.** Роль глинистых минералов почвы в поглощении фосфорной кислоты // Работы по агрохимии, т. 33: Тр. почвенного ин-та им. Докучаева. – 1950.
23. **Аскинази Д.Л., Гинзбург К.Е., Лебедева Л.С.** Минеральные формы фосфатов в почве и методы их определения // Почвоведение. - 1963. - № 5.
24. **Афанасьева А.Л.** Мобилизация питательных веществ в почве методом частичной стерилизации // Тр. ОмСХИ, т. 4. – Омск, 1939.
25. **Барсуков Л.Н., Соколов Н.С.** Вопросы удобрения и обработки почвы // ВИУА. – Москва, СХГИЗ, 1956.
26. **Белкин Н.И.** Изменяется ли фосфорный режим почвы за вегетационный период // Тр. ОмСХИ им. Кирова, т.1-6. – 1935.
27. **Березова Е.Ф.** Биологические процессы превращения минеральных форм фосфатов почвы // Доклад советских почвоведов к 7 Международному конгрессу в США. – М.: изд. АН СССР, 1960.
28. **Берхин Ю.И., Чагина Е.Г., Янцен Е.Д.** О природе фосфатов, определяемых по методу Чирикова // Сибирский вестник с.х. науки. – 1987. - № 5.
29. **Бобко Е.И., Маслова А.Л.** Доступность фосфорита растениями в зависимости от свойств почвы // Тр. НИУ, вып. 39. – 1926.
30. **Богданов Н.И.** Формы фосфатов в сибирских черноземах: Канд. дисс. – Омск, 1952.
31. **Богданов Н.И.** Валовый и органический фосфор в сибирских черноземах // Почвоведение. - 1954. - № 5.

32. **Богданов Н.И.** Неорганические фосфаты в сибирских черноземах // Почвоведение. - 1955. - № 12.
33. **Богданов Н.И.** Гумус и фосфор целинных и старопахотных черноземов // Тр. ОмСХИ, т.22, вып. 1. – Омск, 1957.
34. **Бойко В.С.** Научные основы повышения эффективности применения удобрений в Западной Сибири // Тезисы докладов на 2-ой областной научно-исследовательской конференции по химизации и интенсификации сельского хозяйства. – Новосибирск, 1968.
35. **Бондаренко С.Ф.** Легкоподвижные формы фосфора в приазовском черноземе // Почвоведение. – 1968. - № 3.
36. **Борисова Н.Н.** Применение изотопа P^{32} при агрохимических исследованиях // В сборнике изотопов при агрохимических и почвенных исследованиях. – 1955.
37. **Бугаков П.И., Дугаров В.И.** Изучение температуры, влажности и пищевого режима выщелоченного чернозема и дерново-подзолистых почв // Труды 1 Сибирской конференции почвоведов. – Красноярск, 1962.
38. **Бурангулова М.Н., Курчев П.А., Гизатулин С.Г.** К методике определения подвижного фосфора в черноземных почвах // Сборник докладов III межобластной конференции почвоведов и агрохимиков Среднего Поволжья и Южного Урала. – Куйбышев, 1964.
39. **Бурлакова Л.М.** Формы фосфора в серых лесных и черноземно-луговых почвах Томской области. – Изв. СО АН СССР. – 1960. - № 11.
40. **Бурлакова Л.М.** Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск: из-во «Наука», 1984.
41. **Буткевич В.В., Трепачов Е.П.** Влияние систематического удобрения выщелоченного чернозема фосфоритом и суперфосфатом на обеспеченность растений фосфором // Сб. «Влияние длительного

- применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборота», вып.1. – М., 1960.
42. **Васичева А.Б.** Сравнительное изучение методов определения подвижного фосфора в почвах Приморского края // Сборник с.х. информации научных учреждений Дальнего Востока, 1963.
 43. **Винокуров М.А.** Влияние с.х. деятельности человека на химико-морфологические черты черноземов лесостепной полосы Западной Сибири. – Омск, 1927.
 44. **Винокуров М.А., Горшенин К.П.** Почвы и почвенные районы Сибири. – Новосибирск, 1937.
 45. **Воробьева Л.А.** Об определении подвижных P_2O_5 и K_2O в некарбонатных почвах черноземной полосы // Методические указания, вып.4. – 1960.
 46. **Вольф В.Г.** Статистическая обработка опытных данных. – М.: Колос, 1966.
 47. **Возбуцкая А.Е.** Химия почвы. – М.: изд-во «Высшая школа», 1968.
 48. **Гамзиков Г.П., Поставская С.М.** Характеристика методов определения подвижного фосфора в черноземах Западной Сибири // Химия в сельском хозяйстве. – 1975. - № 2.
 49. **Гантимуров И.И., Холопов В.Д.** Применение удобрений под яровую пшеницу в Новосибирской области // Сб. «Яровая пшеница» - М.: Сельхозгиз, 1959.
 50. **Герасимов И.П., Завалишин А.А., Иванова Е.П.** Новая схема классификации почв СССР // Почвоведение. – 1939. - № 7.
 51. **Гинзбург К.Е.** К методике колориметрического определения фосфора в кислотных вытяжках из почвы // Почвоведение. – 1958. - № 2.
 52. **Гладкова К.Ф.** Фосфорное питание растений и обмен фосфорных соединений в растениях в зависимости от сроков и способов внесения

- фосфатов // Сб. «Применение изотопов при агрохимических и почвенных исследования» - М.: Изд. АН СССР, 1955.
53. **Глазунова Н.М.** Химические методы определения потребности дерново-подзолистых почв в фосфоре // Труды ВИУА, вып. 40. – 1962.
54. **Глазунова Н.М., Похлебкина Л.П., Кривицкая Е.Ф.** Сравнение методов определения подвижных фосфатов в почвах // Химия в сельском хозяйстве. – 1968. - № 12.
55. **Горшенин К.П.** Почвы южной части Сибири. – М.: изд. АН СССР, 1955.
56. **Горшков П.А.** Результаты опытов по изучению системы удобрений свекловичного севооборота на слабовыщелоченном черноземе // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборота. – 1960. – вып. 1, 2.
57. **Грабаров П.Г., Зубрилина М.Д.** Зависимость извлечения подвижного фосфора из почвы от времени настаивания, температуры и формы сосудов // Известия Ак.Каз.ССР: серия биология. – 1961. - № 1.
58. **Градобоев Н.Д., Прудникова В.М., Сметанин И.С.** Почвы Омской области. – Омск, 1960.
59. **Гуревич С.М.** Действие минеральных удобрений на модном черноземе: Автореф. докторской диссертации. – М., 1961.
60. **Гуревич С.М.** Действие минеральных удобрений на мощном черноземе. – М., 1962.
61. **Давыдов Г.А.** Эффективность минеральных удобрений на почвах Сибири и Дальнего Востока // Агрохимия. – 1966. - № 4.
62. **Дадькин В.П.** О влиянии температуры почвы на доступность растениям фосфорной кислоты удобрений // Доклады ВАСХНИЛ. – 1949. – вып. 4.
63. **Дмитренко П.А.** О формах фосфатов и их учете в основных типах почв Украинской ССР // Почвоведение. – 1946. - № 8.

