

631.811

В4533к

185184

Винер В. В.

Закон калийно-извест-
кового питания растений

Горки, 1922

Урду

631.84

16.03.12 V B 453

Три года тому назад, на первом областном съезде по с.-
 ному делу в Горках (в конце августа 1920 года), мною был пред-
 лен доклад: „Об известковании почв в новом освещении“^{**)}
 имел в виду те новые, преимущественно русские работы, ко-
 сведены в сборнике статей под редакцией проф. Я. В. Самойлова,
 выпущенном в 1919 году Институтом по удобрениям. В мое-
 м докладе на ту же тему я попытаюсь представить еще одну
 новую точку зрения на этот коренной вопрос удобрения и
 улучшения почв, с которой удалось нам, русским исследователям,
 справиться лишь недавно, после проникновения в Россию загранич-
 ных изданий военного и революционного периода.

Мы были оторваны от европейской науки почти на 70 лет,
 хотя этот период во всем мире сопровождался значительным
 развитием научной работы, тем не менее проникшая к нам в конце 19-го
 иностранная литература обогатила нас многими новыми и
 обширным научным материалом, значение которого сейчас еще
 трудно объективно оценить.

Среди новых исследований в области земледелия одной из са-
 мых интересных является капитальное исследование Геттингерского
 профессора Эренберга, опубликованное в журнале Landwirtsch.
 Jahrbücher за 1919 год (занимающее по объему 10 печатных
 страниц, целый том журнала), исследование, озаглавленное «Калийно-изве-
 стковый закон» с более пространством подзаголовком: «Новые соображения
 предупреждения неудач при известковании почв или опыт предупреждения
 вредного действия избытка извести на рост растений». В этом тру-
 де дается не только обширный экспериментальный материал,
 собранный автором по данному вопросу за продолжительный
 период, но и обзор всей литературы последнего времени, не исключая
 крупнейших русских исследований, принадлежащих проф.
 Прянишникову и П. С. Коссовичу, и таким образом труд про-
 ф. Эренберга можно поставить рядом с ранее цитированным мною
 трудом проф. Самойлова.

Опасаясь, что изучение обширного материала на протяжении
 10 печатных листов многим читателям покажется слишком
 трудным в переживаемую „непокойную“ эпоху,—автор,
 стремясь за отступление от научных традиций, в силу которых

исследования в области земледелия, в особенности в области
 известкования почв, должны были бы представлять собой
 монографические труды, в которых автор излагает все, что
 касается данного вопроса, и к которому относятся все
 исследования, сделанные в данной области, в течение
 всего периода, о котором идет речь.

Три года тому назад, на первом областном съезде по с.-
 ному делу в Горках (в конце августа 1920 года), мною был пред-
 лен доклад: „Об известковании почв в новом освещении“^{**)}

имел в виду те новые, преимущественно русские работы, ко-
 сведены в сборнике статей под редакцией проф. Я. В. Самойлова,
 выпущенном в 1919 году Институтом по удобрениям. В мое-
 м докладе на ту же тему я попытаюсь представить еще одну
 новую точку зрения на этот коренной вопрос удобрения и
 улучшения почв, с которой удалось нам, русским исследователям,
 справиться лишь недавно, после проникновения в Россию загранич-
 ных изданий военного и революционного периода.

Мы были оторваны от европейской науки почти на 70 лет,
 хотя этот период во всем мире сопровождался значительным
 развитием научной работы, тем не менее проникшая к нам в конце 19-го
 иностранная литература обогатила нас многими новыми и
 обширным научным материалом, значение которого сейчас еще
 трудно объективно оценить.

чительным ущербом для развития растений. Одностороннее удобрение устраняет подавляющее действие известкования и восстанавливает нормальное питание и развитие растений.

