

Прянишников Дмитрий Николаевич

**Доступна ли культурным
растениям фосфорная
кислота фосфоритов?**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
Д53

Д53 **Дмитрий Николаевич П.**
Доступна ли культурным растениям фосфорная кислота фосфоритов? / Пря-
нишников Дмитрий Николаевич – М.: Книга по Требованию, 2025. – 36 с.

ISBN 978-5-519-79760-3

ISBN 978-5-519-79760-3

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2025

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2025

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

Доступна ли культурнымъ растеніямъ фосфорная кислота фосфоритовъ?

Д. Н. Прянишниковъ.

(Съ 4-мя таблицами).

[D. N. Prianschnikow. Ist die Phosphorsäure der Mineralphosphate den Kulturpflanzen zugänglich? Mit 4 Taf.]

Несмотря на то, что залежи фосфоритовъ были изслѣдованы и описаны А. Н. Энгельгардтомъ и его сотрудниками еще въ концѣ 60-хъ годовъ, несмотря на то, что опыты съ фосфоритнымъ удобрениемъ производятся уже не первое десятилѣтіе—вопросъ объ относительномъ достоинствѣ фосфоритовъ какъ удобрения является однимъ изъ самыхъ спорныхъ вопросовъ нашей сельскохозяйственной литературы: одни видятъ въ фосфоритахъ могущественное средство для поднятія нашихъ урожаевъ, а другіе же находятъ возможнымъ поставить вопросъ, заслуживаютъ ли фосфориты даже названія фосфорнокислыхъ удобрений.

Эти рѣзкія различія въ мнѣніяхъ проистекаютъ, конечно, отъ того разнообразія результатовъ, какіе были получены при полевыхъ опытахъ съ фосфоритами, и которое въ значительной степени является неизбежнымъ въ этихъ условіяхъ; запутанность этого вопроса является хорошей иллюстраціей тѣхъ затрудненій, какія встрѣчаются при попыткахъ разрѣшить сложные вопросы путемъ только полевыхъ опытовъ, безъ тѣхъ цѣнныхъ предварительныхъ указаній, которыя можетъ дать точный опытъ въ искусственной обстановкѣ, позволяющей изучать порознь факторы, опредѣляющіе дѣйствіе удобрения и подготовляющіе почву для правильной постановки полевыхъ опытовъ.

Какіе же изъ этихъ факторовъ должны остановить наше вниманіе?

Если предположимъ, что общіе факторы развитія растений (свѣтъ, тепло, влага, питательныя вещества, за исключеніемъ того, которое мы вносимъ въ данное удобрение) находятся налицо въ должномъ количествѣ, или выражаясь иначе, если то вещество, которое мы вносимъ съ дан-

нымъ удобреніемъ, есть факторъ, находящійся въ minimum'ѣ, то размѣръ дѣйствія этого удобренія будетъ зависѣть отъ 1) *свойства самого удобренія* 2) отъ *свойства почвы* и 3) отъ *свойства растенія*.

Вѣроятно, противъ этого положенія никто не станетъ спорить; оно кажется даже общимъ мѣстомъ; и тѣмъ не менѣе приходится на немъ настаивать, такъ какъ при постановкѣ опытовъ на него обыкновенно не обращаютъ достаточнаго вниманія.

Исслѣдованія западно-европейскихъ станцій (Halle, Darmstadt и др.) главнымъ образомъ обращены были на свойства самихъ удобреній, на опредѣленіе растворимости этихъ удобреній въ различныхъ реактивахъ, на сопоставленіе показаній этихъ реактивовъ съ показаніями культурныхъ опытовъ, но сравнительно меньше обращалось вниманія на роль почвы и совершенно почти не придавали значенія тому обстоятельству, съ какимъ растеніемъ сдѣланъ былъ тотъ или иной опытъ.