64. **Дмитренко П.А.** Фосфатный режим почв Украинской ССР и приемы его улучшения: Автореферат докторской диссертации. – Москва, 1953.
65. **Дмитренко П.А., Штурмова В.С.** Влияние времени взаимодействия суперфосфата на доступность фосфора растению // Почвоведение. – 1954. - № 8.
66. **Доспехов Б.А.** Методика полевого опыта. – М.: Изд-во «Колос», 1968.
67. **Душечкин А.И.** Дальнейшие исследования о биологическом поглощении фосфорной кислоты почвой // Тр. сети опытов полей. – Петроград, 1914.
68. **Душечкин А.И.** Формы фосфора в почве и отзывчивость почв на фосфорные удобрения // Удобрение и урожай. – 1929. - № 4.
69. **Душечкин А.И., Лазурский А.В.** Влияние единовременного обогащения почвы фосфором на динамику фосфорной кислоты в почве и на урожай растений в севообороте. Местные минеральные удобрения Украинской ССР. – Изд. АН УССР, 1954.
70. **Евдокимова Т.И., Кузьменко И.Т.** Динамика азота, фосфора и калия в почвах поймы р.Москвы при их сельскохозяйственном использовании // Агрохимия. – 1965. - № 6.
71. **Егоров Е.А.** К выяснению причин неплодородия подпахотного слоя // Тр. Харьковской с.х. опытной станции. – Харьков, 1928.
72. **Егоров Е.А.** Фосфорная кислота навоза при различных условиях ее содержания. – Гос. изд. Украины, 1925.
73. **Ермолаева Е.А.** Экспериментальная ботаника. – Москва, 1933.
74. **Завалишин А.А.** Почвы Кузнецкой лесостепи // Материалы Барнаульской почвенной экспедиции 1931 года, ч.3. – Изд. АН СССР. - 1936.

75. **Зайкова Л.А., Маслова И.Я.** Групповой состав фосфатов серых лесных почв и черноземов выщелоченных Приобского плато. – Изв. СО АН СССР, вып.2. – 1965. - № 8.
76. **Захаров В.В., Черенцова Ф.В.** Применение удобрений под яровую пшеницу в лесостепной зоне Новосибирской области // Тр. Новосибирской с.х. опытной станции, вып. 3. – 1968.
77. **Зуев Л.П., Поручикова В.И.** Превращение соединений фосфора в созревающем зерне яровой пшеницы. – Доклады АН СССР, том 70. – 1950. - № 3.
78. **Зуева В.С.** Дозы и способы внесения фосфорных удобрений под яровую пшеницу // Годовой отчет Новосибирской с.-х. опытной станции за 1966-1967 гг.
79. **Иванова Е.И., Розов Н.Н.** Опыт систематики почв степной зоны СССР // Почвоведение. – 1958. - № 12.
80. **Иванов П.С., Димитров М.С.** Влияние температуры на извлечение фосфора, калия и азота несколькими агрохимическими методами // Растениеводческие наук, вып. 2. – 1965. - № 2.
81. **Карпачевский Л.О.** Водно-физиологические свойства некоторых почв Алтайского края. – Изд. АН СССР, 1959.
82. **Карпинский Н.П., Замятина В.Б.** Фосфатный почвы // Почвоведение. – 1958. - № 11.
83. **Карпинский Н.П.** Поглощение фосфорной кислоты черноземными почвами в связи с применением фосфорных удобрений: Докторская диссертация. – Воронеж, 1946.
84. **Кельчевская Л.С.** Агроклиматические особенности Новосибирской области // Сборник работ Новосибирской гидрометеорологической обсерватории, вып. 1. – М.: Гидрометиздат, 1966.

85. **Кирсанов А.Г.** Итоги определения потребности почв в минеральных удобрениях. Химические методы определения потребности почв в минеральных удобрениях. – М., 1935.
86. **Клечковский В.М., Каширкина Н.В.** Поглощение фосфорной кислоты каолинитом и изменение его доступности растениям // Доклады ТСХА. – 1948. – вып.7.
87. **Клечковский В.М., Жердецкая Г.Н.** К вопросу о роли обменного связывания фосфат-ионов в почвах // Доклады АН СССР, т.79. – 1951. - № 5.
88. **Ковалев Р.В.** Классификационная схема почв Новосибирской области // Почвы Новосибирской области. – Изд. «Наука», СО АН СССР, 1966.
89. **Ковалев Р.В., Трофимов С.С., Панин П.С.** Земельный фонд Новосибирской области // Почвы Новосибирской области. - Изд. «Наука», СО АН СССР, 1966.
90. **Кольцов А.Х.** Динамика подвижной фосфорной кислоты в почвах Тюменской области // Повышение урожайности с.х. культур в Северном Зауралье // Труды НИИСХ Северного Зауралья. – Тюмень. – 1974. – вып. 9.
91. **Кольцов А.Х.** Эффективность удобрений по почвенно-климатическим зонам в условиях Западной Сибири // Пути повышения уровня земледелия на Южном Урале и Зауралье. – Сб. науч. тр. СО ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1981.
92. **Костюхин Л.П., Крестьянинова Н.Г., Угаров Г.А., Марценюк Л.М.** Исследование доступности фосфатов серых лесных почв Иркутской области // Химия в сельском хозяйстве. – 1968. - № 4.
93. **Костычев П.А.** Почвоведение. – М., 1940.