Свои вегетационные опыты Эренберг производил на двух почвах, отчетливо реагировавших на калийное удобрение: на легкой песчаной почве (местного пестрого песчаника «Bun tsandsteinsand») и на тяжелой суглинистой подпочве; обе почвы обнаруживали, наряду с ясно выраженной потребностью в калийном удобрении, резкое понижение развития под влиянием известкования (в форме обожженной извести). Норма известкования, если выражать ее в $\%$, $\%$ от веса употребленной почвы, не превышала $0,1\%$, тогда как в опытах пр. Прянишникова обычно применялась норма в $0,25\%$, и большинство нечерноземных почв обнаруживало при такой норме положительную реакцию. Черноземные и богатые перегноем почвы допускали известкование в значительно более высоких нормах (до 1% по весу почвы). Обычная полевая норма (120 п. извести жженой или 240 п. мела на к. десятину) соответствует внесению $0,1\%$ извести, т. е. норме, применявшейся в опытах профессора Эренберга, и в опытах, производившихся в последние годы на нашей опытной станции. При такой сравнительно весьма низкой норме исключается возможность вредного влияния щелочной реакции извести и отрицательное действие должно быть приписано непосредственному влиянию извести на питание растений, тем более, что в большинстве опытов проф. Прянишникова и наших, отрицательное действие известкования проявлялось в такой же мере и при внесении мела.

Главной особенностью вегетационных опытов проф. Эренберга, отличавшей их от множества других подобных, в том числе и русских, являлся точный количественный учет не только растительной массы, но и содержания кали в растениях (а в некоторых случаях азота и других зольных элементов, например фосфорной кислоты, извести и натра). Именно благодаря этому химическому балансу зольных элементов, Эренбергу удалось установить ту ясную зависимость между калийным и известковым питанием растений, которая составляет главную заслугу данного исследования и открывает возможность раз'яснения множества явлений, до последнего времени остававшихся непонятными, хотя и хорошо известными в науке и сельскохозяйственной практике.

Исходным, наиболее известным в литературе наблюдением в данной области проф. Эренберг считает опыты Шульц-Люпитца, творца сидерационной системы земледелия. Наиболее поразительным явлением в этих опытах было с одной стороны понижение производительности люпиновых посевов под влиянием мергелевания песчаных почв, понижение настолько резкое, что приходилось отказываться от дальнейшего возделывания люпина, считать почву как бы вполне истощенной, неспособной к производству люпина, люпиноутомленной,—явление, названное в Германии «мергельной болезнью люпина»; с другой стороны—резкий положительный эффект калийных удобрений на таких истощенных почвах, полное восстановление при помощи калийных удобрений прежней производительной способности песчаных почв в отношении люпина. Этому явлению в свое время пытались дать то-же объяснение, какое давалось позднее вредному влиянию одностороннего калийного удобрения и истощающему влиянию известкования вообще, а именно полагали, чт

известкование мобилизует нерастворимые запасы почвенного кали и запасы эти быстро истощаются, если не повышенными урожаями, то абсолютными потерями почвенного кали чрез выщелачивание его в более глубокие слои подпочвы. Но такое объяснение не мирилось с тем фактом, что явление наблюдалось не только на песчаных почвах, которые с некоторой натяжкой можно считать бедными в отношении кали, но и в такой же мере, а иногда и в более резкой форме, на почвах связных, содержащих вполне достаточный запас кали.

В опытах Эренберга наблюдалось отрицательное влияние известкования не столько на песчаной почве, сколько на суглинке. Понижение урожая в последнем случае выражалось в убыли $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ урожая контрольных сосудов без удобрения, тогда как на песчаной почве оно составляло 15 — 30% . Внесение калийных солей сопровождалось на обеих почвах значительным повышением урожая и полным устранением вредного влияния известкования.

Отрицательное влияние солей извести обнаружено в опытах Эренберга не только при внесении жженой извести (след. щелочного соединения), но в еще более резкой форме при внесении растворимых известковых солей (азотнокислой извести и одноосновной т. е. кислой фосфорнокислой извести), причем восстановление нормального роста растений в этом случае достигалось только при внесении значительных доз калийных солей (с содержанием не менее 6 пудов и до 12 пудов кали на десятину).