Конечно, можно утверждать à priori, что роль растеній по отношенію къ разнымъ удобреніямъ не можетъ быть одинаково активной; такъ, наприм., азотистыя удобренія (гуано, кровяная мука и др.) подвергаясь воздѣйствію со стороны низшихъ организмовъ, являются источниками амміака и нитратовъ въ почвѣ; трудно представить, чтобы само культурное растеніе могло замѣтно вліять на этотъ процессъ ¹⁾; скорѣе нужно думать, что оно можетъ лишь пассивно выжидать, пока подъ вліяніемъ указанныхъ процессовъ въ почвѣ накопится достаточно усвояемой азотистой пищи. Напротивъ, въ случаѣ удобреній калийныхъ и фосфорнокислыхъ можно ожидать прямого воздѣйствія со стороны кислыхъ выдѣленій корней на малорастворимыя соединенія.

Къ сожалѣнію, имѣется весьма мало данныхъ для сужденія о характерѣ этихъ «кислыхъ выдѣленій» вообще, а тѣмъ болѣе для рѣшенія вопроса, какія различія въ этомъ отношеніи (количественныя и качественныя) существуютъ между различными растеніями.

Опыты Сакса, констатировавшіе «коррозійныя» явленія (т.-е. явленіе разѣданія корнями растеній твердаго субстрата, наприм., мрамора), конечно, достаточно извѣстны; но они ограничиваются констатированьемъ даннаго факта, не даютъ никакихъ дальнѣйшихъ указаній.

Нѣкоторые (хотя далеко не безупречныя, какъ увидимъ ниже), данныя по интересующему насъ вопросу, находимъ въ опытахъ Дитриха ²⁾, который бралъ грубо-размельченный базальтъ, песчаникъ и съ одной стороны наблюдалъ, сколько вещества переходитъ въ состояніе, растворимое въ слабыхъ кислотахъ подъ вліяніемъ вывѣтриванья, а съ дру-

¹⁾ Впрочемъ, ср. Breal, Annales agr. 1897.

²⁾ Цитировано у Ад. Майера, Agriculturchemie, II Bd.

гой—насколько этот процесс усиливается наличием тех или других растений. Опыт показал, что участие растений в процессе переведения составных частей горных пород в легко-растворимое состояние выражалось следующими цифрами ¹⁾:

	Песчаникъ.	Базальтъ.
Люпинъ (3 растенія)	0,608	0,749
Горохъ (3 „)	0,481	0,713
Шпегель (20 „)	0,268	0,365
Гречиха (10 „)	0,232	0,327
Вика (4 „)	0,221	0,251
Пшеница (8 „)	0,027	0,196
Рожь (8 „)	0,014	0,132

Опыт показывает, повидимому, что бобовые значительно энергичнѣе воздѣйствовали на субстратъ, чѣмъ всѣ остальные растенія. Но нельзя признать этотъ опытъ несовершеннымъ вотъ на какомъ основаніи: въ то время еще не была извѣстна особенность бобовыхъ, позволяющая имъ использовать свободный азотъ атмосферы и весьма вѣроятно, что горохъ и люпины въ опытѣ Дитриха имѣли клубеньки на корняхъ; а разъ это имѣло мѣсто, то понятно, что бобовые должны были развиваться лучше злаковыхъ, лишенныхъ азотистой пищи, а лучшее развитіе бобовыхъ позволило имъ на болѣе поверхности соприкасаться съ почвой и потому извлечь болѣе злаковыхъ веществъ. Для уравненія шансовъ слѣдовало въ такомъ опытѣ ввести азотъ въ связанной формѣ (наприм., NH_4NO_3) и тогда наблюдать усвоеніе зольныхъ веществъ изъ малодоступнаго матерьяла различными растеніями.