94. **Котельников В.И.** Формы фосфора в основных пахотно-пригодных почвах Алтайского края // Труды научно-технической конференции «Природа и природные ресурсы Алтайского края». – Бийск, 1959.
95. **Котельников В.И.** Формы гумуса, азота и фосфора основных пахотно-пригодных почв равнинной части Алтайского края: Дис. канд. с.-х. наук. - Барнаул, 1964.
96. **Кочергин А.Е.** Изучение эффективности гранулированных удобрений на черноземах Сибири // Сб. «Вопросы земледелия Сибири». – Москва, 1956.
97. **Кочергин А.Е.** Эффективность органических и минеральных удобрений в Западной Сибири // Сельское хозяйство Западной Сибири. – 1958. - № 3.
98. **Кочергин А.Е., Палецкая Г.Я.** Методы определения потребности растений в фосфорных удобрениях // Сборник научных работ СибНИИСХОЗа., – 1961. - № 7.
99. **Кочергин А.Е.** Повышение доступности растениям почвенных фосфатов в черноземах Западной Сибири // Доклады сибирских почвоведов к 8-му международному почвенному конгрессу. – Новосибирск, 1964.
100. **Кочергин А.Е.** Условия питания зерновых культур азотом, фосфором и калием и применение удобрений на черноземах Западной Сибири: Докторская диссертация. – Омск, 1965.
101. **Кочергин А.Е.** Эффективность применения удобрений на черноземах Западной Сибири. Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Западной Сибири. – М.: Из-во АН СССР, 1968.
102. **Кочергин А.Е.** Вопросы химизации земледелия в Западной Сибири // Агрохимия. – 1966. - № 7.

103. **Крупский Н.К., Левенец П.П. и др.** Сравнение методов определения подвижных форм Р и К в почвах УССР и их усовершенствование // Химия в сельском хозяйстве. – 1968. - № 2.
104. **Крупкин П.И.** Уточнение градации обеспеченности почв Восточной Сибири фосфором // Химия в сельском хозяйстве. – 1971. - № 7.
105. **Крупкин П.И., Антипина Л.П.** Связь между содержанием подвижного фосфора и эффективностью фосфорных удобрений в полевых опытах на черноземах Каннской лесостепи // Сборник «Плодородие почв и удобрения в Красноярском крае». – Красноярск, 1966.
106. **Крупкин П.И., Чурикова Л.И.** Основные принципы прогнозирования эффективности азотных удобрений в условиях Восточной Сибири // Материалы Всесоюзного Совещания агрохимслужбы по итогам работы 1969 года, часть 3. – Рига, 1970.
107. **Кудеярова А.В.** К вопросу о подвижности фосфатов в почвах // Агрохимия. – 1967. - № 5.
108. **Кудрин С.А.** Кругооборот фосфора в почве и превращения в ней фосфатов удобрения // Агробиология. – 1952. - № 5.
109. **Кудзин Ю.К.** Сравнительное изучение методов определения растворимых фосфатов в черноземе // Методические указания ВИУА, вып. 4. – Москва, 1960.
110. **Кудзин Ю.К.** Влияние соотношения питательных веществ в удобрениях на урожай зерновых культур при длительном применении удобрений в севообороте // Сборник «О питании растений». – М., 1955.
111. **Кузнецова Л.З.** Влияние удобрений на урожай пшеницы в зависимости от условий питания // Тр. Кемеровской государственной с.х. опытной станции, вып. 3. – Кемерово, 1969.

