

Причины различной эффективности минеральных удобрений на почвах разной окультуренности

А. Н. Угаров

(СООБЩЕНИЕ II)

Подвижной азот почв различной окультуренности

В целях выяснения причин относительно высоких урожаев на контрольных делянках окультуренных почв и неодинаковой эффективности минеральных удобрений на почвах разного культурного состояния, мы провели исследования по вопросу подвижности органического вещества, азота и P_2O_5 , как наиболее важных факторов урожайности.

Нам представляется, что то многообразие различных органических веществ, попадающих в почву в результате запахивания пожнивных остатков, внесенных с навозом и, наконец, накаплиющихся в связи с массовой гибелью различных микроорганизмов, на окультуренных почвах должны иметь иную степень подвижности, чем на неокультуренных.

Некоторые данные, приводимые в 1-м сообщении¹, по валовому составу почв и другим агрохимическим показателям выявляют существенную разницу между ними, что в свою очередь должно оказывать влияние на характер и интенсивность микробиологических процессов, которые, главным образом, и будут обуславливать различную степень подвижности органического вещества, азота и частично P_2O_5 почв.

По данным целого ряда исследователей (I) органическое вещество почв является чрезвычайно разнообразным, не только по своему химическому составу, но и по степени его подвижности. В нем мы можем встретить и полуразложившиеся растительные вещества, белки растительных и животных остатков в разной степени их разложения, различных представителей углеводов,

¹ Известия Восточно-Сибирского Сельхоз. института, выпуск I за 1935 г.

углеводородов, органические кислоты и основания, и целый ряд других органических соединений.

А. Шмук (2), резюмируя результаты как собственных исследований, так и своих предшественников, приходит к следующей характеристике органического вещества почв:

1) Запас органических веществ почв в целом является сложной смесью разнообразных органических соединений, присутствие многих из них случайно и непостоянно, так как стоит в связи с случайно предшествовавшими культурами.

2) Среди продуктов органического вещества почв должны отметить белковое вещество, всегда в каждой почве присутствующее и могущее быть призванным специфическим почвенным веществом.

Характер этого белкового вещества не является выясненным, нельзя указать находится ли оно в свободном состоянии или в соединениях с иными веществами.

3) Помимо выделяемых из почв различных органических соединений, стоящих в связи с растением или продуктами распада белка, главная часть почвенного органического вещества принадлежит своеобразному темно-окрашенному веществу (или нескольким веществам), обладающему некоторыми характерными свойствами.

А. А. Кудрявцева (3) в своей работе „Превращение форм азота в почве в связи с нитрификацией“, сводит различные формы почвенного азота к 6-ти группам, в основу которых положена степень их прочности в отношении различных реагентов. В результате этой работы оказалось, что основной запас азота во всех почвах находится в соединениях, не переходящих в вытяжки, но гидролизуемых кислотами. В черноземе его 53%, а в подзоле 45,8%. И особенно интересное явление получается с „меланином“, наиболее прочной формы азота, не переходящей ни в вытяжки и не гидролизуемой кислотами.

В черноземе его 22,2%, а в подзоле лишь только 5,2%. Следовательно, чернозем ровно три четверти своего азота содержит в очень прочных формах и они, вероятно, придают ему характерные свойства: большое богатство, но сравнительно малую его подвижность.

Для чернозема свойственна большая прочность его форм азота, меньшая их подвижность, стремление к накоплению даже не гидролизуемых форм.

Для подзола же, наоборот, свойственна большая подвижность форм азота и почти полное отсутствие „меланина“.

Затем автор, ставя почву в различные условия аэробнозиса, при одинаковой влажности и температуре, через определенное количество времени прослеживал динамику азота почвы, в результате чего обнаружилась наибольшая подвижность азота, переходящего в вытяжки, и в меньшей мере — гидролизуемого азот „меланинов“.

К таким же выводам приходят и другие исследователи, например, Голубев Б. А. (4) констатирует, что количество подвижного воднорастворимого азота в черноземных почвах очень незначительно по сравнению с его общим запасом. По его данным, для черноземов и западных суглинков эта величина не превышает 1,0—1,5%. В подзолах же, в благоприятных условиях, особенно при внесении извести, количество нитратного азота может достигать иногда 10—20 и даже 25% от общего азота почвы.

В. В. Буткевич (5), исследуя вопрос—влияние процесса нитрификации на использование растениями трудно-растворимых фосфатов Са—приходит к заключению, что более интенсивная минерализация азота органического вещества подзола (в данном случае имеется в виду количество подвижного азота, отнесенного к общему азоту почвы), по сравнению с азотом органического вещества чернозема, находится в зависимости, именно, от характера их органического вещества.

С точки зрения неоднородности органического вещества Д. Н. Прянишников, например, объясняет это явление, что эффект от внесения в подзолистую почву одних и тех же доз извести постепенно ослабевает. В самом деле, если бы органическое вещество было однородно, то всякое последующее внесение небольших доз извести вызывало бы неизменно одно и то же количество образовавшихся нитратов. Однако наблюдается каждый раз менее интенсивный процесс нитрификации, что безусловно связано с неоднородностью органического вещества этой почвы.

Нас в данном случае интересует та часть органического вещества почвы, которая в первую очередь сравнительно быстро подвергается микробиологическому разложению.

Если проанализировать сущность биохимических процессов, влияющих на разложение органических веществ почв с помощью микроорганизмов, то можно будет прийти к заключению, что в основе большинства этих процессов, ведущих к разложению наиболее распространенных в почве органических веществ, лежат энзиматические процессы гидролиза. Эти процессы, влияя на сложные, нерастворимые органические соединения, например, белковые вещества разной сложности, крахмал, целлюлозы, гемицеллюлозы, лецитин и целый ряд других соединений, переводят их в более простые и растворимые соединения—амино- и эмидокислоты, сахара, глицерина, фосфорную и т. п., которые в свою очередь усваиваются и разлагаются микроорганизмами, причем некоторая их часть используется в качестве материала для построения своей плазмы, а большая— в качестве источника энергии. Есть основание полагать, что эти дальнейшие превращения продуктов гидролиза в общем можно представить, не исключая и процесса дезаминирования (дезаминирование также происходит под влиянием энзим дезаминаз и дезамидаз), как процесс постепенного окисления, который всегда сопровождается выделением энергии (дыхание).

Следовательно, необходимо применять к вопросу определения органических соединений почвы, способных к микробиологическому разложению, такой метод, который бы наиболее близко воспроизводил естественные процессы гидролиза, имеющие место в почвах.

Таким наиболее подходящим методом в этом отношении по целому ряду данных А. Кудрявцевой (3), И. В. Тюриня (6), Waksmana (7), М. М. Кононовой (8) и др. должен являться метод гидролиза при помощи кислот, применяя который указанные авторы нашли прямую зависимость между гидролизуемыми соединениями и их доступностью для микроорганизмов. Соединения же устойчивые, негидролизуемые, в частности, — „меланины“, лигнин и некоторые другие, являются наиболее трудно поддающимися микробиологическому воздействию.

Методика исследования

Перед началом работы перед нами встал вопрос — какой из методов гидролиза дает наиболее правильные, наиболее отчетливые показатели по характеристике подвижности N и C органического вещества почв.

Просматривая литературные источники по данному вопросу, мы нашли необходимым остановиться на методе гидролиза слабой H_2SO_4 , сопоставляя который с методом Ваксмана, М. М. Кононова (8), в своей работе „К методике изучения органического вещества почвы по методу Ваксмана“, получила данные, дающие наиболее правильное представление о важных свойствах органического вещества исследуемых ею почв (подзола, чернозема и бурозема), — его подвижности.

Так, например, гидролизуя почвы 80% H_2SO_4 , она нашла, что эти почвы дают одинаковые относительные количества гидролизуемого азота, а процент гидролизуемого углерода в черноземах даже выше, чем в подзоле. Такое поведение органического вещества указанных почв стоит в противоречии с нашими представлениями о подвижности органического вещества в черноземных и подзолистых почвах.

Совершенно иную картину дает гидролиз слабой H_2SO_4 . При гидролизе почв 0,5 n H_2SO_4 М. М. Кононова обнаружила существенную разницу между подвижностью органического вещества чернозема и подзола и на основании этого пришла к заключению, что гидролиз почвы при помощи слабой кислоты дает наиболее верное представление о подвижности органического вещества почвы.

Принимая во внимание менее резкую разницу по агрохимической характеристике наших почв, по сравнению этой разницы между черноземной и подзолистой почвой и на основании вышеуказанных данных, мы нашли необходимым для характеристики

подвижности N и C органического вещества воспользоваться методом гидролиза слабой кислотой (0,5 n H₂SO₄).

Учитывая то обстоятельство, что энергетический эффект безазотистых соединений зависит не от количества имеющегося в них углерода, а от соотношения между углеродом, водородом и кислородом, или точнее говоря, от содержания способных к окислению углерода и водорода, то мы в своих данных будем приводить не углерод, определенный по углекислоте, а так называемый, „окисляемый“ углерод по Тюрину (6), который по представлению автора является наиболее отвечающим задачам характеристики биохимического значения гидролизуемых соединений, потому, что „окисляемый“ углерод отвечает количеству кислорода, необходимого для окисления соединений, переходящих в раствор при гидролизе, ибо количество кислорода, необходимое для окисления должно более точно характеризовать (9) энергетическое значение гидролизуемых соединений, чем определение углерода по углекислоте. Для подтверждения этого вывода он приводит данные теплот сгорания различных соединений (10), на основании которых вычислены соответствующие данные (в калориях) на единицу имеющегося углерода и на единицу кислорода, необходимого для окисления.

Оказывается, что теплота сгорания на единицу углерода колеблется в очень широких пределах — от 59,0 до 211,9 калорий, а теплота сгорания на единицу окисляющего кислорода остается почти постоянной, равной 52—56 калориям.

Перейдем к описанию методики нашей работы.

Для гидролиза почвы слабой кислотой, при котором в раствор переходят из азотсодержащих соединений аминокислоты и их амиды, из углеродсодержащих соединений — гемицеллюлозы. Ваксман рекомендует 2% HCE или H₂SO₄. Мы же в нашем случае для гидролиза почвы, как уже указывалось выше, брали 0,5 n H₂SO₄, что будет соответствовать 2½% концентрации. Ход работы был следующий:

20 г воздушно-сухой почвы, просеянной через 1 м сито, смешивалось с 100 см³ 0,5 n H₂SO₄.

Затем эта смесь кипятилась на маленькой горелке с обратным холодильником в течение 5 часов. По окончании гидролиза смесь предварительно немного охлаждалась, а затем фильтровалась через сухой складчатый фильтр и промывалась дистиллированной водой. Остаток на фильтре, после стекания жидкости, во влажном состоянии смывался с фильтра дистиллированной водой в фарфоровую чашку, взвешенную заранее. Потом содержимое чашки выпаривалось досуха на водяной бане, осторожно перемешивалось стеклянной палочкой и переносилось вместе с чашками на 2 суток в эксикатор; после указанного срока чашки вместе с почвой взвешивались, после чего остаток растирался в ступке, а затем в нем определялся общий азот и углерод. Для определения азота и углерода мы пользовались методами, раз-

работанными И. В. Тюриным (6). Методика определения углерода заключалась в следующем.

Для определения окисляемости гидролизуемых соединений брали 10 см³ раствора, полученного после гидролиза, помещали в колбу, емкостью 100 см³, приливали 10 см³ 0,4 п CrO₃, приготовленный на концентрированной H₂SO₄ (уд. в. 1,84), добавляли щепотку прокаленной почвы (для обеспечения равномерности кипения); в горло колбы вставляли маленькую воронку, служащую в качестве холодильника. Колбу затем ставили на маленькую горелку, нагревали до кипения, и кипятили ровно 5 минут, все время следя, чтобы не было выпаривания жидкости.

После охлаждения смывали содержимое колбы водой в стакан, доведя объем жидкости до 200 см³ и титровали 0,2 п солью Мора в присутствии дифениламина (10 капель) до перехода синей окраски в зеленую, для большей резкости перехода прибавляли 5 см³ фосфорной кислоты (уд. в. 1,7).