При анализе растительной массы, полученной при различных видах удобрения, Эренберг обнаружил, что под влиянием калийных солей процентное и абсолютное содержание кали резко повышалось; под влиянием известкования, наоборот, или оставалось на низком уровне, свойственном голодающим неудобренным растениям, или даже еще более понижалось. Для объяснения этого явления Эренберг приводит взгляд французского физиолога Parisot, указывавшего уже в 1858 году на отрицательное влияние избытка извести и объяснявшего это влияние тем, что растворимые соли извести образуют внутри растительной клетки нерастворимые соли органических кислот, всегда присутствующих в клеточном соке, и тем самым связывают или выводят из реакции соединения, необходимые для поглощения кали. Эренберг расширяет этот взгляд в том смысле, что допускает взаимодействие калийных и известковых солей в обменных реакциях внутри растительной клетки по общему химическому закону действия масс. Чем резче выражен количественный перевес известковых солей над калийными, тем больше известковое питание вытесняет или подавляет калийное питание и наоборот. В некоторых случаях, под влиянием известкования, из почвенного раствора, благодаря обменному разложению извести и калийных соединений почвы, поступает в растение большее количество кали, но это кали или вовсе не используется растением (т. е. поглощение его из почвенного раствора ослабляется или приостанавливается), и тогда наблюдается и процентное и абсолютное понижение в содержании кали в растительной массе по сравнению с контрольными культурами, или же поступившее кали используется растением, но не способствует образованию нужных для роста органических соединений (преимущественно белков), становится как бы случайным балластом, подобно солям натра, и в этом случае—может наблю-

даться не только сохранение, но и повышение процентного и абсолютного содержания кали в урожае, что и в действительности наблюдалось во многих опытах Эренберга, однако при сравнительно низком уровне урожаев, т. е. при неполном нормальном развитии растений. Эренберг оговаривается, что предлагаемое им объяснение не является исчерпывающим с физиологической точки зрения и сам приводит ряд примеров, свидетельствующих о более сложной и многообразной зависимости между процессами поглощения солей и питания растений, в частности, напоминает давно известный факт влияния известкования на явление хлороза или поглощения железа, на явление ретроградации фосфорной кислоты в почве под влиянием извести, на процесс нитрификации в почве, усиливающийся под влиянием известкования и тем самым улучшающий азотистое питание растений.

Кроме собственных опытов, поставленных за последний десяток лет при Геттингенском университете, Эренберг подвергает критике и пересмотру аналогичные опыты многочисленных предшественников, стараясь использовать полученные ими данные для подтверждения своей точки зрения и в этом отношении действительно почти во всех случаях находит существенные подкрепления своему выводу. Из приводимых им многочисленных фактов — заслуживают наибольшего внимания три явления, многократно наблюдавшиеся, но до последнего времени не получившие удовлетворительного объяснения. Многие опыты вегетационные и полевые обнаруживали, что возрастающие количества растворимых фосфатов (например, в виде суперфосфата или преципитата) у некоторых растений вызывают не повышение, а понижение урожаев, хотя менее растворимые фосфаты (например костяная мука, фосфориты) этого явления не обнаруживали. Эренберг путем сопоставления данных о содержании в урожае кали доказывает, что это явление объясняется подавлением калийного питания при внесении избыточных количеств растворимых фосфорно-кислых солей, причем это явление выступает более рельефно только на растениях калилюбивых, отзывчивых на калийное удобрение, как картофель, гречиха, люпин, люцерна, клевер, тогда как на хлебных злаках (за исключением ячменя) явление неясно. Далее Эренберг указывает на поглощение азота из различных солей азотной кислоты и объясняет менее полное использование азота из норвежской селитры по сравнению с чилийской селитрой не только возможным вредным влиянием свободной извести, но и косвенным влиянием растворимой азотно-кислой извести.