112. **Курчатов П.А.** Материалы к познанию минеральных фосфатов // Удобрение и урожай. – 1931. - № 11, 12.
113. **Кушниренко Ю.Д., Федорова А.К.** Оценка методов определения подвижных фосфатов в выщелоченных черноземах Южного Урала // Методические рекомендации. – Новосибирск, 1980.
114. **Ладонина Т.П.** Влияние минеральных удобрений на рост корней // Агрохимия. – 1966. - № 9.
115. **Ламбин А.З.** Действие и последствие удобрения на урожай яровой пшеницы // Тр. Омского СХИ, т. 22, вып. 1. - 1957.
116. **Лапшина А.Н.** Влияние внекорневого питания фосфором на содержание в растении азотистых веществ, сахаров и фосфорной кислоты // Доклады АН СССР. – 1954. - № 5.
117. **Лебединцев А.Н.** Высыхание почвы как природный фактор образования ее плодородия // Избранные труды. – 1960.
118. **Лесюкова А.А.** Влияние температуры на переход фосфорной кислоты почвы в слабокислотные и водные вытяжки. – Ульяновск, 1930.
119. **Либих Ю.** Химия в приложении к земледелию и физиологии. – М.-Л., 1936.
120. **Любарская Л.С., Бабарина Э.А.** Влияние длительного применения легко- и труднорастворимых фосфорных удобрений на накопление и превращение фосфора в почвах разного типа // Методические указания. – Москва, 1962. - № 7.
121. **Ляхов А.Н., Зенин А.А., Кривицкая Е.Ф.** Подвижность почвенных фосфатов и эффективность фосфорных удобрений на черноземных почвах // Агрохимия. – 1968. - № 4.
122. **Маленина А.А.** Фиксация фосфатов различными почвами // Доклады АН СССР, т. 118. – 1958. - № 5.

123. **Маттсон С.** Почвенные коллоиды. – М.: Сельхозгиз, 1938.
124. **Минеев В.Г., Сычев В.Г., Емельянчик О.А. и другие.** Практикум по агрохимии. – Из-во Московского ун-та. – Москва, 2001.
125. **Муромцев Г.С.** О роли продуктов жизнедеятельности микроорганизмов в мобилизации P_2O_5 фосфоритов // Агробиология. – 1957. - № 1.
126. **Муромцев Г.С.** Мобилизация труднорастворимых фосфатов в процессе разложения органического вещества микроорганизмами // Тр. ВИУА, вып. 40. – 1962. - № 4.
127. **Никифорова Л.И.** Характеристика фосфатного режима почв с помощью агрохимических методов исследования // Агрохимия. – 1974. - № 6. – с. 138-152.
128. **Орловский Н.В.** К проблеме травосеяния в сухих районах. Сообщение № 1, 2, 3. // Химизация социалистического земледелия. – 1935. - № 5, 7, 8.
129. **Орловский Н.В.** Засоленные почвы в Западной Сибири. Основные приемы их улучшения. – Новосибирск, 1941.
130. **Островляничик М.Ф.** Действие и последствие удобрений на выщелоченных черноземах на яровую пшеницу // Труды Алтайского с.х. института, вып. 6. – Агрохимия и экономика, 1965.
131. **Паницкая М.П.** Динамика нитратов и фосфора в почве в связи с применением удобрений // Бюллетень научно-технической информации, Иркутская областная с.х. опытная станция, вып. 3. – 1966.
132. **Петербургский А.В.** Обменные ионы в почве и их доступность растениям // Изв. ТСХА. – 1959. - № 6.
133. **Петербургский А.В.** Свойства почвы и отношение растений к реакции среды // Изв. ТСХА. – 1935. – т. 16.