Dyer ²⁾ инымъ способомъ пытался дать характеристику усвояющей способности корней различныхъ растеній, именно онъ опредѣлялъ кислотность ихъ содержимаго путемъ титрованія. Для этого корни, отмытые отъ земли, разрѣзались на части и кипятились съ дистиллированной водой; послѣ отдѣленія вытяжки корни растирались въ ступкѣ и извлечение повторялось еще разъ; экстрактъ сгущался кипяченіемъ, такъ что свободная угольная кислота удалялась; затѣмъ вытяжки титровались (индикаторомъ служилъ фенолфталеинъ) и, такъ какъ содержаніе воды въ корняхъ опредѣлялось одновременно въ особой порціи, то можно было опредѣлить, сколько щелочи требуетъ для нейтрализаціи «сокъ» корней того или другого растенія. Качественнаго изслѣдованія при этомъ не дѣлалось, а степень кислотности выражалась количествомъ лимонной кислоты, потребнымъ для нейтрализаціи найденнаго количества щелочи;

¹⁾ Зольныя составныя части растеній въ этомъ случаѣ были приняты во вниманіе.

²⁾ Biedermanns Centralblatt. 1894, 799.

выборъ именно этой кислоты является, конечно, произвольнымъ ¹⁾, но для сравнительнаго изученія такой приѣмъ, какъ временный, все же можно допустить; дальнѣйшее изслѣдованіе, конечно, можетъ обнаружить, что различныя растенія выдѣляютъ не тѣ же самыя кислоты, такъ что одного общаго опредѣленія кислотности окажется недостаточно.

Возьмемъ изъ таблицъ, приведенныхъ Дуге'омъ показанія для злаковыхъ и бобовыхъ, причемъ воспользуемся данными только для растеній полевой культуры (растенія, выращенныя въ горшкахъ въ огородной почвѣ обладали чаще всего меньшей кислотностью сока).

Gramineae.		Leguminosae.	
Овесь	0,65	Клеверъ инкарлатный	1,28
Ячмень	0,38	Клеверъ бѣлый (герепс.)	1,43
Пшеница	0,51—0,58	Клеверъ красный	1,55
Лисохвост	0,54	Бобы (<i>Vicia Faba</i>).	1,11
Тимофеевка	0,80—0,88		
Ежа сборн.	0,81		

Такимъ образомъ въ общемъ бобовыя оказались обладающими болѣе кислымъ содержимымъ корней, нежели злаковыя. Изъ другихъ семействъ къ бобовымъ приближаются (а отчасти ихъ превосходятъ): лютиковыя, крестоцвѣтныя, гвоздичныя, бурачниковыя; наоборотъ, зонтичныя, сложноцвѣтныя, маревыя приближаются къ злаковымъ.

Эти данныя представляютъ, конечно, значительный интересъ, подтверждая мнѣніе о болѣе способности бобовыхъ использовать малорастворимыя соединенія, но все-таки нужно не забывать, что качество выдѣленій можетъ имѣть большее значеніе, чѣмъ ихъ количество и что результаты Дуге'а относятся собственно не къ выдѣленіямъ корней, а ко всей ихъ массѣ.

Попытка опредѣлить свойства именно корневыхъ выдѣленій сдѣлана была въ послѣднее время Чапекомъ ²⁾. Часть его опытовъ была поставлена съ цѣлью получить матерьялъ для микрохимическаго изслѣдованія корневыхъ выдѣленій. При этомъ сѣмена проращивались такъ, чтобы корешки или погружались въ небольшой объемъ воды или прикасались къ влажной пропускной бумагѣ; затѣмъ субстратъ изслѣдовался на содержаніе тѣхъ или иныхъ кислотъ (обыкновенно послѣ предварительнаго сгущенія вытяжки или самой культурной жидкости, но когда, благодаря выпариванью, могло измѣняться количество искомаго вещества, то выпариванье не примѣнялось). Удалось показать слѣдующія вещества: кали (обычно), известь (рѣдко), магнезію, хлоръ (въ малыхъ коли-

¹⁾ Авторъ, повидимому, основывался на употребленіи лимонной кислоты, какъ реактива, якобы отвѣчающаго по растворяющей способности корневымъ выдѣленіямъ.