Третье явление — неблагоприятное влияние повторного или избыточного удобрения каинитом и так наз. необработанными сырыми Стассфуртскими солями при возделывании сахарной свеклы, картофеля и других культур, вообще отзывчивых на кали, прежде приписывавшееся косвенному влиянию этих солей на физические свойства почвы и отчасти истощению почвы в отношении извести, вследствие чего получило широкое применение известкование в чередовании с каинитованием, — по мнению Эренберга также объясняется плохим использованием сырых калийных солей, благодаря содержащемуся в них большому избытку хлористых и сернокислых солей, которые мобилизуют, переводят в раствор, известковые соли почвы и вызывают подавление калийного питания известковым. Та-

ким образом получается парадоксальное явление, что калийное удобрение как бы превращается в известковое, и не только не вызывает повышения урожая калилюбивых растений, но обнаруживает напротив калийное голодание и пересыщение растений солями извести. Объяснение это подтверждается данными химического анализа, т. е. анализы обнаруживают не повышение, а понижение процентного содержания кали в урожае при внесении каинита с одновременным повышением % % содержания извести, тогда как при удобрении концентрированными или чистыми калийными солями (например 30 и 40% кали хлористым и сернокислым), напротив, всегда наблюдается значительное повышение в содержании кали и понижение в содержании извести, вследствие чего и не рекомендуется вносить сразу больших количеств кали, т. е. не следует производить долговременной заправки почв в отношении кали, как и в отношении усвояемого азота. Растения слишком непродуктивно и расточительно потребляют кали, если оно вносится в растворимой форме (а не в виде органических веществ, например навоза или зеленого удобрения), а потому даже независимо от того, что кали поглощается почвой и не теряется чрез выщелачивание (при отсутствии впрочем избытка извести) экономически было бы нерационально производить заправку почв калийными солями. Если же производить подобную заправку при помощи сырых Стассфуртских солей, то вместо улучшения получится значительный ущерб, даже на многолетних травах и лугах и при осеннем внесении в почву этих туков (что рекомендуется главным образом в видах удаления чрез выщелачивание избытка непоглощаемых почвой хлористых солей.) В данном случае не вполне достигает цели даже выщелачивание солей в течение осеннего и зимнего периода, так как значительная часть их все же поглощается почвой и вызывает нежелательное пересыщение почвенного раствора известковыми солями, а следовательно, и менее полное использование растениями кали. Приводимый Эренбергом взгляд Кенига на возможность замены некоторой части кали известью, якобы подтверждаемый фактом тесной зависимости между содержанием этих двух элементов в почве и в растениях, причем на почвах с избытком извести растения отличаются низким содержанием кали и высоким содержанием извести, а на почвах, богатых в отношении кали, наоборот, низким содержанием извести и высоким содержанием кали, взгляд этот признается Эренбергом совершенно ошибочным, ибо будучи вполне согласным с законом калийноизвесткового питания, факт этот вовсе не свидетельствует о возможности замены калийных солей известковыми или наоборот, т. е. об одинаково полезном действии тех и других солей на питание и ассимиляцию растений.

Сопоставляя далее известные в литературе наблюдения над отрицательным эффектом известкования, Эренберг приходит к заключению, что наибольший вред известкование приносит растениям, особенно чувствительным к калийному удобрению, и между ними называет лен, корнеплоды, из хлебов — ячмень и клевер. Сравнивая рожь, а из мотыльковых — люпин, сераделлу и клевер. Сравнивая содержание кали и извести в клевере красном и белом на почвах клевероутомленных, Эренберг отмечает, что в красном клевере, более требовательном в отношении кали, вдвое преобладало содержание извести, причем содержание последней было значительно ниже нормы, тогда как для белого клевера, продолжавшего на

той же почве удовлетворительно расти, содержание кали напротив в 1½ раза превышало содержание извести и было вдвое выше нормального.