134. **Пикалов М.А., Остравляничик М.Ф.** Правильное сочетание питательных веществ в удобрении – основа получения высоких прибавок урожая пшеницы с хорошим качеством зерна // Тр. конференции почвоведов Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 1964.
135. **Прянишников Д.Н.** Агрохимия. – 1940.
136. **Прянишников Д.Н.** Избранные сочинения, т.1. – М., 1952.
137. **Прянишников Д.Н.** Избранные сочинения, т. 3. - М., 1963.
138. **Радов А.С.** К вопросу о разработке системы удобрений в севооборотах Западной Сибири // Тр. НСХИ, т. 1. – 1943.
139. **Ратнер Е.И.** Минеральное питание растений и поглотительная способность почв. – М.: Изд. АН СССР, 1950.
140. **Ратнер Е.И.** Питание растений и применение удобрений.- М.: Изд-во «Наука», 1965.
141. **Рудой Н.Г.** Влияние осадков и уровня окультуренности почв на урожай зерновых культур в Красноярском крае // Труды Красноярского СХИ, т.14. – Красноярск, 1962.
142. **Рудой Н.Г.** Изменение плодородия черноземов Ачинской лесостепи при окультуривании. – Красноярск, 1967.
143. **Сабинин Д.А.** Физиологические основы минерального питания растений. – М.: Из-во АН СССР, 1955.
144. **Самохвалов Г.И.** Минеральное питание как фактор индивидуального развития растений. – Харьков, 1955.
145. **Сдобникова О.В.** Эффективность фосфорных удобрений под яровую пшеницу // Труды научно-исследовательского института зернового хозяйства, т. 1. – Алма-Ата, 1961.

146. **Сердобольский И.П.** О растворимости некоторых фосфатов почвы и о реакциях анионного обмена // Сб. «Применение изотопов при агрохимических и почвенных исследованиях. – Изд. АН СССР, 1955.
147. **Симакин А.И.** Агрохимическая характеристика черноземов Краснодарского края и приемы использования удобрений. Автореферат докторской диссертации. – Краснодар, 1966.
148. **Синягин И.И.** Превращение фосфорных и калийных удобрений в почве и повышение их усвояемости // БИНТИ по с.х. – М., 1968.
149. **Смирнов П.М.** Усвоение растениями фосфора в зависимости от влажности почвы // Известия ТСХА. – 1958. - № 4.
150. **Соколов А.В.** Фосфорное питание растений. Влияние удобрений на накопление в растениях фосфоросодержащих соединений // Химизация социалистического земледелия. – 1939. - № 9.
151. **Соколов А.В.** Агрохимия фосфора. – Москва, 1950.
152. **Соколов А.В.** Использование фосфора в вегетационных опытах для определения усвояемых фосфатов в почве // Сб. «Применение изотопов при агрохимических и почвенных исследованиях». – Изд. АН СССР, 1955.
153. **Соколов А.В.** Запасы в почвах усвояемых фосфатов и их накопление при внесении фосфорных удобрений // Почвоведение. – 1958. - № 2.
154. **Соколов А.В.** Вегетационный метод. // Агрохимические исследования почв. – М.: Изд. АН СССР, 1960.
155. **Соколов А.В., Корицкая Т.Д., Маленина А.А.** Запасы усвояемых и растворимых фосфатов в почвах зоны свеклосеяния и методы определения обеспеченности почв фосфором // Почвоведение. – 1961. - № 1.

156. **Соколов А.В., Сидорина Л.В.** О реакциях обмена фосфат ионов в почвах // *Агрохимия*. – 1964. - № 4.
157. **Степанец Н.Т.** Динамика подвижных форм азота, фосфора и калия в темно-каштановых почвах под лесными насаждениями // *Почвоведение*. – 1965. - № 8.
158. **Степанов М.И., Ефимова Г.И.** Оценка плодородия пахотных почв Новосибирской области // *Сибирский вестник сельскохозяйственных наук*. – 2011. - № 5-6.
159. **Суегов В.П.** Запасы подвижных фосфатов в некоторых почвах Красноярского края // *Почвоведение*. – 1968. - № 11.
160. **Сычев В.Г., Музыкантов П.Д., Попова Р.Н., Панкова Н.К.** Методы оценки показателей фосфатного состояния почв России и пути их совершенствования // *Совершенствование методологии исследований фосфатного режима почв, оптимизация фосфорного питания растений и баланс фосфора в агросистемах*. – М., 1999.
161. **Таранов К.Н.** К вопросу о ретроградации фосфорной кислоты // *Труды Харьковской областной опытной станции*. – Изд. ВАСХНИЛ, 1923.
162. **Титова Э.В.** Агрохимические основы применения удобрений на зональных почвах Томской области. – Томск, 2007. – с. 73-80.
163. **Токарская-Меренова В.И.** О непосредственном усвоении высшими растениями органических соединений фосфора // *Почвоведение*. – 1956. - № 12.
164. **Трофимов С.С., Бомбер З.А.** Агрохимическая характеристика почв Кемеровской области // *Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Западной Сибири*. – М.: Изд. «Наука», 1968.