²⁾ Jahrb. f. wiss. Botanik, 1896.

чествахъ), фосфорная кислота (обычно, въ замѣтныхъ количествахъ). Чапекъ изъ своихъ наблюденій заключаетъ, что преобладающей солью въ выдѣленіяхъ является кислое фосфорнокислое кали (KH_2PO_4). Нельзя не замѣтить по поводу этихъ опытовъ, что врядъ ли результаты ихъ могутъ быть обобщены: Чапекъ бралъ объекты богатые фосфорнокислымъ кали (сѣмена) и помѣщалъ молодые корешки въ дистиллированную воду; въ объектахъ этихъ преобладали процессы распаденія надъ процессами синтетическими, фосфаты, вѣроятно, не находили потребленія (можетъ быть даже они и вновь образуются при этомъ изъ органическихъ соединений; по крайней мѣрѣ для S такой переходъ показавъ Шульце); понятно, что въ такихъ условіяхъ часть фосфорнокислаго кали должна была путемъ осмотическимъ выдѣляться наружу; въ обычныхъ же условіяхъ растеніе, наоборотъ, беретъ фосфорнокислое кали изъ окружающаго корни раствора (или также изъ соединеній P_2O_5 и K_2O и малорастворимыхъ) и, потребляя въ процессѣ синтеза минеральныя вещества внутри клѣтокъ, создаетъ условія постоянного притока P_2O_5 и K_2O изъ среды, окружающей корни, внутрь ихъ.

Далѣе, Чапекъ констатировалъ присутствіе муравьиной кислоты, но не въ свободномъ видѣ, а въ видѣ калийной соли. Щавелевая кислота констатирована лишь однажды (у гіацинта), повидимому въ видѣ кислой калийной соли. Даже у *Rumex* и *Oxalis* Чапекъ не нашелъ щавелевой кислоты въ корневыхъ выдѣленіяхъ; но опять является вопросъ, тождественны ли выдѣленія эти у проростающихъ сѣмянъ и у взрослого (ассимилирующаго) растенія?

Заставляя корни расти въ соприкосновеніи съ лакмусовой бумагой, Чапекъ замѣтилъ, что у различныхъ растеній кислотность проявляется въ различной мѣрѣ; такъ, относительно люпина отмѣчается: сильно кислая реакція; относительно льна—слабо-кислая или нейтральная; но, въ сожалѣнію, эти характеристики даны лишь мимоходомъ и въ небольшомъ числѣ.

Третій приемъ, примѣненный Чапекомъ, былъ видоизмѣненіемъ первоначальнаго опыта Сакса, именно, то вещество, воздѣйствіе корней и которое предполагалось изучить, смѣшивалось съ равнымъ количествомъ гипса и изъ этой смѣси, формовались пластинки съ совершенно гладкой поверхностью. Изъ того факта, что въ его опытахъ пластинки изъ $\text{Al}_2(\text{PO}_4)_3$ не давали коррозионныхъ явленій, Чапекъ заключаетъ, что корни не выдѣляютъ кислотъ: лимонной, молочной, винной, янтарной, яблочной, щавелевой, муравьиной и минеральныхъ кислотъ, растворяющихъ трехъалюминіевый фосфатъ; развѣданіе же пластинки съ трехъкальціевымъ фосфатомъ и углекислымъ кальціемъ вполне объясняется, по Чапеку, выдѣленіемъ корнями углекислоты.