Останавливаясь с особенным вниманием на установленной эмпирическим опытом и практикой вражде желтого люпина к извести и сопоставляя это наблюдение с повышенной потребностью люпина в железе, Эренберг приходит к заключению, что в данном случае вредное влияние извести должно быть приписано, если не вполне, то отчасти переводу растворимых солей железа в нерастворимые соединения, а, следовательно, к несовершенному железистому питанию люпина, что и выражается в появлении бледной окраски и даже резко выраженного хлороза. Это же явление часто наблюдалось и при вегетационных опытах, при выращивании бобовых в песчаных и водных культурах с растворимой одноосновой фосфорнокислой известью, тогда как при выращивании тех же растений на почвах и при внесении трудно растворимых солей (например, трехосновного фосфорнокислого кальция), результаты получались вполне нормальные и хлороза вовсе не наблюдалось. Эренберг приписывает все эти явления роли растворимых солей извести. С другой стороны ряд фактов указывает на то, что, при высоком содержании известковых солей в почве, затрудняется образование на корнях люпина клубеньков, а, следовательно, люпин испытывает зачастую на таких почвах азотистое голодание и только продолжительной культурой, заражением почвы и заправкой навозом, можно восстановить нормальное развитие люпина. Основной же факт мергельной болезни люпина вполне удовлетворительно объясняется калийноизвестковым законом питания и согласуется с практическим средством борьбы, предложенным еще в 70-х годах прошлого века Шульцем Люпитцем тотчас после разработки Стассфуртских залежей и введения в немецкое хозяйство калийных удобрений. В заключение своего труда Эренберг предостерегает читателей от ложного заключения, будто им выдвигается закон калийно-известкового питания, как исчерпывающая теория известкования; он ссылается на свой более ранний труд о почвенных коллоидах, вышедший особым изданием, в котором освещена другая сторона вопроса, именно влияние извести на физические свойства и структуру почвы, и считает поэтому свой новый труд лишь необходимым дополнением к тому, что было ранее установлено о значении известкования и что даст возможность предупредить многие неудачные опыты известкования, разъяснить противоречивые данные различных исследователей и практиков и тем самым проложить путь к более успешному применению известкования, как важнейшей коренной мелиорации малокультурных почв.

Во второй части доклада я имею в виду привести ряд собственных наблюдений на Горьковской опытной станции, для иллюстрации важнейших положений, выдвигаемых законом калийно-известкового питания растений.

Прежде всего напомним, что известкование почв избрано предметом исследований нашей опытной станции не случайно, а по глубоким общим теоретическим основаниям, которые были освещены в моем первом докладе и положены в основу программы

опытов по вопросам удобрения, после обсуждения этой программы на V-м областном совещании и затем в Институте по удобрениям.

Основные положения программы были тогда приняты в следующей формулировке:

1. Основным дефектом дерновоподзолистых почв лесной области является недостаток оснований, обуславливающий непрерывное истощение их в отношении органических и питательных минеральных веществ.

2. Накопление перегноя азота и улучшение физических свойств почв скорее всего достижимо при возделывании мотыльковых трав и зерновых бобовых.

3. Предпосылкой успешного возделывания мотыльковых является заправка почв известью и фосфорной кислотой, хотя бы в трудно растворимых формах, а потому необходимы опыты с известкованием и фосфоритованием под клевер и другие бобовые.

4. Желательны также опыты с одновременным внесением в почву извести и перегноя (в форме навоза, торфа и зеленого удобрения).

5. Испытание минеральных удобрений под хлебные посевы и промышленные растения следует вести на почвах, предварительно заправленных известью и азотом, т. е. после мотыльковых трав.

6. Исходной нормой для опытов с известкованием может служить норма в 240 пудов углекислой извести в возможно тонком размоле и 40 пудов среднерусских фосфоритов (около 6 пудов фосфорной кислоты).

✓ В развитие этих положений мною была предложена схема полевых опытов, сводящаяся к одновременному испытанию сидерации, торфования, известкования и применения минеральных удобрений, причем сидерация вводилась в двух видах — люпиновая в двойном трехпольном севообороте (люпиновый пар с минеральным удобрением, картофель, овес, люпиновый пар, рожь, овес) и клеверная в шестипольном севообороте (пар известкованный с минеральным удобрением, рожь с клевером, клевер, клеверный пар с заправкой клевера, рожь, овес). Данный опыт заложен уже в 1921 году в пару под озимь, а в 1922 году получены первые данные, относящиеся к озимой ржи, и к виковой смеси (использованной в качестве зеленого удобрения, за отсутствием клеверного пара в шестипольи и вследствие неудачи с посевом люпина в люпиновом трехпольи).