Для суждения о том, какую часть от общего количества органического вещества почвы, способного к окислению, составляют гидролизуемые вещества и для проверки данного метода мы производили определение окисляемости органического вещества почвы, как до гидролиза, так и в остатке от последнего, что дало возможность проверить правильность данных по окисляемости органического вещества как в гидролизате, так и в остатке после последнего. Навеска почвы 0,2 г (взвешивание производилось на аналитических весах) помещалась в колбу, емкостью 100 см³, приливалось 10 см³ 0,4 п CrO₃ в растворе серной кислоты 1:1 (уд. в. 1,525); колба закрывалась воронкой и ставилась на маленькую горелку.

Результаты определения выражены в „окисляемом углероде“.

Определение N производилось микрохромовым методом по И. В. Тюрину (11). Определение как углерода, так и азота производилось при четырехкратной повторности. В гидролизате одновременно производилось определение P₂O₅.

Все полученные данные сведены в следующих таблицах.

Характеристика органического вещества взятых почв

Наименование почв.	Процент С	Процент N	Отношение C/N	Общее количество орг. в-ва (в % C×1,72)
Усадебная	4,760	0,429	11,09	8,23
Окультур. (пол.)	4,650	0,340	13,60	8,02
Неокультурен.	4,205	0,300	14,00	7,25

Результаты исследования органического вещества для почв различной окультуренности при гидролизе их 0,5 п H₂SO₄.

Наименование почвы	Остаток после гидролиза			А з о т						У г л е р о д				Отношение C/N		Отношение C/N гидр.				
	Вод. сухой	Абсол. сух. почв.	Навески в гр	Первоначал. остаток после гидролиза почв		Гидрол.	В % к общему N		Mr. C в 100 гр. перв. почвы максим.	V % от перв. почвы максим.	Mr. C в остатке 100 г. поч. перв. максим.	C в % от максим.	V гидр.	В остатке	Отношение C/N					
				В мг. на 100 гр. перв. почвы	В % от максим.		Mr. N на 100 гр. максим.	В % от максим.									В гидр.	В % к общ. углерод.		
Усадьбная	20,0	19,22	18,23	95,0	429,0	100	343,8	100	67,0	100	15,6	84,4	4760	100	3999	10	16,0	84,0	11,09	12,1
Окульт. (пол)	20,0	18,72	17,84	95,4	340,0	79,3	272,0	79,1	59,0	83,6	16,49	83,51	4650	97,6	3916	98,0	15,7	84,3	13,6	13,05
Нсокультур.	20,0	18,94	17,89	94,6	300,0	70,0	236,0	69,2	51,0	76,2	17,0	83,0	4200	88,3	3650	91,6	17,6	83,4	14,0	13,72

Результаты по подвижной P₂O₅ на почвах разной окультуренности

Наименование почвы	О б щ а я		Лимоннораствор.			В гидролизате.			В % к о б щ е й			В % от первоначальн. в гидролизате.		
	В мг на 100 гр почвы	В % от максим.	В мг на 100 г почвы	В % от максим.	В % к общей	Mr. на 100 г почвы	В % от максим.	В % к общей	Лимон. раствор.	В гидр. лизате	N	C	P ₂ O ₅	
														В гидр. лизате
Усадьбная	201,0	100	25,0	100	12,43	77,7	100	38,62	100	12,43	38,62	15,6	16,0	38,6
Окультур. (пол)	177,7	88,6	8,3	33,2	4,67	41,9	53,9	23,00	100	4,67	23,60	16,49	15,7	23,6
Нсокультурен.	149,2	74,2	3,0	12,0	2,02	36,3	46,7	24,40	100	2,02	24,4	17,0	17,6	24,4

Из таблицы видно, что количество органического вещества, перешедшего в гидролизат, у всех почв приблизительно равно разности между первоначальной почвой и ее остатком после гидролиза. Приведенные данные по азоту гидролизата указывают на то, что в абсолютных цифрах количество азота, переходящего в гидролизат, увеличивается по мере окультуривания почв. Так, если на усадебной почве перешло 67,0 мг на 100 г абсол. сухой почвы, то для среднеокультуренной полевой эта величина будет равняться 56,0 мг, а на неокulturенной количество гидролизуемого азота падает до 51,0 мг.

Выражая эти данные в относительных величинах, будем иметь на усадебной почве на 16,4% гидролизуемого азота больше, чем на среднеокультуренной, а для неокulturенной почвы эта разница достигает 24%.

На основании этих данных можно прийти к заключению, что по мере окультуривания почв, абсолютные количества гидролизуемого азота возрастают. Если же перейдем к рассмотрению данных подвижного азота, т. е. количеств гидролизуемого азота, отнесенных к общему азоту почвы, то прежде всего приходится констатировать почти одинаковые относительные его количества, неокulturенная почва даже, как будто, имеет тенденцию к некоторому преимуществу в этом отношении, имея 17% гидролизуемого азота против 15,6% усадебной почвы. Правда, эта разница настолько мала, что ее можно было не принимать в расчет, но устойчивость ее при многократном определении дает основание говорить о некоторой тенденции в поведении подвижного азота, т. е. как бы азот неокulturенной почвы обладает большей подвижностью по сравнению с азотом окulturенных почв.

Такая тенденция в поведении азота почвы, нам кажется, несколько не противоречит теоретическим представлениям, если мы вспомним, что наши окulturенные почвы, особенно усадебная, по своим агрохимическим показателям приближаются к обыкновенному чернозему, т. е. к такому состоянию, когда почвенный поглощающий комплекс почти полностью насыщен кальцием и магнием, а гидролитическая кислотность выражается величиной 1—1,5 мм/экв.

И как следствие этого, дисперсность органического вещества понижается, что конечно, в свою очередь, не может не повлиять на его подвижность.

При окulturивании почв, вероятно, имеют место процессы аналогичного порядка с процессами, имеющими место при черноземном типе почвообразования, когда при гидролитическом расщеплении, под воздействием микроорганизмов, белковых веществ почвы образуются значительные количества, так называемого, „гуминового азота“, или как некоторые исследователи— А. Шмук и А. Кудрявцева (3) его называют меланином, который получается очень часто при кислотном гидролизе целого

ряда белков. Выше было уже отмечено, что азот меланина является наиболее устойчивым по отношению к микробиологическому разложению; его больше всего образуется в черноземных почвах—от 16 до 30% от общего азота почвы, и совершенно ничтожное количество на почвах подзолистого типа—от 5 до 10%.

Вот, вероятно, этим и объясняется тенденция в сторону понижения подвижного азота по мере окультуривания почвы.

Переходя к данным „окисляемого“ углерода, придется отметить некоторую как бы закономерность в соотношении между „окисляемым“ углеродом и общим азотом почвы.

В самом деле, если это соотношение (C/N) для неокультуренной почвы равно 14, то на усадебной почве оно падает до 11,09. Из этого следует, что по мере окультуривания почвы при помощи систематического внесения навоза соотношение между „окисляемым“ углеродом и общим азотом почвы постепенно суживается и происходит обогащение почвы общим азотом, который частично переходя в более устойчивую форму, образует, так называемый, „меланин“, относительное количество которого увеличивается по мере окультуривания почвы.

Такая же приблизительно картина наблюдается в соотношении между (C/N) и в гидролизате, но это выражено в несколько меньшей степени и соответственно будет равняться—13,72 для неокультуренной почвы и 12,1—усадебной.

Поведение „окисляемого углерода“ ничем существенным не отличается от поведения гидролизуемого азота, а поэтому мы на нем останавливаться не будем, а только заметим, что все сказанное о гидролизуемом азоте в равной степени будет относиться и к нему.

Прежде чем перейти к анализу данных фосфорной кислоты, необходимо будет сначала остановиться на вопросе тех превращений почвенных фосфатов, какие могут иметь место при воздействии на них тем или иным способом в результате производственной деятельности человека.

На почвах с низкой агротехникой, при совершенном отсутствии обогащения их питательными веществами извне, количество фосфорной кислоты будет обусловлено исключительно наличием естественных ресурсов почвы.

Но эти наличные количества P_2O_5 для каждой почвенной разности будут иметь, вероятно, свои специфические формы соединений—минеральные и органические, присущие преимущественно данной почве.

Преобладающими формами органических соединений фосфорной кислоты, повидимому, будут—фитин, лецитин и нуклеопроteidы, но кроме этих фосфорсодержащих органических веществ имеются, вероятно, другие формы соединений фосфорной кислоты с органическим веществом почвы.

Г. Г. Густавсон (13), на основании работ Г. Гаврилова (14) и своих, и исходя из соображений, что соединения гумусового вещества с элементами минеральных солей не разлагаются щелочами, делает следующие предположения (которые оправдались впоследствии путем опыта), что в органическом веществе почвы (чернозема) содержатся водные остатки спиртового и кислотного характера: водород спиртовых водных остатков может быть замещен металлами со слабым кислотным характером, как например Al и Fe. Так как при этом у Fe будет использована лишь одна единица сродства, то две другие, по мнению Густавсона, могут быть связаны с кислотами (фосфорная, кремневая), которые частью могут насыщаться другими основаниями Na, NH₄ и т. д.

М. А. Егоров (15), на основании своих исследований с черноземной почвой Х. О. С.—Х. О. С., считает данную гипотезу Густавсона в отношении P₂O₅ почвы в массе невероятной. Но тем не менее органические формы соединений фосфорной кислоты составляют значительный процент от всей P₂O₅ почвы.

По данным работ того же автора, на долю фосфорно-орг. соединения приходится около 15% P₂O₅ и по своей фосфорной кислоте составляющего, примерно, 1/6 часть фосфорной кислоты почвы вообще; есть основания полагать, что даже значительно большая доля (до 1/3) фосфора почвы находится в форме этих соединений. К. К. Гедройц (16), например, полагает, что в некоторых почвах значительная часть P₂O₅ может быть связана с органическим веществом.

П. А. Костычев (17) в этом отношении идет несколько дальше, на основании своих работ он приходит к предположению, что в некоторых подзолистых почвах почти вся фосфорная кислота может находиться в органической форме.

Минеральные соединения фосфорной кислоты точно также, как и соединения органические, могут быть еще в более различных формах. Мы можем их встретить в форме, так называемых, фосфоритовых песков (18), кристалликов апатита, как остатка от выветривания изверженных пород. Кроме того в почвах, в процессе развития их свойств образуются новые минеральные соединения фосфора, к числу которых принадлежат различные формы фосфата, кальция, магния и полуторных окислов.

Какие из этих форм фосфатов будут преобладать в той или иной почве, это будет зависеть от целого ряда причин. Здесь, вероятно, будет иметь значение наличие тех или иных оснований, их количественные соотношения, реакция среды, микробиологическая деятельность и, наконец, та или иная степень аэрации. По данному вопросу в литературе имеется целый ряд гипотез. Например, П. А. Костычев (19) еще в 1881 году, считая спорным утверждение, что в почве P₂O₅ распределяется

между Fe и Al, писал: „Заключения эти основаны отчасти на недостаточных, отчасти на не совсем верных опытах“.

В целях выяснения этих вопросов он поставил целый ряд опытов, на основании которых заключает: „Принимая в расчет все наши опыты, мы можем сказать, что если раствор P_2O_5 приходит в соприкосновение с почвой, содержащей хотя бы небольшие количества углекислой извести, то она будет поглощаться ею, а не окисью Fe, как теперь многие думают“ (стр. 40).

Далее им были поставлены опыты с солями $Fe PO_4$ и $Al PO_4$, в результате которых он приходит к выводу, что фосфорнокислые соли Fe и Al в присутствии воды действуют на углекислую известь подобно раствору свободной P_2O_5 , что распределение кислоты между двумя основаниями в конце концов будет в сущности следовать таким же законам, как и при соединениях, легкорастворимых в воде.

Резюмируя все свои данные, Костычев говорит: „Исходя из предыдущего, надо полагать, что содержание фосфорно-кислых солей Fe и Al может преобладать над известковыми солями P_2O_5 только в почвах сильно *железистых*. Но если в таких почвах, как весьма нередко бывает, будут заметные количества углекислой извести, то некоторая, иногда даже весьма значительная часть P_2O_5 будет соединена с этим основанием (стр. 64).