165. **Труог Э.** Влияние известкования на доступность естественных и внесенных фосфатов // Применение минеральных удобрений в зарубежных странах. – М.: Сельхозгиз, 1958.
166. **Туева О.Ф.** Фосфор в питании растений. – М.: «Наука», 1966.
167. **Турчин Ф.В.** Роль К и Р в использовании растениями нитратного и аммиачного азота // Доклады майской сессии АН СССР. Сб. «Почвоведение и агрохимия». – 1935.
168. **Турчин Ф.В.** О природе действия удобрений. – М.: Сельхозгиз, 1936.
169. **Тюлин А.Ф.** Сравнительная коллоидно-химическая характеристика черноземов Западной Сибири и Европейской части Советского Союза // Почвоведение. – 1944. - № 7, 8.
170. **Тюлин А.Ф., Маломахова Т.А.** О коллоидно-химическом поглощении фосфорной кислоты почвами и глинистыми минералами // Почвоведение. – 1952. - № 6.
171. **Тюменцев Н.Ф.** Роль удобрений в полеводстве нечерноземной полосы в Западной Сибири. – Томск, 1963.
172. **Тюменцев Н.Ф.** Эффективность удобрений в нечерноземной полосе Западной Сибири // Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Западной Сибири. – М.: Изд. «Наука», 1968.
173. **Удовенко Г.В., Безлюдный Н.П.** Влияние азотного питания на рост, фосфорный и белковый обмен растений // Агрохимия. – 1966. - № 8.
174. **Фокин А.Д.** Исследования в области кинетики, статики и динамики сорбции фосфатов в почвах с применением фосфора-32: Автореферат кандидатской диссертации хим. наук. – М., 1964.
175. **Францесон В.А., Кривицкая Е.Ф.** Определение легкоподвижных фосфатов в некарбонатных черноземных почвах // Методические указания, вып. 3. – М., 1960.

176. **Францесон В.А.** Черноземы СССР // Избранные труды. – М., 1963.
177. **Хейфец Д.М.** Методика определения содержания органических и минеральных соединений фосфора в некоторых почвах Советского Союза // Почвоведение. – 1948. - № 2.
178. **Хейфец Д.М.** Исследование передвижения и накопления фосфора в почве ризосферы // Почвоведение.— 1950. - № 7.
179. **Хейфец Д.М.** Распределение фосфора и калия в почве ризосферы и вне ее // Труды Почвенного института им. Докучаева, т. 25. – М., 1960.
180. **Хейфец Д.М.** Сравнение методов определения растворимых фосфатов в карбонатных почвах // Агрохимия. – 1964. - № 5.
181. **Хейфец Д.М.** Сравнение методов определения легкорастворимых фосфатов в почвах различных зон Советского Союза // Агрохимия. – 1964. - № 4.
182. **Хейфец Д.М.** Методы определения фосфора в почве // Агрохимические методы исследования почв. – М.: изд-во «Наука», 1960.
183. **Холопов В.Д.** Применение удобрений в Новосибирской области // Материалы выездной сессии ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1958.
184. **Холопов В.Д., Кузнецов Н.Я.** Почвы, удобрения, урожай. – Новосибирск: Зап.Сиб. книжное изд-во, 1964.
185. **Холопов В.Д.** Влияние минеральных удобрений на урожай яровой пшеницы в Западно-Сибирской низменности // Сборник трудов НСХИ, раздел «Агрономия». – Новосибирск, 1966.
186. **Чириков Ф.В.** К методике учета форм фосфатов в почвах // Химизация социалистического земледелия. – 1939. - № 10, 11.
187. **Чириков Ф.В.** Агрохимия фосфора и калия. – М., 1956.