Но если это и такъ, если растенія не выдѣляютъ другихъ кислотъ, кромѣ угольной (по Чапеку), то все же возможны различія въ количественномъ отношеніи, обусловливающія различное воздѣйствіе разныхъ растений на субстратъ; но въ этой части работы Чапека на эту сторону вопроса не было обращено вниманія ¹⁾. Такимъ образомъ въ литературѣ мы находимъ лишь весьма скудныя указанія на различія, существующія между растеніями по свойствамъ корневыхъ выдѣленій съ качественной или количественной стороны; но все же эти указанія позволяютъ предполагать, что такія различія существуютъ, наприм., бобовыя (или, по крайней мѣрѣ, нѣкоторыя изъ нихъ) повидимому, обладаютъ большей растворяющей способностью корневыхъ выдѣленій, нежели злаки, а слѣдовательно, при опытахъ съ удобрениями полезно выяснитъ, не могутъ ли эти особенности самаго растенія вліять замѣтнымъ образомъ на характеръ удобрения.

• Переходя въ частности къ вопросу о фосфоритахъ, можемъ поставить изслѣдованію такія задачи, на основаніи вышеизложенныхъ соображеній: 1) усваивается ли сколько-нибудь фосфорная кислота фосфоритовъ хлѣбными злаками, т.-е. растеніями наиболее важными въ нашей полевой культурѣ, но въ тоже время, повидимому, мало энергичными въ отношеніи воздѣйствія выдѣленіями корней на субстратъ, 2) не превосходятъ ли бобовыя и другія растенія замѣтно въ этомъ отношеніи злаковыхъ? 3) Насколько разныя почвы способны измѣнять свойства фосфорита и способствовать превращенію фосфорной кислоты въ болѣе усвояемую форму? 4) Насколько фосфориты разнаго происхожденія отличаются по доступности фосфорной кислоты для корней культурныхъ растений или по способности подвергать растворяющему дѣйствію почвы?

Когда мнѣ, три года тому назадъ, пришлось организовать занятія студентовъ по ознакомленію съ методомъ культуръ въ искусственной обстановкѣ, то естественнымъ образомъ фосфоритный вопросъ остановилъ на себѣ вниманіе, и значительная часть темъ была посвящена ему; результаты этихъ культуръ за первые два года уже были мною описаны въ моихъ отчетахъ о студенческихъ работахъ; здѣсь я хочу выдѣлить

¹⁾ Вообще нужно замѣтить, что опыты Чапека съ пластинками изъ гипса не могутъ называться безупречными, такъ какъ гипсъ растворяется въ водѣ въ замѣтныхъ размѣрахъ, что имѣло мѣсто и у Чапека, какъ онъ самъ отмѣчаетъ: въ тѣхъ случаяхъ, когда коррозійныхъ явленій не наблюдалось, гипсовая пластинка обнаруживала даже выпуклости, въ мѣстахъ прикосновенія корней—они защищали ее механически отъ растворяющаго дѣйствія воды, циркулировавшей въ почвѣ; слѣдовательно, для обнаруженія коррозійныхъ слѣдовъ на пластинкѣ было необходимо, чтобы разрушеніе ея шло быстрѣе отъ растворенія фосфата, подъ вліяніемъ корневыхъ выдѣленій, чѣмъ отъ дѣйствія почвенной влаги на гипсъ, слѣдовательно, Чапекъ могъ упустить изъ виду коррозійныя явленія и тогда, когда на самомъ дѣлѣ они имѣли мѣсто.

изъ этихъ отчетовъ, а также и изъ результатовъ культуръ третьяго (1898 г.) лишь то, что мнѣ кажется заслуживающимъ вниманія, какъ согласно подтверждающееся въ разныхъ опытахъ, въ разные годы, и что приводитъ къ выводамъ, намѣченнымъ мной въ докладѣ 21-го ноября 1897 года въ Обществѣ бывшихъ воспитанниковъ высшихъ с.-х. учебныхъ заведеній и отчасти отвѣчающихъ выше намѣченнымъ четыремъ вопросамъ по изслѣдованію фосфоритовъ ¹⁾).