Вопрос о том, в какой мере P_2O_5 почвы может быть связана с полуторными окислами, не получил до настоящего времени еще окончательного разрешения. К. К. Гедройц (16) по вопросу фосфатов почвы высказывает предположение, что „в нормальных почвах (вероятно на черноземных почвах А.У.) главным источником фосфорной кислоты для растений служат известковые ее соли, и по всей вероятности, трехкальциевый фосфат; существование двухкальциевого и особенно однокальциевого фосфата едва ли можно допустить в более или менее значительных количествах; далее в почвах могут содержаться фосфорно-кислые соединения Fe и Al, количества которых в большинстве случаев также надо признать незначительными сравнительно с количеством трехкальциевого фосфата; наконец, в некоторых почвах могут существовать фосфор—органические соединения в количестве, имеющем практическое значение“ (стр. 690).

А вот В. В. Семушкин (20) в своей работе „О влиянии углекислого кальция на отношение фосфата Fe к уксусной кислоте и на доступность его растениям“, делая обзор литературы по вопросу распределения P_2O_5 между различными основаниями, приводит ссылки Северина (18 бюл. бактериолого-агрономич. станции) на данные Cameron и Haust, по которым фосфорнокислые соли закиси и окиси Fe, а по данным Stocklarsa и фосфаты Al гидролизуются сильнее, чем фосфаты Ca. Поэтому, большая часть P_2O_5 , несмотря на то, что луговая, полевая,

лесная и садовая почвы содержат больше и окиси Fe и окиси Al, все же связана не с последними, а с Ca и Mg.

Изо всех приводимых высказываний о распределении P_2O_5 между отдельными основаниями можно сделать вывод, что основная масса P_2O_5 почвы, независимо от наличия тех или иных количеств полуторных окислов, будет связана с Ca и до некоторой степени с Mg.

Но нам представляется, что в некоторых подзолистых (а может быть и в сильно выщелоченных) почвах при внесении в них суперфосфата может, вероятно, иметь место и обратный процесс, т. е. связывание растворимой фосфорной кислоты суперфосфата полуторными окислами.

В самом деле, наличие значительной гидролитической и обменной кислотности и отсутствие (в большинстве этих почв) карбонатов кальция приведет к быстрому обмену Ca суперфосфата с водородным ионом почвенного поглощающего комплекса; последний же, попадая в почвенный раствор, в свою очередь, воздействуя на растворение гидратов окисей Fe и Al и разрушение алюмосиликатного ядра почвы, будет способствовать увеличению концентрации Fe и Al, которые соприкасаясь с P_2O_5 могут образовать высокоосновные трудно растворимые фосфаты, причем необходимо отметить, что при слабо кислой реакции последние в отличие от $Ca_3(PO_4)_2$ не гидролизуются, а, следовательно, для растений будут недоступны. Возможность связывания растворимой P_2O_5 суперфосфата с Fe и Al во многих подзолистых почвах констатируется опытами О. К. Кедров-Зихмана (21).

Связывание P_2O_5 с полуторными окислами в подзолистых серолесных, а может быть в некоторых и сильно выщелоченных почвах, вероятно, может происходить и при длительном одностороннем внесении физиологически кислых удобрений (K_2SO_4), а может быть и $(NH_4)_2S_2O_4$.

Для выяснения данного вопроса целым рядом исследователей, в частности лабораторией Д. И. Прянишникова (22), были поставлены опыты по выявлению доступности растениям фосфатов полуторных окислов самих по себе (без воздействия извести).

Мы здесь ограничимся приведением урожайных данных, характеризующих доступность фосфатов Al и Fe разными растениями, из опытов лаборатории Д. И. Прянишникова (растения выращивались в песчаных культурах, в смеси Гельригеля). (См. табл. на стр. 15).

Аналогичные данные приводят Аскинази Д. Л. и Ярусов С. С. (23), заимствованные ими из иностранной литературы.

Из таблицы видно, что урожайные данные являются довольно неустойчивыми, не только для различных растений, но даже и в пределах одного и того же растения. Такое несовпадение результатов в приведенных выше опытах, по всей вероятности,

Кто проводил опыты	Растение	Источник P ₂ O ₅			Примечание
		KH ₂ PO ₄	FePO ₄	AlPO ₄	
Кулисач . . .	Овес	30,2	23,0	24,0	Прокаленные фосфориты давали более низкие урожаи. Изоляция фосфатов полуторных окислов из общей питательной смеси также понижала их использование
Волжинский .	Просо	32,98	—	22,55	
Лисицын	„	34,06	18,1	—	
Шорохови Качунов	Вика	19,3	—	16,16	
„ — „	Греч.	16,17	—	11,47	
Егоров	Люпин	11,9	15,5	—	
Крушанов . . .	Ячмень	30,3	—	33,4	
Тулайков . . .	Овес	21,6	20,9	—	
Семускин	Ячмень	13,26	20,1	—	
„ — „	„	7,71	2,8	—	
Чириков	„	15,5	16,4	—	
Серафимович . .	„	28,5	19,7	26,2	

обусловлено не только различием растений, но и не всегда одинаковой методикой их постановки и неоднородностью применяемых препаратов (Al) Fe PO₄

Если мы обратимся к результатам опытов В. Семускина (20), то действительно находим подтверждение нашим положениям. По его данным оказалось, что использование фосфата Fe растением будет зависеть от того, является ли источником N в питательной смеси физиологически щелочная соль—Ca (NO₃)₂ или физиологически кислая—NH₄ NO₃. Урожай ячменя в песчаных культурах на смеси Гельригеля (по KH₂ PO₄) равнялся 13,26 г, по Fe PO₄ с Ca (NO₃)₂ 20, 1, а по NH₄ NO₃ всего 7,19.

Аналогичные данные встречаем и у П. Коссовича (24), когда он, в отдельных культурах, заменяя азот Na NO₃ сернокислым аммонием, получил понижение урожая по Fe PO₄ с 27,4 г до 6, 15 г и содержание P₂ O₅ в нем с 105,2 мг до 28,2 мг.

Данные такого характера можно было умножить еще, но мы считаем и этих достаточно для констатирования факта использования растением фосфатов Fe и Al в вегетационных опытах в зависимости от методики их постановки, от свойств питательных смесей, их физиологической кислотности или щелочности.

Следующей причиной различной усвояемости фосфатов Fe и Al, в проведенных нами опытах, может быть неоднородность применявшихся фосфатов (Al) Fe PO₄.

Д. Аскинази и С. Ярусов (22) в своей работе приводят данные Stocklase, Cameron und Hayst по сопоставлению растворимости различных фосфатов Ca, с различными фосфатами полуторных окислов в 1¹/₂% CH₃ COOH, в углекислой воде (и де-

стиллированной для фосф. Fe и Al), из которых следует: 1) Растворимость фосфатов $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ в указанных средах выше, чем у фосфатов полуторных окислов и 2) что растворимость фосфатов Al и Fe будет уменьшаться у обоих по мере возрастания их основности, а следовательно, и усвояемость их для растений будет находиться в зависимости от последней.

А в опытах К. К. Гедройца (25) в песчаных культурах отмечена различная усвояемость для растений свежесажженных, просушенных и прокаленных фосфатов полуторных окислов. Вот эти данные:

Урожай в <i>gr</i>	FePO ₄			AlPO ₄		
	Свеже-осажд.	Просу-шенных	Прока-ленн.	Свеже-осажд.	Просу-шенных	Прока-ленных
Горчицы . . .	31,7	15,2	3,6	31,6	28,9	25,6
Льна	27,0	14,4	3,2	—	29,4	17,9

Таким образом, на основании приведенных материалов, неустойчивость урожайных данных в вегетационных опытах с песчаными культурами, была обусловлена, с одной стороны, различием методики их постановки, а с другой—неоднородностью применяемых препаратов (Al) FePO₄, что сами по себе FePO₄ и AlPO₄ являются не плохими источниками P₂ O₅ для растений и что наличие их в почве, уже по вышеуказанным соображениям, будет маловероятным. Так, по данному вопросу Д. Аскинази и С. Ярусов (23) высказывают следующие соображения.

При достоверности существования фосфатов полуторных окислов в почве, на основании приведенных опытов можно только догадываться об их свойствах и доступности растению. Данные опыты Костычева (19) показали, что при длительном выщелачивании водой растворимость фосфата Fe значительно понижается при параллельном повышении его основности; это дает основание предполагать, что в условиях кислой реакции сильно затронутых процессами выщелачивания подзолистых и сильно выщелоченных почв могут, повидимому, находиться лишь трудно растворимые, высоко основные фосфаты полуторных окислов.

На основании данных различной растворимости фосфатов Са и полуторных окислов и считаясь с теми соображениями, что фосфаты Al и Fe в подзолистых почвах являются трудно доступными растениям, был проведен целый ряд опытов с целью выявления влияния извести на доступность растениям (Al) Fe PO₄.

Поскольку они представляют из себя соли сравнительно сильной кислоты и очень слабого основания, то в водном растворе должна иметь место гидролитическая диссоциация этих солей, которая будет итти по следующему уравнению: $(\text{Al}) \text{Fe PO}_4 + 3\text{HON} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{PO}_4 + (\text{Al}) \text{Fe} (\text{OH})_3$, но так как H_3PO_4

видится в большей степени диссоциирована, чем $(Al) Fe(OH)_3$, то гидроксильные ионы будут выходить из сферы реакций, образуя с избытком ионов H недиссоциированное H_2O — воду. Следовательно реакция должна будет идти в обратную сторону, т. е. к образованию $(Al) Fe PO_4$. Применяя те же рассуждения, увидим, что при прибавлении щелочи процесс идет в обратном порядке, т. к. ионы Al и Fe при избытке OH все время будут выводиться из сферы действия, образуя при этом мало диссоциированные гидраты $(Al) Fe(OH)_3$. Таким образом гидролиз пойдет энергичнее с большим накоплением P_2O_5 в растворе. На основании этого можно ожидать аналогичного влияния извести на фосфаты полуторных окислов в почве, т. е. увеличить их гидролиз, а освобождающуюся P_2O_5 перевести в фосфаты кальция. Правда, в силу наличия многообразия побочных факторов, в почве этот процесс должен происходить в несколько усложненных условиях.

Мы не будем здесь приводить всех опытных данных, имеющих в литературе по вопросу влияния извести на усвояемость растениями $(Al) Fe PO_4$, а только остановимся на некоторых из них. В опытах, например, Семушкина и Б. (20), о которых уже упоминали, обнаруживается отрицательное влияние $CaCO_3$ на доступность растениям фосфатов Al и Fe при наличии в питательной смеси $Ca(NO_3)_2$ 1,3 г против 20,1 г без $CaCO_3$ и положительное, когда в питательной смеси применялся в качестве $N-NH_4 NO_3$ (20,48 г против 7,19 г без $CaCO_3$).

В опытах Тулайкова и Крушанова (22), а также М. К. Доменивича и Ш. Р. Цинцадзе (26) у первых двух с прибавлением к питательным смесям $CaCO_3$, а у вторых — с подщелачиванием реакции (реакция регулировалась $NaOH$ и H_2SO_4), наблюдалось отрицательное действие на доступность растениям фосфатов Al и Fe : подобное же действие было замечено в опыте Семушкина, поставленном по методу изолированного питания. У некоторых же исследователей прибавление $CaCO_3$ к питательным смесям (с $FePO_4$) со всем не влияло, или же оказывало незначительное действие на урожай опытных растений, как напр. у Ungerega, M. Wrangel (цитировано по Аскинази и Ярусову) и К. К. Гедройца (25).

Ряд опытов с положительным действием $CaCO_3$ на доступность растениям фосфатов Al и Fe приводит в своей работе Д. Аскинази и С. Ярусов (23), в частности опыты — Magais с гречихой, Зоза — с гречихой, M. Wrangel с коноплей. Таким образом, на основании вышеизложенных опытов, поставленных в большинстве случаев в песчаных культурах, можно констатировать то отрицательное, то положительное действие извести на использование фосфатов Al и Fe растением.

Наличие отрицательного действия $CaCO_3$ на доступность растениям фосфатов Al и Fe , по всей вероятности, обусловлено образованием $Ca(PO_4)_2$, P_2O_5 которого при избытке концент-

рации Са в питательном растворе, является трудно усвояемой для растений.