188. **Чумаченко И.Н.** Влияние длительного применения фосфорных удобрений на урожай хлопка сырца // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов, вып. 1. – М., 1960.
189. **Чумаченко И.Н., Янишевский Ф.В.** Совершенствование методологии исследований фосфатного режима почв, оптимизация фосфорного питания растений и баланса фосфора в агросистемах // Агрохимия. – 1999. - № 1.
190. **Чумаченко И.Н.** Аспекты исследований фосфатного режима почв и оптимизация эффективности фосфорных удобрений // Совершенствование методологии исследований фосфатного режима почв, оптимизация фосфорного питания растений и баланс фосфора в агроэкосистемах. Материалы симпозиума, Немчиновка 1998. – М., 1999.
191. **Чумаченко И.Н.** Фосфор в жизни растений и плодородии почв. – М., 2003.
192. **Чумаченко И.Н., Тимченко А.И.** Фосфор и продовольственная безопасность России // Агрохимический вестник. – 2000. - № 1.
193. **Шаповалов В.П.** Агрохимические особенности черноземов Северной Кулунды // Почвы Кулундинской степи. – Новосибирск, 1967.
194. **Шамрай Л.А.** Изучение фосфатного режима черноземов Омской области с помощью радиоактивного P^{32} : Автореферат дис...канд.с.-х. наук. – Омск, 1970.
195. **Шапошникова И.М.** Уточнение методов определения подвижного фосфора в почве // Методические указания, вып. 6. – 1961.
196. **Шконде Э.И.** Влияние растений и удобрений на характер распределения фосфатов по профилю почвы // Тр. ВИУА «Питание растений и применение удобрений», вып. 34, № 2. – Сельхозгиз, 1960.
197. **Штатнов В.И., Одинцова С.В.** Доступность растениям фосфорной кислоты в форме адсорбционно-связанной // Химизация социалистического земледелия. – 1935. - № 5.

198. **Шмук А.А.** Динамика режима питательных веществ в почве. Т. 1.– М.: Пищепромиздат, 1950.
199. **Шулов А.С., Пирог Е.П.** Сравнительное изучение методов определения подвижной P_2O_5 в серых лесных почвах // Методические указания, вып. 9. – М., 1963.
200. **Яневская Л.П., Сапежанская К.С.** Сравнительное исследование методов определения подвижного фосфора в почве // Методические указания, вып. 4. – 1960.
201. **Albert S.** Effects of silicate on uptake of Phosphorus from soils by four crops // Soil Science. – December, 1965. - V. 100, № 6.
202. **Engelstad O.P., Moreno E.C.** Effect of P concentration and distribution of P uptake and root Growth of corn // Soil Science. – April, 1965. – V. 99, № 4.
203. **PA HO HSU** Fixation of Phosphate by Aluminum and Iron in acidic soils // Soil Science. – June, 1965. – V. 99, № 6.
204. **Peterson G.W., Corey R.B.** A modified Chang and Jackson procedure for routine fractionation of inorganic soil phosphates // Soil Science Soc. America Proc. – 1966. – № 5.
205. **Struthers K., Sieling D.H.** Effect of organic anions on phosphate precipitation by ion and aluminum as influenced by Ph // Soil Science. – 1951. – V. 69, № 3.
206. **Weaver J.E.** Root development of field crops // New York and London, 1926.
207. **Wood G.H.** New trends in the study of plant available phosphate //Proc. 39th Annual Congr. S. Afric. Sugar Technologists Assoc. Mount. Ende combe. - 1965



MoreBooks!
publishing



yes i want morebooks!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн – в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов! окружающей среде благодаря технологии Печати-на-Заказ.

Покупайте Ваши книги на
www.more-books.ru

Buy your books fast and straightforward online - at one of world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.get-morebooks.com



VDM Verlagsservicegesellschaft mbH

Heinrich-Böcking-Str. 6-8
D - 66121 Saarbrücken

Telefon: +49 681 3720 174
Telefax: +49 681 3720 1749

info@vdm-vsg.de
www.vdm-vsg.de