Что касается метода постановки культуръ, то, какъ я уже имѣлъ случай отмѣтить, мы слѣдовали въ общихъ чертахъ указаніямъ Гелльригеля; это относится напр. къ количеству солей, вносимыхъ въ каждый сосудъ. Нужно замѣтить, что для нашихъ сосудовъ, включавшихъ чаще всего около 4 kgr. песка наблюдалось близкое совпаденіе между количествомъ солей, высчитаннымъ двумя способами: по эмпирическимъ даннымъ Гелльригеля (на 1 kgr. песка столько-то солей для полученія maxima'наго урожая) съ одной стороны, и по среднему составу у насъ получавшагося maxima'наго урожая—съ другой; обычными нормами для 3 главныхъ веществъ на сосудъ въ 4 grk. являются слѣдующія:

P_2O_5	0,25—0,30 gr.
N	0,41—0,50 gr.
K_2O	0,50—0,60

Вещества эти вносились въ разныхъ соляхъ, смотря по задачѣ опыта; при сравненіи усвояемости фосфорной кислоты разныхъ фосфатовъ съ усвоеніемъ растворимой P_2O_5 примѣнялась, напр., слѣд. смѣсь: NaH_2PO_4 ²⁾ $Ca(NO_3)_2$, K_2SO_4 (или KCl), $MgSO_4$ (и $Fe_2 Cl_6$)

Смѣсь эта позволяла мѣнять источникъ фосфорной кислоты, не мѣняя количество другихъ необходимыхъ элементовъ.

Принималось во вниманіе также количество воды, находящееся въ 4 kgr. песка, и если по расчету концентрація оказывалась значительной, то соли вносились не сразу, а въ два пріема.

Поливка примѣнялась частью согласно показаніямъ ежедневныхъ взвѣшиваній, частью же путемъ поддерживанія постоянного уровня воды въ нижней части сосудовъ.

Для сравненія условій, въ какихъ находились наши культуры по сравненію съ культурами Гелльригеля, можетъ отчасти служить одинъ

¹⁾ Позднѣе я предполагаю такимъ же образомъ подвести временные итоги по культурамъ, касающимся и другихъ вопросовъ, каковы, напр.: использование растеніями азота, вносимаго въ формѣ различныхъ удобреній; значеніе известкованія для различныхъ почвъ; условія, опредѣляющія положеніе узла кушенія; вліяніе влажности на развитіе растеній и др.

²⁾ Но не Na_2HPO_4 , обычная въ продажѣ. Ср. Hellriegel, „Untersuchungen über die Stickstoffnahrung etc“. 1888, и Vegetationsversuche über den Stickstoffbedarf der Gerste“, 1897.

изъ опытовъ 1896 года (М. В. Журавлева). Въ этомъ опытѣ растенія при достаточномъ количествѣ влаги (поливка по вѣсу до 60% отъ влагоемкости ежедневно) и другихъ солей, получили различныя количества NaH_2PO_4 , а именно:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0	0,0146	—0,0295	—0,0492	—0,1476	—0,2952	—0,8856	—2,3616

Урожай на каждый сосудъ мѣнялся такъ въ среднемъ изъ 2 опытовъ.

1,30 gr. 5,50—11,95—18,55—34,32—35,15—38,32—31.62

(См. фотографич. изображеніе на т. VII рис. 1-й).

Т.-е. тахіма́льный урожай получился въ сосудахъ VII категоріи, гдѣ его и слѣдовало ожидать по указаніямъ Гельригеля; нужно думать поэтому, что растенія при этихъ опытахъ находились въ условіяхъ, не отличающихся рѣзко отъ условій, бывшихъ у Гельригеля (еслибы условія были хуже, тахімъ лежалъ бы ниже, и наоборотъ). Переходимъ теперь къ результатамъ культуры, имѣвшимъ цѣлью опредѣлить усвоемость P_2O_5 фосфорита для хлѣбныхъ злаковъ¹⁾.