Что же касается влияния извести на подвижность фосфорной кислоты некоторых почв, в частности подзолистых, оно является чрезвычайно положительным, так, напр. Д. Л. Аскинази и С. С. Ярусов (23), на основании своих опытов с известкованной и неизвесткованной почвой, приходят к такому заключению: „последствие извести на плодородие подзолистой почвы опытного поля Москос в Собакине по данным вегетационного опыта выразилось прежде всего в значительном увеличении доступности растений фосфорной к-ты почвы“. На основании своих полевых и вегетационных опытов они высказывают предположение, что с увеличением срока последствия растет и доступность растениям почвенных фосфатов, так, напр. по их данным, почва Собакина, имевшая перед внесением в нее извести в первом минимуме фосфорную кислоту, на 4 год последствия извести уменьшила свою потребность в P_2O_5 и стала нуждаться, прежде всего, в азоте; на 9 год последствия—известкованная почва в условиях опыта перестала вовсе нуждаться в фосфорнокислых удобрениях, так что одно удобрение азотом стало доводить урожай на ней до максимальной величины.

Авторами в исследуемых почвах определялась P_2O_5 по методу 1⁰/₀ лимонно-кислой вытяжки и кривых растворимости P_2O_5 по методу Бобко и Масловой, как те, так и другие дали согласные результаты, показывающие, что из известкованной почвы при применении указанных растворителей извлекается на 20—30⁰/₀ более P_2O_5 . При анализе растений (овса, вегетац. опыты) на содержание в них P_2O_5 оказалось, что последствие извести как на 4, так и на 9 год выразилось в значительном увеличении содержания P_2O_5 в овсе: поставленные в благоприятные условия извлечения максимального количества P_2O_5 (т. е. на фоне НК) растения на 4 год после внесения извести усвоили на известкованной почве P_2O_5 —на 47⁰/₀ более, чем на неизвесткованной: на 9 год—соответствующая прибавка равна 186⁰/₀ (от содержания P_2O_5 в контроле). Такое последствие извести на подвижность P_2O_5 в почве, по всей вероятности, находится в связи с переходом трудно усвояемых форм фосфорной кислоты почвы (возможно фосфатов полуторных окислов) под воздействием извести в фосфаты Са.

В данном случае увеличение подвижной P_2O_5 за счет энергичного разложения органического вещества с освобождением из него P_2O_5 , повидимому, большого значения не имело, потому что этот процесс, как показали те же авторы и целый ряд других исследований, в частности О. К. Кедров-Зихман (21), К. К. Гедройц (16), Д. В. Дружинин (27) и другие, будет иметь место только в первый период действия извести, а затем с течением времени заметно ослабевает. В той же работе Аскинази и Ярусов по вопросу о влиянии извести на энергию

разложения органического вещества высказывают следующее предположение: длительное известкование подзолистой почвы, повидимому, уравнивает ее в этом отношении (в отношении энергии разложения органического вещества А. У.) с черноземом, что находит свое объяснение в том, что в обоих случаях действие внесенной извести направляется на органическое вещество, уже находящееся (или находившееся) в равновесии с почвенной известью.

„Сравнивая последствие извести в нашем случае с действием ее в одном из опытов лаборатории Д. Н. Прянишникова с известкованием чернозема (где было получено увеличение урожая на 36% и содержание P_2O_5 в нем на 81%, при некотором уменьшении содержания N), мы убеждаемся в однородности характера воздействия в том и другом случае“ (28).

Таким образом, известкование может улучшать фосфорнокислосое питание растений не только на подзолистых почвах, но даже и на черноземах; на последнем известь ни в коем случае не могла являться в качестве фактора, ускоряющего энергию биологического разложения органического вещества, а следовательно и улучшение фосфорнокислого питания растений на черноземе, при воздействии на него извести, происходило за счет процессов в минеральной части почвы.

Факт значительного увеличения процента P_2O_5 в растении на известкованном черноземе и слабого влияния на повышение урожая имел место несколько позднее в опытах М. А. Егорова (29), который сообщает, что в вегетационном опыте с известкованием Харьковского чернозема (1% $CaCO_3$) при увеличении содержания P_2O_5 на 69%, урожай повысился лишь на 19%. По вопросу перехода фосфатов полуторных окислов в фосфаты Са под влиянием извести О. К. Кедров-Зихман (30), на основании своих работ, утверждает, что улучшение питательного режима под влиянием известкования почвы в отношении фосфора является также следствием перехода фосфатов железа и алюминия в фосфаты кальция.

На основании лабораторных исследований, а также вегетационных и полевых опытов становится очевидным, что на подзолистых почвах известь, попадая в почву, первое время после внесения, создает благоприятные условия для энергичного разложения органического вещества, в результате которого P_2O_5 органических соединений минерализуясь, частью усваивается непосредственно растениями, а частью в силу наличия большой концентрации в почвенном растворе Са, соединяется с последним, образуя тот или иной фосфат кальция в зависимости, в каждом конкретном случае, от наличия сопутствующих факторов (величины концентрации в почвенном растворе Н и Са, степени насыщенности и т. д.). Со временем минерализация органического вещества постепенно затухает, и процесс мобилизации P_2O_5 почвы под воздействием извести переносится в иную плоскость. С этого момента преимущественно вступают в силу иные про-

цессы, в частности может иметь место процесс гидролитического расщепления фосфатов полуторных окислов и связывания освобожденной $P_2 O_5$ с Са. Одновременно с процессами гидролиза могут происходить и другого рода реакции, природа которых до сего времени еще не установлена, но совершенно очевидно, что они в почве имеют место и принимают участие в переводе природных фосфатов, в частности, вероятно, не остаются без воздействия и встречающиеся в почвах кристаллики апатита, фосфаты кальция, которые в свою очередь, как показал Костычев, при известных условиях могут переходить друг в друга.

На черноземных же почвах влияние извести, главным образом, будет ограничено воздействием ее на природные фосфаты почвы и перевода их преимущественно в трехкальциевый фосфат. Переходим к рассмотрению наших экспериментальных данных по подвижной $P_2 O_5$ на почвах разной окультуренности.

При рассмотрении данных валового анализа почв, уже отмечались причины повышенного содержания общей $P_2 O_5$ на окультуренных почвах, а поэтому мы сейчас на этом вопросе подробно останавливаться не будем и перейдем к непосредственному рассмотрению подвижной $P_2 O_5$. Выше отмечалось, что наличие $P_2 O_5$ в неокультуренной почве обусловлено исключительно ее внутренними ресурсами; распределение же ее между отдельными формами соединений (минеральными и органическими) было предоставлено естественному процессу, роль человека в этом отношении была очень ограничена и сводилась только к механической обработке почвы (которая, нужно заметить, в условиях единичного хозяйства была чрезвычайно несовершенна) и случайному набору культур. Вследствие этого, вполне допустимо предположение, что природные фосфаты почвы типа апатита, полуторных окислов и др. видов соединений очень медленно могли переходить в более подвижные формы соединений. В результате чего на неокультуренных почвах констатируем не только пониженное количество общей $P_2 O_5$, но и очень слабую степень ее подвижности. Так, если в 1% лимонно-кислой вытяжки из усадебной почвы (в переводе на 100 г почвы) обнаружено 25 мг $P_2 O_5$, то на средне-окультуренной почве количество $P_2 O_5$ падает до 8,3 мг, а для неокультуренной почвы эта величина является совершенно ничтожной—3,0 мг. Если же эти величины выразим в ‰, взяв за 100% $P_2 O_5$ на усадебной почве, то на средне-окультуренной подвижная $P_2 O_5$ будет составлять по отношению к усадебной всего 33,2‰ и по неокультуренной—12‰.

Естественно встает вопрос, за счет каких же форм соединений $P_2 O_5$ увеличивается на окультуренных почвах подвижная фосфорная кислота и какие процессы приводят к такому результату. Мы уже отмечали, что самая существенная разница в воздействии человека на эти три сорта почвы заключалась, главным образом, в систематическом внесении навоза на усадебную и приусадебную почвы, причем продолжительность внесения и дозы

навоза на этих двух почвах были неодинаковыми, что, в свою очередь, привело к некоторому различию между ними: неокультуренная же почва никогда навоза не получала. Очевидно, что минерализованная фосфорная кислота навоза, вследствие наличия микробиологической деятельности и значительных количеств СаО (при 18 тоннах навоза мы вносили в почву до 60 кг СаО, а самые высокие урожаи зерновых его выносят не больше 15—25 кг на га). Только частично будет усвоена растениями, остальная же $P_2 O_5$ — частью перейдет обратно в органическую форму, а часть в минеральную, образуя тот или иной фосфат кальция. Таким образом, будет иметь место не только обогащение почвы общей $P_2 O_5$, но и подвижной ее формой. Одновременно нужно иметь в виду и то, что вносимый с навозом СаО будет в свою очередь, как мы видели выше, с одной стороны предохранять $P_2 O_5$ от взаимодействия с полуторными окислами, а с другой — способствовать переходу фосфатов последних в фосфаты кальция, более доступные для растений. Кроме непосредственного действия, СаО будет влиять на увеличение подвижности $P_2 O_5$ почвы посредством вступления в реакцию вновь образуемых хорошо растворимых фосфатов с основными фосфатами почвы, понижая их основность, а следовательно и увеличивая этим самым их растворимость. Правда, одними этими процессами действие СаО не ограничивается; он будет одновременно вызывать совместно с основаниями силикатов и карбонатов почвы различные степени ретроградации и полимеризации (особенно на черноземных почвах) фосфорной кислоты, переводя ее со временем в форму трехкальциевого фосфата. Но если вспомним неодинаковую растворимость трехкальциевого фосфата свежесажженного и трехкальциевого фосфата фосфоритов, костей и апатитов, то для нас совершенно очевидным станет все преимущество образуемого трехкальциевого фосфата на окультуренных почвах.

Работами Д. Н. Прянишникова и его лаборатории было показано, что для доступности $P_2 O_5$ растениями имеет значение не только форма фосфорнокислых солей, но и время их образования. Свежесажженный гидратный трехкальциевый фосфат ($Ca_3(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$) представляет собой более растворимое, а следовательно и более усвояемое для растений соединение, чем, скажем, трехкальциевый фосфат фосфоритов, а тем более апатитов. На основании этого можем сказать, что ретроградированные фосфаты окультуренных почв должны по своей растворимости приближаться к типу „свежесажженных“, а следовательно, и лучше усваиваться растениями.

Из изложенного следует, что увеличение легко растворимой $P_2 O_5$ на окультуренных почвах, есть результат связывания части минерализованной $P_2 O_5$ навоза СаО и его воздействие на природные фосфаты почвы (особенно на фосфаты Al и Fe), переводя их в конечном счете в фосфаты кальция.

Сопоставление данных общего содержания P_2O_5 исследуемых нами почв с данными лимоннорастворимой вытяжки дает нам некоторое право говорить о том, что увеличение подвижной P_2O_5 на окультуренных почвах происходит не только за счет минерализованной P_2O_5 навоза, но и за счет перевода природных фосфатов почвы под воздействием различных оснований навоза в особенности CaO , в более подвижные фосфаты.

В самом деле, чем же тогда объяснить такую колоссальную разницу между увеличением общей и лимоннорастворимой P_2O_5 на почвах разной окультуренности. Если мы возьмем две крайних по своему культурному состоянию почвы—усадебную и неокультуренную и сравним их по общей и лимоннорастворимой P_2O_5 , то увидим, что на усадебной почве лимоннорастворимой P_2O_5 на 88% больше, чем на неокультуренной, в то время как разница по общей фосфорной кислоте между ними равна всего 26%. Выставленное нами положение будет еще более очевидным, если принять еще во внимание то обстоятельство, что подвижность органического вещества окультуренных почв даже несколько ниже, чем неокультуренных.

Анализируя данные по содержанию P_2O_5 в гидролизате, мы замечаем некоторую аналогию с данными лимоннорастворимой вытяжки, несмотря на их количественную разницу (см. таблицу, стр. 9).