Виковая смесь обнаружила весьма отчетливую реакцию на известкование и сравнительно слабую на минеральные удобрения. Торфование почвы (в нормах, соответствующих по количеству органического вещества обычному навозному удобрению) не оказало в первый год заметного влияния на виковую смесь (удобрения вносились в предшествующую осень). Влияние различных удобрений иллюстрирует фотографический снимок типичных средних образцов растений и цифровая таблица, представляющая эффект отдельных удобрений в весовых процентах от контрольных посевов без всякого удобрения.

Другим масштабом для оценки эффекта удобрения может служить действие обычной нормы навозного удобрения.

ТАБЛИЦА I.

Полевой опыт с виковой смесью в 1922 году.

Урожай сева в пуд. на к. д.

Посев 18 мая. Уборка 18 июля.

	Вики:	Овса:	Всего:
1. Без удобрения	65	+ 22	= 87.
2. Фосфорит	89	+ 21	= 110.
3. Калийная соль	111	+ 33	= 144.
4. Фосф. + кал. соль	117	+ 22	= 139.
5. Фосфорит	89	+ 36	= 125.
6. Фосф. + кал. соль	87	+ 36	= 123.
7. Фосф. + кал. соль + изв.	127	+ 40	= 167.
8. Известь, 120 п.	104	+ 33	= 137.
9. Навоз 2400 п.	143	+ 81	= 224.

120 пуд. извести.
600 п. торфа

Вегетационные опыты, производившиеся в течение трех последних лет с нашими почвами, в общем подтверждают потребность вики и других однолетних бобовых в извести, хотя в тоже время обнаруживают отрицательное влияние известкования на усвоение фосфорной кислоты из фосфоритов не только для хлебных, но и для бобовых. Так, например, в опыте 1921 года при песчаных культурах четырех видов однолетних бобовых (вики, гороха, люпина и конских бобов) фосфоритные культуры дали урожай в 12,7 гр. ± 1,4 гр., нормальные культуры с растворимой ф. к. 13,3 гр. ± 0,8 гр., тогда как культуры известкованные дали в среднем 7,6 гр. ± 0,5, т. е. внесение извести (в форме мела) понизило урожай на 40%.

На пяти почвах опытной станции (тяжелый суглинок Стебутовского опытного поля, легкий суглинок Ивановского опытного поля, супесь Дрибинского опытного поля, черный и охристый торфяники Ивановских лугов) — средний урожай фосфоритных культур (10,6 гр.) под влиянием известкования тоже понизился, а прибавка от фос. к-ты сократилась на 40% (9,0 гр. при урожае контрольных культур в 6,6 гр.) т. е. прибавка с 4 гр. сократилась до 2,4 гр.

Заметим однако, что на этих почвах еще более отчетливо проявилось действие калийных солей (средняя прибавка урожая 40%).

Урожай озимой ржи обнаружили несколько иную картину действия извести и минеральных удобрений. В то время, как нормальное навозное удобрение удвоило урожай ржи и по общему весу растительной массы и по урожаю зерна (в абсолютных цифрах при сравнительно высоком урожае ржи без удобрения в 82 пуда на д. прибавка от навоза составила 90 пуд.), известкование, совместно с минеральными удобрениями (фосфоритной мукой и золой), повысило урожай в 1 1/2 раза (+53%) или + 43 пуда, торфование совместно