Въ 1896 году для ячменя получились слѣдующіе результаты:

		Урожай на сосудъ (надземные органы).
Нормальная культура		38,12 gr.
При замѣнѣ растворимой P_2O_5 фосфоритомъ.	подольскимъ	4,475
	рязанскимъ	4,475
	костромскимъ	5,030
	смоленскимъ	5,525

Каждая цифра есть среднее изъ показаній двухъ согласныхъ опытовъ; P_2O_5 въ видѣ фосфорита вездѣ дано было пятерное количество по сравненію съ нормальной культурой. Ячмень такимъ образомъ не могъ въ замѣтной мѣрѣ использовать фосфорную кислоту фосфоритовъ самъ по себѣ, безъ содѣйствія почвы; урожай достигалъ лишь 11—14% отъ высоты урожая при растворимой фосфорной кислотѣ. Растенія, не имѣвшія другого источника P_2O_5 помимо фосфорита, были настолько плохи, что первоначально у насъ явилась мысль, нѣтъ ли тутъ случайной причины; такого же объясненія искали для результатовъ другого опыта (въ томъ же 1896 г.) въ которомъ сравнивалась способность различныхъ растеній (ржи, пшеницы, овса, ячменя) использовать P_2O_5 фосфорита; всѣ эти растенія развивались чрезвычайно плохо. Но опыты 1897 г. совершенно подтвердили то, на что указывали вышеприведенные результаты: злаки не

¹⁾ Въ постановкѣ культуръ, результаты которыхъ цитируются ниже, принимали участіе гг.: Недокучаевъ, Остриковъ, Ястржембскій, Скаловъ, Грачевъ, Ефремовъ, Марковичъ, Компанейскій, Тулайковъ, Брюховъ, Сосновскій, Захаревъ и др., подъ общимъ руководствомъ моимъ и В. В. Винера. Подробнѣе см. мои статьи въ „Извѣстіяхъ“ за 1897 и 98 г.

могли питаться насчетъ трудно растворимыхъ источниковъ P_2O_5 или могли лишь въ очень слабой мѣрѣ; такъ, для проса получилось слѣдующее:

Урожай въ сосудахъ съ растворимой P_2O_5 29,07 gr.
 „ „ „ съ фосфоритомъ ¹⁾ 0,57 gr.

Просо дало лишь 2% отъ нормальнаго урожая; растенія имѣли видъ типичныхъ «предѣльныхъ» растеній.

Пшеница дала 1,15 gr. на сосудъ противъ 12,20 gr., полученныхъ въ случаѣ растворимой P_2O_5 , что составляетъ 9,4%. Фосфоритъ (костромской) въ этихъ опытахъ вносился въ двойномъ количествѣ (считая на фосфорную кислоту).

На снимкахъ (т. VII рис. 2) ясно виденъ контрастъ между развитіемъ растеній, имѣвшихъ источниками P_2O_5 фосфоритъ и растворимую соль.

Даже овесъ, имѣющій репутацію весьма нетребовательнаго растенія, далъ весьма плохіе результаты при культурахъ съ фосфоритомъ, какъ это видно изъ слѣд. цифръ:

Количества P_2O_5 :	O_3 gr. въ формѣ NaH_2PO_4	O_3 gr. въ формѣ фосфорита:			
		Рязанск.	Смоленск.	Костромск.	Подольск.
Средній урожай надзем- ныхъ частей	15,6	3,35	2,67	2,02	1,75
Тоже въ %	100%	21,5%	17,1%	13,0%	11,2%
Урожай зерна въ % . .	100%	23,6%	15,2%	10,1%	9,0%

(См. рис. 4 на таб. VIII).

Въ 1898 году результаты были тѣ же самыя; такъ, овесъ въ водныхъ культурахъ далъ слѣдующіе результаты:

	Норм. культура.	Культура съ фосфоритомъ.
a)	16,3 gr.	2,80 gr.
b)	13,9 gr.	1,85 gr.

(См. т. IX рис. 5).