Но одновременно мы не можем не отметить значительного уменьшения разницы в количествах перешедшей в гидролизат P_2O_5 для тех же крайних почв. Если по количеству лимоннорастворимой P_2O_5 эта разница была равна 88%, то в данном случае она падает до 53%. В абсолютных же цифрах количество P_2O_5 , перешедшей в гидролизат из усадебной почвы, будет равно 77,7 мг, а для неокультуренной почвы эта величина доходит до 36 мг, (в 100 гр почвы). Таким образом, количество P_2O_5 , перешедшее в гидролизат из неокультуренной почвы, по сравнению с лимоннорастворимой P_2O_5 будет в 12 раз больше: в то время, как для усадебной почвы это количество P_2O_5 увеличилось всего в 3 раза.

Такое отношение P_2O_5 наших почв к различным растворителям вытекает из всего вышеизложенного материала. Совершенно понятно, что при гидролизе почв кислотой, последняя действует не только на легкорастворимые фосфаты, но она одновременно, разрушая некоторую часть аллюмосиликатов, будет переводить в раствор P_2O_5 фосфатов типа апатита и других трудно растворимых соединений фосфорной кислоты. При этом еще нужно иметь в виду переход в раствор хотя и незначительного количества P_2O_5 из гидролизуемого органического вещества. Следовательно, здесь нет никакого противоречия между данными лимоннорастворимой вытяжки и гидролизата. Данные P_2O_5 гидролизата лишней раз подтверждают высказанную нами выше точку зрения по вопросу природы фосфатов на почвах разной окультуренности.

В заключение этого раздела мы приведем еще данные щелочной вытяжки, проливающие до некоторой степени свет на характер связи P_2O_5 с полуторными окислами на почвах разной окультуренности. Вот эти данные:

Название почвы	Щелочная вытяжка 0,2 п Na_2CO_3					
	P_2O_5		$Fe_2O_3+Al_2O_3$		CaO	
	в мг на 100 гр почвы	в % от максимальной	в мг на 100 гр почвы	в % от максимальной	в мг на 100 гр почвы	в % от максимальной
Усадебная	6,44	64,2	64,0	64,0	100,0	100,0
Окультур. (полев.)	8,53	85,2	82,3	82,0	93,6	93,6
Неокультуренная	10,06	100,0	100,4	100,0	86,2	86,2

Из таблицы ясно видно, что чем больше переходит в 0,2 п Na_2CO_3 вытяжку (Fe+Al), тем соответственно больше переходит и фосфорной кислоты. С известью как раз зависимость обратная. Правда, на основании этих данных еще нельзя сказать, какая часть P_2O_5 было связано с Ca, а какая с полуторными окислами, но тем не менее некоторая зависимость между этими компонентами намечается. Исходя из этого, есть основание полагать, что весьма малая величина лимоннорастворимой P_2O_5 в неокulturенной почве находится в связи с тем обстоятельством, что значительная часть минеральных соединений фосфорной кислоты данной почвы находится в форме апатита и фосфатов полуторных окислов, которые по данным Wrangell und Stoklasa (31) (цитированы по Товарницкому) в лимонной кислоте растворяются очень слабо, а фосфаты Fe почти не растворяются. Из всего этого следует, что в районах выщелоченных, сильно выщелоченных в серолесных землях применение фосфоритной муки в больших количествах должно сыграть исключительную роль в деле перевода фосфорной кислоты из труднорастворимых форм в более растворимые фосфаты кальция.

На основании наших данных мы можем сделать еще одно предположение, что большие дозы фосфоритной муки в зонах ее применения обогащают почву P_2O_5 не только непосредственно вносимой вместе с ней, но и косвенным ее влиянием на природные фосфаты почвы, делая их более подвижными.

Вот после такой детальной характеристики почв различной окультуренности по их химическому составу и подвижности основных питательных элементов, мы сейчас перейдем к урожайным данным полевых опытов, которые покажут нам в какой степени урожай картофеля зависит от указанных моментов и как действуют удобрения на повышение урожая на почвах разной окультуренности.

Прибавки в центнерах на га от неудобренной. (Для усадебной почвы мы имеем данные по контролю и NPK)

	O		Pc		N		K	
	ц/га	в %	ц/га	в %	ц/га	в %	ц/га	в %
Усадебная	169,5	100	—	—	—	—	—	—
Окультурен. (полев) . .	99,3	100	8,9	109	12,26	112,3	4,46	104,4
Неокультур	72,54	100	9,69	113,3	13,83	119,0	10,47	14,4

	NK		NP		PK		NPK	
	ц/га	в %	ц/га	в %	ц/га	в %	ц/га	в %
Усадебная	—	—	—	—	—	—	21,4	112,6
Окультурен (полев) . .	35,4	135,6	38,3	138,5	5,7	105,7	40,02	140,3
Неокультур	31,46	143,3	41,67	15,74	25,67	135,3	53,16	173,2

Из рассмотрения приведенных результатов отчетливо видна тесная связь между агрохимическими показателями и урожаем. Наивысший урожай без удобрения получился на почвах с лучшими агрохимическими показателями, т. е. на почвах, насыщенных основаниями, с меньшей гидролитической кислотностью, с наибольшей емкостью поглощения; на почвах с наибольшим количеством перешедшего в гидролизат органического вещества и азота, с узким отношением между C/N, и, наконец, с более подвижной P₂O₅. Одним словом на тех почвах, которые по нашим представлениям являются наиболее культурными.

Таким образом, мы можем сказать, что высокое плодородие окультуренных почв обусловлено, главным образом, повышенным количеством усваиваемых питательных элементов и в первую очередь азота и фосфора.

На основании всех имеющихся материалов и наших исследований, будем называть окультуренными почвами такие, которые обладают, по сравнению с целинными, от которых они произошли, лучшими физико-химическими свойствами, в широком понимании этого слова, богатством полезными (с точки зрения произрастания растений) микроорганизмами, оптимальной реакцией среды и оптимальным соотношением компонентов пищи растений в почвенном растворе и поглощающем комплексе: чис-

тые от сорняков и дающие при данном состоянии науки и техники наивысшие урожаи.

Переходя к данным влияния минеральных удобрений на повышение урожая картофеля на почвах разной окультуренности, прежде всего приходится отметить тенденцию в сторону понижения реакции почв на удобрения по мере их окультуривания. Характерно, что эта тенденция имеет место почти для всех комбинаций удобрений и особенно рельефно проявляется по комбинациям РК и NPK. Так, если на неокультуренной почве прибавка урожая картофеля от РК равняется 25,6 ц/га, то для средне-окультуренной она падает до 5,7 ц, по РК эта разница в прибавках урожая проявляется еще отчетливее. В данном случае мы будем иметь такую последовательность: на усадебной почве прибавка урожая картофеля от внесения NPK получилась 21,4 ц/га, на средне-окультуренной—40 ц/га и наконец на неокультуренной она достигает—53,16 ц/га.

Характерно отметить, что такая „закономерность“ наблюдалась, как мы уже указывали в начале нашей работы, и другими исследователями для целого ряда культур на различных почвенных разностях. Массовые опыты по картофелю за 1933—34 г., по данным станции химизации бывш. ЦЧО, дают сходные с нашими результаты (см. в начале).

Но отсюда вовсе еще не следует, что эта „закономерность“, т. е. снижение эффективности удобрений на окультуренных почвах будет являться универсальной для всех минеральных удобрений при всевозможных их дозах и комбинациях: тем более, если еще принять во внимание биологическую специфичность растений, то до очевидности будет ясно, что эта кажущаяся „закономерность“ является не законом природы, а иллюстрацией неправильного подхода к анализу полученных данных.

Ведь всякому, сколько-нибудь знакомому с вопросами физиологии растений, известно, что чрезмерное увеличение одного факторов роста, при постоянстве всех остальных, влечет не только к депрессии в развитии растительного организма, но и к нарушению нормального его функционирования. В данном случае будет иметь место перерастание положительного фактора в свою прогивоположность.

Из этого следует, что к выяснению закономерности таких процессов нельзя прилагать анализа метафизической логики, при котором все условия, кроме одного, остаются неизменными. Такие закономерности могут быть раскрыты только лишь путем диалектического анализа.

При анализе определения окультуренной почвы, данного М. А. Егоровым мы подробно останавливались на причинах этих кажущихся „закономерностей“, а поэтому здесь останавливаться на них не будем и перейдем к непосредственному изложению опытных данных последнего времени, которые пока-

зывают, что наряду с фактами снижения эффективности удобрений на окультуренных почвах имеются случаи, когда отдельные удобрения и их различные комбинации для некоторых культур дают более высокую эффективность на почвах окультуренных по сравнению с неокультуренными. И эта высокая эффективность удобрений особенно рельефно выявилась на средне-окультуренных подзолистых и серолесных почвах по сравнению со слабо окультуренной под коноплю и некоторые другие культуры.

Так, например, В. А. Францессон (32) приводит данные Щербы, который на Долгопрудном оп. поле, констатируя отсутствие эффективности фосфорита и суперфосфата на фоне НК на окультуренном приусадебном участке, одновременно в тех же опытах обнаружил, что комбинация НК под овес (в мелкоделяночном опыте) дала на слабо окультуренных почвах прибавку 4,8 ц на га (при урожае контроля в 17,6 ц на га), а на приусадебном участке—9,4 ц на га (при урожае конт. в 17,4 ц на га). Кроме того, в опытах ВИУА 1932—33 г. наблюдалось слабое эффектирование калия под коноплю на сильно окультуренных почвах лесостепи, в то время, как на сильно и средне-окультуренных песчаных и супесчаных подзолистых почвах калий, при внесении его под картофель, дает хорошие прибавки урожая.

В опытах с коноплей 1932—33 г. эффективность полного минерального удобрения или парных комбинаций с азотом (и одного азота) на средне-окультуренных почвах во всех случаях была в среднем выше, чем на слабо-окультуренных. Для подзолистых почв прибавка от внесения NPK поднималась от 9,2 ц на га на слабо-окультуренных почвах до 15,4 ц/га для средне-окультур., для серо-лесных земель прибавки в среднем поднимались от 11,3 до 15,4 ц на га (соломки-матерки). Из этих данных как будто намечается тенденция в сторону уменьшения разницы в эффектировании удобрений между окультуренными и слабо-окультуренными почвами под коноплю по мере перехода от подзолистых к черноземным почвам (см. данные).

Из предыдущих данных видно, что навоз под зерновые культуры и сахарную свеклу (вероятно данное положение будет иметь место и для картофеля) на окультуренной почве выщелоченных и мощных черноземов не эффектирует: применение же его под коноплю даже на сильно окультуренных конопляниках, расположенных на тех же почвенных разностях, оказывает положительное действие на величину урожая конопли. Общеизвестно, что на старых конопляниках урожайность конопли снижается, если на них в течение долгого времени не будет вноситься навоз или другие удобрения.

Вероятно, причиной различной эффективности навоза в данном случае является биологическая особенность конопли и других указанных культур, различный характер расположе-

	Окультуренная						Не окультуренная					
	Высота растений				Число стеблей		Высота растений				Число стеблей	
	10/VII		30/VII				10/VII		30/VII			
	По со- судам	Сред.	По со- судам	Сред.	По со- судам	Сред.	По со- судам	Сред.	По со- судам	Сред.	По со- судам	Сред.
О	29,5 27,5 25,0 26,3	27,1	38,0 48,0 50,2 45,5	45,4	12 7 9 8	9	10,5 17,0 32,0 15,5	16,25	60 54 52 60	56,5	4 9 11 5	7,25
Рс	31 28,5 29,0 30,2	29,7	46,0 45,0 45,0 47,3	45,8	8 12 10 9	9,8	23,0 20,5 26,0 24,5	23,5	54 65 40 54	53,2	11 9 11 10	10,25
Na	28,5 23,0 27,5 28,3	27,0	58 53 55 54	55	7 13 11 10	10,25	27,5 25,5 24,0 25,0	25,5	58 50 52 62	58	12 10 6 8	9
Кс	23,5 25,0 23,5 24,4	24,1	43 45 43 46	55,5	9 9 9 10	9,25	20,0 26,5 25,0 23,2	23,7	42 54 45 44	46,25	8 9 7 6	7,5
NK	12,6 28,0 28,0 27,5	27,8	61 60 58 59	59,5	9 9 11 8	9,25	21,5 22,5 24,0 23,0	23	55 57 61 60	58,25	4 7 8 9	7
NP	27,5 34,0 20,0 27,3	27,2	58 60 62 59	59,8	8 9 4 8	7,8	32,5 26,5 24,0 25,0	26,25	61 50 60 62	58,25	10 12 10 12	11
PK	24,5 22,0 22,0 23,0	22,9	54 68 60 56	59,5	9 8 9 8	8	22,0 22,0 24,0 21,5	22,4	75 48 65 62	62,5	8 12 9 9	9,5
NPK	26,5 29,0 29,0 28	28	62 60 58 61	60,25	11 12 13 10	11,5	23,0 26,0 26,0 23,0	24,5	65 60 60 54	59,8	7 10 7 8	8

Цвет ботвы на обеих почвах светлозеленый, на окультуренной стебли мощные

Цвет светло-зеленый, стебли тонкие, края листьев сухие, состояние растений несколько угнетенное.

Цвет темно-зеленый, стебли мощные, листья широкие.

Цвет с желтоватым оттенком на обеих почвах, стебли очень тонкие, листья узкие, края листа сухие, состояние угнетенное.

Цвет зеленый, стебли нормальные.

Цвет зеленый, состояние нормальное.

Цвет светло-зеленый, стебли тонкие, листья мелкие, края листьев сухие и загнутые.

Цвет зеленый, стебли очень мощные, вид прекрасный.

Из этого следует, что степень окультуренности почвы оказывает существенное влияние на все то многообразие в эффективности отдельных форм и комбинаций удобрений под различные культуры.

Поэтому изучение культурных вариантов почвенных разностей в настоящее время должно занять одно из первых мест в агрохимических исследованиях, потому что только при детальном изучении этого вопроса можно будет выявить закономерности эффективности удобрений и на основе этого построить наиболее рациональную систему их применения.

В целях придания большей достоверности полевым опытам, одновременно с ними были поставлены на тех же почвах вегетационные опыты, к изложению которых и переходим.

Почва, как уже указывалось выше, сильно выщелоченный чернозем (см. описание выше), взята из колхоза, в котором проводились полевые опыты, с тех же участков, т. е. с окультуренного и неокультуренного. Почвы в пересчете на абсолютно сухую, на сосуд размером 20×32 пошло 8 кг, просеяна она была через сито в 1 см.

Удобрения были взяты из того же колхоза и пересланы по почте на кафедру агрохимии В-СХИ.

Нормы на сосуд взяты:

N	1,0 гр (сульфат аммония).
P ₂ O ₅	0,5 „ (суперфосфат).
K ₂ O	1,5 „ (сильвинт)

Удобрения внесены в сухом виде перед набивкой сосудов (влажность окультуренной почвы перед набивкой 25⁰/₁₀₀, неокультуренной — 23,7⁰/₁₀₀).

Набивка сосудов обычная: сверху, после посадки картофеля, был насыпан изолирующий слой песка, толщиной в 1—1,5 см, (весом в 500 г.)

Сосуды оцинкованные — Вагнеровские.

Стенки, дно и желобки сосудов покрывались дамаровым лаком; в качестве дренажа употреблялось битое стекло.

Повторность для обеих почв была 4-х кратная. Картофель для посадки взят — Серп и Молот из подвала Зональной картофельной станции.

Посадка производилась 22 июня по одному клубню на сосуд, глубиной на 10 см, клубни подбирались по возможности одинакового размера и формы, предварительно проросшие. Окучивание не производилось. Сосуды все лето находились на открытом воздухе и только во время дождя ввозились в вегетационный домик.

Поливка производилась водопроводной водой из предварительно наполняемого чана, до 60⁰/₁₀₀ от полной влагоемкости по весу. Поливку производили ежедневно с чередованием — один день сверху, а другой снизу.

Уборка картофеля для обоих опытов произведена в два срока, по две повторности—15/VIII и 11/X.

Наблюдения за опытами заключались в ведении систематических еженедельных записей.

Отмечены фазы развития, средняя высота растений по каждому сосуду 10/VII и 30/VII и число побегов.

Во время уборки взвешены были клубни; ботва взвешивалась при воздушно-сухом состоянии. Определение крахмала не производилось, из-за отсутствия прибора для малых проб.

Всходы появились между 1—2 июля. Развитие картофеля после появления всходов шло чрезвычайно быстро и к 10 июля уже начало сказываться влияние минеральных удобрений в сосудах с некультуренной почвой.

Вот после этих кратких замечаний и перейдем к изложению экспериментальных данных. (См. табл. на стр. 28—29).

Влияние удобрений на рост картофеля стало оказываться на некультуренной почве с 10 июля. Измерение высоты растений, произведенное 10 июля, показало значительные различия. На окультуренной почве эта разница проявилась в меньшей степени, а на высоте растений она вовсе не сказалась. Основное различие между удобренными и неудобренными сосудами проявилось не в высоте растений и количестве побегов (по количеству побегов все варианты обоих почв отличались мало друг от друга—по средним колебания в пределах 7—11,5), а, главным образом, сказалось на мощности побегов и окраске листьев; побеги были более мощными во всех сосудах, получивших азот. Сосуды же с Р, РК и К имели угнетенный вид и особенно сосуды с К, и что характерно, такое явление наблюдалось на обоих почвах. Теперь перейдем к урожайным данным по периодам (прибавки в граммах на сосуд).

Схема опытов	Первый период 15-го августа									
	Окультуренная					Неокультуренная				
	Урож. клуб. в <i>гp</i>	Урож. возд. сух. ботвы	Общ. урожай.	Прибав. урожай. в <i>гp</i>	В %	Урожай клуб. в <i>гp</i>	Урож. возд. сух. ботвы	Общий урожай.	Прибав. урожай. в <i>гp</i>	В %
О	134,3	25,7	160	0	100	117,4	29,2	146	0	100
Рс	121,5	28,2	149,7	12,8	90,5	112,3	26,4	138	5,1	96,4
N	180,0	44,4	224,4	45,7	133,5	196,0	52,0	248,0	78,6	166,8
К	103,7	22,2	125,9	30,6	77,2	103,4	23,5	126,9	14,0	88,3
NK	190,4	51,9	242,3	56,1	144,5	187,1	48,3	219,4	69,7	159,2
NP	172,1	42,6	214,7	37,8	129,2	174,6	52,4	227,0	57,2	148,7
PK	85,5	35,4	121,2	48,5	63,9	107,2	33,5	140,7	10,2	91,5
NPK	163,0	43,4	206,4	28,7	121,1	184,0	46,8	230,8	66,6	156,8

Схема опытов	Второй период 11 октября									
	Окультуренная					Неокультуренная				
	Урож. в клуб. в грам.	Урожай в воздуш. сухой ботвы.	Общий урожай	Прибав. урожая в гр	В %	Урожай клуб. в гр	Урожай в воздуш. сухой ботвы	Общий урожай.	Прибав. урожая в гр	В %
О	191,2	16,95	208,2	0	100	167,7	24,5	192,2	0	100
РС	174,5	24,35	199,0	16,7	91,5	167,0	21,3	188,3	0,7	99,5
N	260,4	31,1	291,5	69,2	136,5	280,0	37,5	317,5	112,3	167,0
K	144,3	16,5	160,8	46,9	75,5	151,2	19,1	170,3	16,5	90,2
NK	271,5	30,4	301,9	80,3	142,0	268,1	37,9	306,0	100,4	160
NP	243,9	34,1	278,0	52,7	127,8	249,5	41,6	291,1	81,8	148,7
PK	119,1	29,5	148,6	72,1	62,3	149,0	26,4	175,4	18,7	89,2
NPK	231,0	42,0	273,0	39,8	121,0	262,5	42,1	304,6	94,8	156,5

В вегетационных опытах обе почвы вели себя в отношении реакции на удобрения совершенно аналогично с полевыми, даже в условиях вегетационного опыта указанная выше тенденция, т. е. понижение эффективности удобрений по мере окультуривания почвы, проявилось более отчетливо для всех комбинаций удобрений. Урожай контрольных сосудов с окультуренной почвой на 15% выше, чем в контрольных сосудах с неокультуренной почвой.

Таким образом, в вегетационных опытах, при оптимальной влажности неудобренные почвы ведут себя аналогично с полевыми условиями. Но одновременно необходимо отметить, как бы некоторое сглаживание разницы в плодородии обеих почв. Если в условиях полевого опыта разница в урожае контрольных делянок была равна 36%, то в вегетационных опытах она упала до 15%. Такое явление, вероятно, связано с возможностью растений на неокультуренной почве, в условиях оптимальной влажности, в большей мере обеспечивать себя питательными веществами через увеличение транспирационного коэффициента (37)

Следующей характерной особенностью вегетационных опытов является отрицательное влияние от одностороннего внесения суперфосфата, сильвинита и от комбинации РК, и, как правило, это отрицательное действие проявилось в большей степени в сосудах с окультуренной почвой, так, напр., на окультуренной почве по суперфосфату снижение урожая против контрольных сосудов получилось на 16,7 гр, на неокультуренной оно равно 0,7 гр., или почти его нет: по сильвиниту естественно 46,9 и 16,5; по РК—72,1 гр и 18,7 гр. По этим же сосудам наблюдалось и пониженное количество нитратов. В данном случае, указанные

удобрения по своему угнетающему действию проявили аналогичное влияние как на растения, так и на микробиологическую деятельность. Нам представляется, что в основе данного явления, как в том, так и в другом случае, лежит токсичность солей, получившаяся в силу высоких доз удобрений (как известно из описания методики закладки опытов в наши сосуды, против нормальных вагнеровских в 5 кг почвы, вошло по 8 кг почвы, т. е. в полтора раза больше, а удобрения были внесены в двойном количестве, так $P_2 O_5$ внесено 0,5 гр N—10 гр. и $K_2 O$ —1,5 гр).

Это предположение как-бы подтверждается тем, что на окультуренной почве (и без этого богатой растворимыми веществами) угнетающее действие указанных удобрений проявилось в несколько большей степени, чем на неокультуренной.

Характерным является в данных опытах и то обстоятельство, что в них имеем не только тенденцию к понижению эффективности удобрений, по мере окультуривания почвы, но и уменьшение в большинстве удобренных сосудов общего урожая клубней, по сравнению с аналогичными сосудами неокультуренной почвы.

Приведем несколько примеров из данных таблицы: урожай на окультуренной почве в сосуде с азотом равняется 260,4 гр., а на неокультуренной почве 280,0 гр, соответственно в сосудах с РК—119,1 гр и 149,0 гр, с NPK—231,0 гр и 262,5 гр.

Следовательно, в этом отношении вегетационные опыты дали совершенно противоположные результаты, чем полевые. Там мы для всех удобренных делянок окультуренной почвы имели общий урожай клубней выше, чем на неокультуренной. На объяснении этого явления остановимся ниже.

Нельзя не отметить еще одной интересной особенности для вегетационных опытов, относящейся в равной мере к обоим почвам и которая выражается в чрезвычайно большой эффективности от одного азотного удобрения, превзошедшей все другие комбинации.

Спрашивается, в чем же причина такого своеобразного поведения по отношению к удобрениям культуры картофеля в условиях вегетационного опыта. Нам кажется, в основе всего этого лежат, как мы уже отмечали выше, с одной стороны, условия влажности, повышенная концентрация солей в почвенном растворе и с другой, физиологические особенности культуры картофеля. Начнем с того, в какой степени происходило обогащение почвы, (а следовательно и почвенного раствора) растворенными солями и условиях полевого и вегетационного опытов.

Так, если мы примем вес пахотного слоя почвы за 3 миллиона кг., а вес почвы в вегетационных сосудах наших опытов 8 гр, то распределение вносимых удобрений при наших дозах будет иметь следующий вид:

Условия опыта	Дозы удобр. в действующих началах			Колич. действующ. начала, приходящ. на 1 кг почвы (в гр)			В %		
	P ₂ O ₅	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	K ₂ O
Полевой опыт.	45кг/га	45кг/га	60кг/га	0,015	0,015	0,02	100	100	100
Вегетационный опыт.	0,5гр/сос	1,0гр/сос	1,5гр/сос	0,063	0,125	0,188	420	830	945

Из приведенных результатов видна отчетливая разница в обогащении корнеобитаемого слоя растворимыми солями почв полевых и вегетационных опытов, которая будет еще разительнее, если мы примем во внимание различную возможность проникновения вносимых удобрений в нижележащие слои почвы для полевых и вегетационных опытов.