Въ песчаныхъ культурахъ 1898 года испытывалось между прочимъ дѣйствіе различныхъ количествъ фосфоритнаго удобрения на развитіе овса; постановка опыта и результаты его видны изъ слѣд. таблицы:

Форма, въ коей вносилась P_2O_5 .	NaH_2PO_4	Суперфосф.	Ф о с ф о р и т ь. (Рязанск.)				
Количества P_2O_5	0,3 gr.	0,3 gr.	3,0	2,4	1,8	1,2	0,6 gr.
Отношеніе между этими колич. . . .	1	1	10	8	6	4	2
Урожай надз. ча- стей (среднее изъ 2 опытовъ)	26,90	30,57	10,80	10,42	8,77	6,82	4,465 gr.

(См. рис. 6 на табл. X).

¹⁾ Двойное колич. P_2O_5 .

Хотя урожай и растетъ съ количествомъ фосфорита, но даже десятерное количество фосфорной кислоты въ этой формѣ оказалось неспособнымъ замѣнить собой то количество растворимой P_2O_5 , какое необходимо для нормальнаго развитія овса.

Все вышеизложенное заставляеть думать, что *хлѣбные злаки или совершенно неспособны питаться фосфорной кислотой фосфоритовъ, или же проявляютъ эту способность лишь въ очень слабой степени.*

Что касается второго изъ намѣченныхъ выше вопросовъ, т.-е. не способны ли другія растенія въ этомъ отношеніи превосходить злаковыя, то нѣкоторые опыты позволяютъ дать на этотъ вопросъ утвердительный отвѣтъ.

Такъ, въ опытахъ 1897 года между прочимъ были поставлены песчаныя культуры съ горчицей, горохомъ и люпиномъ, и въ нихъ эти растенія не обнаружили тѣхъ различій между растворимой фосфорной кислотой и фосфоритомъ, какія обнаружили хлѣбные злаки: въ тѣхъ самыхъ условіяхъ, въ которыхъ просо могло образовать лишь 0,58 гр. сухого вещества, горчица образовала около 6 гр., (что составило 93% отъ урожая «нормальной» культуры) люпинъ около 9 и горохъ около 12 гр.; на снимкахъ видно (рис. 3, табл. VII), какъ мало разницы обнаруживали горохъ и люпинъ во время цвѣтенія, при питаніи растворимой P_2O_5 въ одномъ случаѣ, и заимствуя это вещество изъ фосфорита—въ другомъ ¹⁾; ко времени уборки разница, правда, нѣсколько увеличилась, такъ что нельзя на основаніи этого опыта думать, что горохъ столь же успѣшно беретъ P_2O_5 изъ фосфорита какъ и изъ растворимой соли, тѣмъ болѣе, что абсолютная высота урожая въ данномъ опытѣ была недостаточно высока; но во всякомъ случаѣ мы имѣемъ здѣсь дѣло не съ «предѣльными» растеніями, но болѣе или менѣе нормально развивающимися. Необходимость считаться съ природой растенія при постановкѣ опытовъ съ фосфатами такимъ образомъ подтверждается.

Подтверженіе вышеприведеннымъ выводамъ, сдѣланнымъ на основаніи нашихъ культуръ, принесли работы Schreiber'a въ Бельгіи съ одной стороны ²⁾, и работы петербургской лабораторіи Министерства Земледѣлія (находящейся въ завѣдываніи проф. лѣсного института П. С. Коссовича)—съ другой.

Schreiber поставилъ себѣ ту же цѣль, какую преслѣдовали и мы—расчлененіе отдѣльныхъ факторовъ, опредѣляющихъ дѣйствіе малорастворимыхъ фосфатовъ; правда, онъ пользовался не песчаными культурами,

¹⁾ Напротивъ, морковь оказалась неспособной извлекать P_2O_5 изъ малорастворимыхъ источниковъ; на фотографіи видна рѣзкая разница между культурой „нормальной“ и на фосфоритѣ.

²⁾ Biedermanns Centralblatt 1897, Decemberheft.