Известно, что в полевых опытах вносимые удобрения распределяются не только в пахотном слое, но и проникают в нижележащие слои почвы; в условиях же вегетационного опыта все удобрения будут сосредоточены в той почве, которую мы вносим в сосуд. Отсюда следует, что в наших опытах условия питания растений были неодинаковыми, следствием чего и явилось то своеобразие, которое мы отмечали в вегетационных опытах.

При внесении в почву вегетационных сосудов отдельно суперфосфата, сальвинита и РК почвенный раствор, вероятно, делаясь неуравновешенным, обуславливает одностороннее избыточное поступление в растение указанных ионов, которые, попадая в клетку при недостатке азота, вызывают нарушение нормального процесса синтеза органического вещества, т. е. производят токсическое действие, которое в конечном счете и приводит к понижению урожаев в указанных сосудах. Правильность наших заключений о связи понижения урожая с токсическим действием избыточных концентраций солей, находит себе подтверждение в факте большего понижения урожая в сосудах с указанными удобрениями на окультуренной почве, более богатой растворимыми соединениями.

Исключительно высокая прибавка урожая клубней картофеля от одного N на обеих почвах и незначительное расхождение урожаев параллельных сосудов дает нам основание говорить о том, что данное явление не случайно.

Для уяснения данного положения остановимся несколько на литературных источниках по этому вопросу.

Целым рядом исследователей, в частности М. А. Егоровым (39), Б. А. Голубевым (14) и др., был констатирован факт, что в условиях вегетационного опыта большинство черно-

земных почв в первом минимуме обнаруживают азот, тогда как в поле во многих случаях эти же почвы проявляют потребность только в P_2O_5 .

Спрашивается, чем же обуславливается такое различие в реакции почвы на эти два элемента.

Нам представляется, что одним из существенных факторов, влияющих на расхождение в показаниях вегетационного и полевого опыта, необходимо признать различные условия увлажнения почвы в том и другом случае.

По данному вопросу С. П. Кравков (40), основываясь на многочисленных работах К. К. Гедройца (41), приходит к такому заключению, что „В настоящее время можно считать установленным, что зависимость относительной потребности почвы в тех или иных удобрениях от условий увлажнения почвы настолько сильна, что почва, показывающая в первом минимуме при одних условиях увлажнения азот, при других условиях увлажнения показывает в первом минимуме фосфорную кислоту и т. д.“

Опыты К. К. Гедройца также показали, что не остается без существенного влияния, в частности, и способ получения почвою влаги, поступает ли она в почву один раз в день, или же в несколько приемов: оказывается, что потребление растением из почвы питательных веществ происходит в том и другом случае с различной энергией. Тем же исследователем (42) отмечается, что немалое влияние оказывает на результаты вегетационного опыта и величина взятого объема почвы. Обнаружилось, что относительная потребность почвы в удобрении уменьшается с увеличением объема сосудов, причем эта зависимость относительной потребности почв в удобрениях от объема сосудов оказывается тем сильнее, чем плодороднее почва.

При рассмотрении вопроса нитрификации в полевых и вегетационных опытах уже была констатирована возможность понижения в вегетационных опытах энергии нитрификации, которую, на основании своих данных, М. А. Егоров (39) объясняет высокой суточной и средней месячной амплитудой колебания температуры в сосудах и повышенной влажностью почвы, а также неравномерностью ее распределения в столбе почвы сосуда, и как будто следствием различий в интенсивности нитрификационного процесса можно до некоторой степени объяснить факт повышенной отзывчивости чернозема на азот в вегетационных условиях. Но если даже представим себе, что интенсивность нитрификационного процесса в черноземных почвах одинакова как в полевых, так и вегетационных условиях (опытами Носовской Оп. ст.) (43) и Б. А. Голубева (4) установлен такой параллелизм темпа нитрификационной деятельности почвы в условиях поля и домика), то этим все равно не будет устранена возможность повышенной отзывчивости чернозема на азот в вегетационном опыте.

Выше мы уже отмечали, что энергия поступления питательных веществ в растение и относительная потребность почвы в удобрениях зависят, с одной стороны, от количества влаги и способа ее поступления в почву, и, с другой—от объема почвы в сосуде. А так как в природной обстановке и вегетационного опыта эти условия совершенно различные, то ими, вероятно, и будут обуславливаться те различия в реакции почвы на азот.

Следствие изложенного будет более вероятным объяснение рассматриваемого явления, если принять во внимание активную роль подпахотного горизонта почвы. В виду того, что продуктивный слой черноземных почв в несколько раз превышает пахотный горизонт почвы, то энергия жизнедеятельности нижележащих слоев чернозема, в которых также развиваются корни растений, должна быть учтена. Целым рядом литературных данных установлена возможность биологических процессов и в частности нитрификационного в более глубоких слоях чернозема, в то время, как в вегетационном сосуде количество почвы отвечает лишь 16—20 см и равно почти пахотному горизонту почвы, следовательно, обеспеченность азотом развивающихся на данной почве растений в условиях поля и вегетационного домика должна быть различной и безусловно она будет большей в поле.

Вот этим, повидимому, частично и объясняется большая отзывчивость почвы на внесение азота именно в вегетационном опыте.

Для подтверждения нашего положения приведем данные Полтавской Опытной станции (34) по вопросу распределения нитратов в разных горизонтах почвы.

Мощность исследуемого почвенного слоя в см	0-20	20—40	40--75	75—	100—	125—	150—	175—
Колич. NO ₃ в мг на 1 кг. абс. сух. почвы	27,5	8,5	4,6	3,2	2,7	2,5	2,0	2,2

Что же касается снабжения растений фосфорной кислотой, то в этом случае роль подпахотного горизонта черноземной почвы будет, вероятно, несколько меньшей, потому что значительное наличие в нем карбонатов и других оснований (74) (возможно и Fe и Al) и относительная бедность его общей P₂O₅ будут способствовать малой ее подвижности и низкой усвояемости.

Приведем данные распределения P₂O₅ по почвенному профилю (пример для целивной степи „Аскания Нова“ (44).

Глубина слоев на поверхн. в см 0—5, 10—15, 20—25, 45—50, 70—75. P₂O₅ в % 0,3699, 0,2353, 0,1193, 0,1009, 0,0809, 0,0503.

Подвижность же P₂O₅ в вегетационных сосудах, повидимому, вследствие повышенной увлажненности, как показывают неко-

торые исследователи (45), увеличится (в наших опытах для вегетац. сосудов тенденция увеличения лимоннорастворимой P_2O_5 как будто тоже намечается).

Приведем данные ХОС—ХОС (44) влияния влажности почвы на доступность почвенной P_2O_5 для растений.

Опыты с ячменем (проводились в течение 5-ти лет).

	Общий урожай без P_2O_5		Фосфорная кислота без P_2O_5	
	гp	%	гp	%
30 % H_2O	8,34	100	0,0394	100
60 % "	11,13	133,5	0,0573	145,4
80 % "	12,13	145,4	0,0588	149,2
100 % "	11,11	133,2	0,0488	123,9

В результате всего изложенного будем иметь следующее: усиленное поступление воды, ежедневная вентиляция почвы путем поливки и некоторое, повидимому, увеличение подвижной P_2O_5 , способствуют в условиях вегетационного опыта появлению у растений усиленной энергии роста, а вместе с тем появляется и усиленный спрос на азотистое питание, но так как количество почвы сосуда ограничивает сферу распространения корневой системы растения, то вследствие этого получается несоответствие между спросом растения в азоте и количеством образующихся нитратов в сосуде.

Таким образом, в вегетационных опытах, с одной стороны, создаются условия, способствующие увеличению азотного минимума, и с другой—условия значительного сглаживания фосфорнокислого минимума. Кроме того, вносимый в сосуд в значительном количестве $(NH_4)_2SO_4$, в свою очередь, в силу физиологической кислотности, воздействовал на трудно растворимые фосфаты почвы, в результате чего увеличивалось количество P_2O_5 в почвенном растворе. Следовательно, вносимый в вегетационные сосуды $(NH_4)_2SO_4$ не только уничтожал азотный минимум, но и способствовал сглаживанию такового для фосфорной кислоты, тем самым создавал наиболее оптимальные условия для нормального развития культуры картофеля.

Имеющее место подкисление среды и некоторый избыток азота отрицательного действия на картофель, в силу ее физиологических особенностей, не произвели.

Вот, вероятно, этим и объясняется кажущаяся аномалия при одностороннем удобрении N картофеля в условиях вегетационного опыта.

Отсутствие же преимуществ комбинаций NP, NK и NPK, нам представляется, находится в связи с фактом превышения оптимальной концентрации солей почвенного раствора, что не

могло не привести к некоторой депрессии в урожае, или же оставить его на том же уровне.

Выше было отмечено, что в большинстве сосудов с некультуренной почвой, но получивших те или иные удобрения, урожай клубней картофеля был выше, чем в аналогичных сосудах с окультуренной почвой.

Причины такого явления, нам кажется, следует искать в тех же факторах различия концентраций солей и их соотношений в почвенном растворе. При условии меньшего наличия в некультуренной почве легко растворимых соединений, вносимые удобрения создавали наиболее оптимальные условия для питания растений, т. е. соотношения между отдельными элементами и их концентрации соответствовали тем требованиям, которые растения предъявляют к питательному субстрату для получения наилучшего урожая.

На окультуренной же почве, обладающей большими внутренними запасами пищи растений, вносимые удобрения вероятно приводили к некоторому нарушению оптимальных соотношений между отдельными компонентами почвенного раствора, что безусловно не могло не отразиться на высоте урожая клубней картофеля.

Учет общего выноса питательных элементов урожаем клубней картофеля показал, что количество P_2O_5 и N, извлеченные из почвы урожаем клубней значительно ниже их количеств, внесенных в удобрения. Правда, нами не было учтено количество их в ботве, но если-бы даже мы сюда включили и данные ботвы, то все равно внесенные с удобрениями P_2O_5 и N (особенно первая) составили бы значительный процент по отношению к общему их количеству в растении. Для большей наглядности приведем данные анализа клубней картофеля вегетационных опытов.

ЧТО ОПРЕДЕЛЯЛОСЬ	Окультуренная почва							
	О	Р	Н	К	NK	NP	PK	NPK
Сух. в-во в гр	48,2	44,3	64,2	36,4	68,2	62,3	30,4	58,7
P_2O_5 в $\%_o$ на сух. в-во .	0,337	0,305	0,303	0,353	0,305	0,336	0,472	0,372
P_2O_5 в мг (общ. вынос)	162,4	135,0	195,0	129,0	205,0	209,3	143,4	218,0
K_2O в $\%_o$ на сух. в-во .	1,74	1,68	2,53	2,73	2,17	2,10	2,27	2,35
K_2O мг (общий вынос)	840	744	1622	995	1480	1310	691	1378
N в $\%_o$ на сух. в-во . . .	1,025	1,001	1,504	—	1,395	—	—	1,412
N в мг (общий вынос)	495	443	964	—	950	—	—	830
Общ. колич. угл. в $\%_o$ на сух. в-во.	78,3	82,5	80,1	74,9	79,9	80,5	80,8	79,2

Не окультуренная почва

О	Р	N	К	NK	NP	PK	NPK
42,2	41,4	71,4	38,5	67,8	63,2	38,7	66,2
0,331	0,400	0,300	0,350	0,302	0,353	0,416	0,369
140,0	165,5	214,1	135,0	202,3	223,7	161,0	244,2
1,97	1,84	2,86	3,04	2,49	2,77	2,77	2,62
832	762	2200	1170	1687	1752	1070	1745
1,005	—	1,635	1,41	—	1,45	1,34	1,50
425	—	1166	555	—	917	520	880
78,5	81,2	80,6	74,1	78,4	83,1	80,8	80,4

В данной таблице мы одновременно с данными абсолютного количества фосфора, азота и калия приводим и их процентное содержание, в результате чего оказывается, что процентное содержание P_2O_5 в клубнях картофеля под влиянием фосфорнокислых удобрений заметно повышается, за исключением случаев с Р и NP на окультуренной почве.

Еще более отчетливую картину в этом отношении проявляют азот и калий, процент которых в клубнях картофеля от соответствующих удобрений значительно повышается: исключение в этом отношении представляет одно фосфорно-кислое удобрение, которое несколько понижает процент К и N в клубнях картофеля.

Кроме того, таблица показывает, как действуют различные удобрения на изменение процента общих углеводов в клубнях картофеля.

Из таблицы видно, что процентный состав общих углеводов в клубнях картофеля под влиянием удобрений изменяется по обоим почвам крайне незначительно, за исключением К — силвинита, который в данном случае занимает несколько особое положение, понижая общее содержание углеводов, что неоднократно отмечалось и другими исследователями.

Заключение

Считаем необходимым отметить, что окультуривание сильно выщелоченного чернозема при длительном систематическом внесении навоза приводит не только к обогащению этих почв органическим веществом, азотом и фосфорной кислотой, но и спо-

способствуют переходу трудно растворимых природных фосфатов, в частности фосфатов полуторных окислов, в более подвижные соединения фосфорной кислоты, вероятно, преимущественно в форму типа свежеосажденного гидратного трехкальциевого фосфата. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который, главным образом, и обуславливает повышенные количества P_2O_5 слабокислых вытяжек.

Если в условиях единоличного крестьянского хозяйства окультуривание почв происходило стихийно, очень медленно и исключительно за счет навозного удобрения, то в настоящее время, в условиях социалистического земледелия процесс окультуривания должен быть доведен до максимально короткого времени через имеющуюся в нашем распоряжении целую систему мероприятий.

На основании полученных результатов исследования нам представляется, что разрешение данного вопроса должно принять следующее направление.

Поскольку процесс окультуривания есть, прежде всего, процесс обогащения почвы легко подвижными питательными веществами, постольку перед работниками агрохимии и почвоведения встает первоочередная задача разработать наиболее рациональную систему обогащения наших почв подвижными питательными веществами, которая должна будет включать в себя не только внесение их извне, но и возможность мобилизации внутренних ресурсов самих почв (особенно черноземных).

Для этого требуется развернуть, одновременно с массовым опытничеством в колхозах и совхозах, специальную сеть стационарных опытов с более углубленной тематикой, которая включала бы в себя вопросы комплексного порядка, в частности:

- а) влияние отдельных форм и доз различных минеральных удобрений по фонам разной агротехники и окультуренности;
- б) время внесения и способы заделки минер. удобр.;
- в) дозы и формы различных удобрений;
- г) различное сочетание минеральн. удобрения с навозом и др. отходами с/х. производства;
- д) влияние косвенных минеральных удобрений — известь, поваренная соль и др.

Конечно, все это необходимо проводить в специальных севооборотах и с различными сортами с/х. культур, причем с одновременными глубокими исследованиями как почвы, так и растений. Ибо одни массовые опыты без глубоких исследований почвы и растений не в состоянии дать ответ на все вопросы практики соц. земледелия.

В настоящее время уже недостаточно знать, что удобрения вообще повышают урожай. Практика социалистического земледелия требует от работников с/х. науки перехода от констатации фактов к их теоретическому осмысливанию, к их синтезированию. Она требует, чтобы все опытные результаты, рекомендуемые земельными органами для их реализации, были теоретически обоснованными и экономически рентабельными. У нас

во всей специальной агрохимической литературе до сего времени приводятся лишь одни цифры прибавок или убыли урожая от того или иного мероприятия, которые без соответствующего экономического эквивалента в значительной степени обесцениваются.

Практика социалистического земледелия требует сочетания агрохимических тем, с глубокими экономическими исследованиями. При такой постановке вопроса имеется возможность давать полученным результатам не только агрохимическую характеристику, но и их экономическую рентабельность. Только такая постановка вопроса дает возможность в максимально короткий срок привести наши почвы в высококультурное состояние и с наименьшей затратой труда и средств.

Из экспериментальной части работы вытекают следующие выводы:

1. Анализ почв различной окультуренности, произведенный при помощи слабокислых вытяжек и гидролиза их слабой H_2SO_4 , обнаружил:

а) увеличение растворимости почвенных фосфатов и
б) увеличение перехода в гидролизат общего азота и так называемого „окисляемого углерода“ под влиянием окультуренности.

2. Окультуривание сильно выщелоченного чернозема при помощи систематического и длительного внесения навоза, видимо, благоприятствуя переводу трудно подвижных в условиях сравнительно кислой реакции фосфатов полуперехватных окислов в фосфаты кальция, ведет тем самым к общему увеличению подвижности (вместе с тем и к лучшей усвояемости) P_2O_5 почвы.

3. Окультуривание, способствуя абсолютному увеличению гидролизуемого N, приводит одновременно к его меньшей подвижности (см. % гидролизуемого азота усадебной и неокulturенной почв).

4. Анализ урожайных данных полевых и вегетационных опытов показывает, что по мере окультуривания почвы урожай на неудобренных участках значительно возрастает, эффективность же от вносимых удобрений значительно понижается, так, если прибавка урожая от NPK на усадебной почве равняется 21,4 ц/га, то на среднеокulturенной почве она достигает уже 40 ц/га, а на неокulturенной — 53,2 ц/га.

Следовательно, на сильно окультуренных почвах, для того, чтобы вызвать дальнейшее повышение урожая, требуются иные методы и приемы сельскохозяйственной культуры, чем на неокulturенной почве.

5. В полевых условиях на окультуренной почве проявился, в первую очередь, азото-фосфатный минимум, или же азото-калийный, и в меньшей степени азотный, фосфатный и фосфато-калийный.

На неокulturенной почве азото-фосфатный, азото-калийный, фосфато-калийный и в меньшей мере азотный, калийный

и фосфатный. Следовательно нужно стремиться к тому, чтобы, в первую очередь, обеспечить почву азотом, на фоне которого дают хороший эффект и др. удобрения; отсюда вытекает значение введения в севооборот бобовых культур.

6. Низкое плодородие некультуренной почвы находит себе, таким образом, объяснение в недостаточном количестве минерализуемого азота и малой подвижности и доступности фосфорной кислоты.

7. Применение значительных доз фосфоритной муки, навоза и введение в севооборот бобовых культур при условии высокой агротехники должно в сравнительно короткий срок эти почвы привести в высоко-культурное состояние.

Список использованной литературы

1. Шмук А. А. К вопросу о химической природе орг. в-ва почвы. Бюл. Почвовед, № 5--7, 1930 г.
2. Шмук А. А. К химии органич. в-ва почвы. Труды Кубан. СХИ. т. 1, в. II, 1923 г.
3. Кудрявцева А. Превращение форм азота в почве в связи с нитрификацией. НАЖ, № 4, 1924 г.
4. Голубев Б. А. Причины отзывчивости почвы на фосфоритование. Из рез. вегет. оп. и лаб. раб. т. XIV.
5. Буткевич В. В. О факторах, определяющих взаимоотношение растений с трудно-растворимыми фосфатами кальция. Из резуд. Вег. оп. к лаб. раб. т. XIV.
6. Тюрин И. В. К вопросу о методике изучения органич. в-ва почвы биохимич. отношен. Труды поч. И-та, т. X, в. 4, 1934 г. ст. 30.
7. Waksman S. A. Critecal—Study of the Mithads for Determinins the Nature and abundance of Soil arganic matter Soil sie vol. XXX № 2.
8. Кононова М. М. О методике изучения орг. в-ва почвы по методу Ваксмана. Труды поч. И-та, т. X, в. V., 1931 г.
9. Менделеев Д. И. Основы химии, изд. 1932 г., т. I, стр. 414.
10. Чичибабин А. Е. Основные начала орг. химии, 1932 г.
11. Тюрин И. В. Микрохромовый метод определения общего азота в почве. Почвовед, № 2, 1933 г.
12. Шмук А. А. Несколько данных к вопросу о формах азота в почвах. ЖОА, т. XV, 1914 г., ст. 139.
13. Густавсон. Двадцать лекций по агроном. химии, 1889., изд. 2, ст. 58.
14. Гаврилов Г. Жур. Русско-хим. об-ва, 1883 г. стр. 59 (цит. по Густавсону)
15. Егоров М. А. К вопросу о статике P_2O_5 в черноземах, 1922 г.
16. Гедройц К. К. Влияние известкования на доступность растениям P_2O_5 почвы и фосфорнокислых уд. ЖОА, 1905 г., ст. 690.
17. Костычев П. А. На каких почвах действуют фосфориты. Жур. с.-х. и лесовод. 1888 г. ст. 367—8.
18. Соколовский А. Н. Курс с.-х. почвоведения, 1934 г.
19. Костычев П. А. Нерастворимые фосфорнокислые соединения почвы.
20. Семушкин В. В. О влиянии $CaCO_3$ на отношение фосфата к уксусной к-те и на доступность его растениям. Из рез. вег. оп. и лаб. раб., т. X., 1915 г.
21. Кедров-Зихман О. К. О влиянии известки на процесс мобилизации фосфор. к-ты в почве, НАЖ. 1928 г., № 3.
22. Из результат. вегет. о-ва и лаб. раб. т. т. III—XI.

33. Аскинази Д. Д. и Ярусов С. С. Известкование, как фактор мобилизации фосфора, к-ты в подзолистой почве, НИУ, в. 57, 1928 г.
34. Коссович П. С. О взаимодействии солей в процессе восприятия растениями минер. пищи ЖОА, т. V, 1904 г.
35. Гедройц К. Г. Доступность растениям P_2O_5 различных фосфорно-кислых солей Тр. с.-х. хим. лаборатор. в. VI, 1909 г.
36. Домонтович М. К. и Цинцадзе М. Р. НАЖ, № 9, 1936 г. Действие фосфатов $Al Fe$ на растения в зависимости от реакции среды.
37. Дружинин Д. В. Действие извести и фосфорита на подзолистые почвы и урожаи растений. Труды НИУ, в. 45, 1927 г.
38. Соколовский А. Н. Из области явлений, связанных с коллоидальной частью почвы. изв. Петр. с.-х. акад., в. 1—4, 1919 г.
39. Егоров М. А. Вопросы удобрения почв. 1919 г.
40. Кедров-Зихман О. К. Известкование подзолистых почв БССР как прием поднятия плодородия. Бюл. почвов. № 1—4, 1930 г.
41. Товарницкий В. И. и Максимович А. Е. К изучению чернозема различного культурного состояния. Иванов. оп. ст. в. XVIII, 1930 г.
42. Францесон В. А. Об окультуренности и окультуривании почв. Журн. ХСЗ, № 11, 1934 г.
43. Модестов А. П. Правда о корнях. Сельхозгиз. 1932г.
44. Труды Полтав. с.-х. оп. станции, в. 1, 1913 г.
45. Труды Полтав. с.-х. оп. станции в. 25, 1929 г.
46. Кочетков В. П. Вопросы удобрения фосфоритом во Франции, НИУ, в. 12.
47. Прянишников Д. Н. Частное земледелие, 1931 г. изд. 8, стр. 1—262.
48. Реммер. Свекловодство, изд. 2, 1930 г.
49. Егоров М. А. Влияние азотистого и фосфорно-кислого удобр. на развитие и урожай растений на черноземе по данным вегет. опытов. Жур. с.-х. и лесоводство, 1909 г. сентября мес., ст. 113.
50. Кравков С. П. Методы определения плодородия почвы. Бюлл. почвов. № 1—4, 1930 г.
51. Гедройц К. К. Влияние различных условий увлажнения почв на результаты вегет. метода. Тр. с.-х. хим. лаб., в. VI, 1908 г.
52. Гедройц К. К. Влияние объема почвы на потребность растений в пит. вещ-х. ЖОА, т. VII. 1906 г.
53. Германов Ф. Н., Тарановская В. Г. Краткий отчет агроном. отд. Носовской опыт. ст., 1924 г.
54. Егоров М. А. Краткий обзор исследований и достигнутых результатов с 1917 г. по 1927 г. ХОС—ХОС,—28 г.
55. Пятенко А. И. Труды. Мирон. оп. ст. в. VIII—IX, 1931—1932 г.г.