с теми же минеральными удобрениями дало прибавку + 61%, или 50 п., а торфование с известкованием и минеральными удобрениями + 73%, или + 60 пуд. Из минеральных удобрений более сильный эффект получился от калийного удобрения (+ 45%, или + 37 пуд.), значительно меньший от фосфоритной муки (+ 28%, или + 23 пуда), но такие эффекты наблюдались на фоне известкования. В другом параллельном опыте, где сравнивалось действие фосфоритной муки, взятой порознь и в сочетании с мергелем, наблюдалось понижение эффекта фосфорной кислоты при внесении мергеля (+ 3% вместо + 14%), причем однако мергель сам по себе давал прибавку в + 13%, а известь + 31%, или + 25 п. (вместе с торфом + 58%, или + 48 пуд.). Двойное удобрение (фосфорит + зола) дало слабую прибавку в урожае ржи (+ 3%), что, повидимому, следует приписать слабому усвоению кали из древесной золы, содержащей почти в 5 раз большее количество извести (28% извести и всего 6% кали), притом обладающей сильнощелочной реакцией, (при внесении 50 пуд. золы уже может вредно сказываться щелочная реакция золы). Специальный опыт по выяснению усвояемости кали из золы, поставленный в 1922 году с коноплей, действительно подтвердил, что кали из золы усваивалось значительно хуже, чем из хлористых и сернокислых калийных солей (урожаи были почти вдвое ниже), причем это понижение может быть приписано отчасти щелочной реакции поташа (дающего пониженную усвояемость кали в 80% от хлористого кали), отчасти присутствию избытка извести (в примененной для вегетационного опыта золе картофельной ботвы содержалось в 2 1/2 раза больше извести, чем кали, а именно 7,2% K₂O при 17,3% CaO). Зола картофельной ботвы дала еще меньшую усвояемость, чем сочетание поташа и мела (53%), повидимому, благодаря присутствию в ней соды, связанному с более высокой щелочностью. Таким образом, название „непризнанный Стассфурт“, данное Д.Н. Прянишниковым в его последней брошюре, пропагандирующей удобрение золой, едва ли оправдывается по отношению к обычной древесной и соломенной золе, даже по сравнению с сырыми Стассфуртскими солями, и во всяком случае не оправдывается при использовании обработанных высокопроцентных калийных солей, не содержащих вредного избытка посторонних солей (главным образом поваренной и глауберовой соли) и потому не вызывающих косвенным путем мобилизации известковых солей почвы. В вегетационных опытах с пятью почвами опытной станции в 1921 году, эффект золы, как калийного удобрения по сравнению с эффектом сернокислого кали тоже оказался слабее (+ 33% вместо + 40%, т. е. прибавка от кали сократилась на 7,5%).

Не останавливаясь подробнее на рассмотрении данных нашего основного опыта по известкованию, торфванию и сидерации, — так как это отвлекло бы наше внимание от главной темы настоящего доклада, ограничимся теми опытами, которые имеют более прямое отношение к вопросу о калийно-известковом питании растений. В этом отношении оказались особенно поучительными два опыта, поставленных на запольных участках, один — с коноплей на свежем распаханном луговом торфянике в Иванове, другой с картофелем — на легком суглинке (XI поле в Иванове). Оба растения, и конопля и картофель известны, как калилюбивые растения, и в наших опытах они, действительно, оправдали эту репутацию, обнаружив на обо-

их почвах—и на торфянике и на суглинке—весьма отчетливую реакцию на калийные удобрения (в виде 30% калийной соли). Результаты этих опытов во время доклада продемонстрированы на образцах растений, на фотографических снимках и в цифровых таблицах, представляющих эффект отдельных и комбинированных удобрений.

ТАБЛИЦА II.

Полевой опыт с коноплей на торфяном болоте 1922 г.

Урожай сухих стеблей и зерна в пуд на к. д.

Посев 13/vi. Уборка 27/ix.

	Стебли:	Зерна:
1. Без удобрения	73	+ 17,3
2. Мергель	72	+ 11,8
3. Фосфор + селитра	143	+ 32,2
4. Фосфор + кал. соль	260	+ 61,1
5. Кал. соль + селитра	340	+ 77,5
6. Полн.уд. + мергель	339	+ 87,4
7. Навоз 2400 пудов	430	+ 100,0
8. „ 4800 „	491	+ 109,5
9. „ 7200 „	461	+ 88,5
10. Полн. удобр. в тройн. к.	320	+ 60,5

Прибавки растительной массы конопли под влиянием полного минерального удобрения достигли 222%, а под влиянием парной комбинации (N+P)+54%,—откуда выводится максимальный эффект кали в +168%, тогда как для фосфорной кислоты и для азота эффект составлял всего +37%. Внесение извести (в форме мергеля) не только не повысило урожая, но даже понизило его на 28% (а эффект полного минерального удобрения в случае прибавления мергеля понизился с +222 до +172%—т. е. на 50%). Это явление находится в связи с особенностью лугового торфа в Иванове, оказавшегося весьма богатым по содержанию извести и железа (6,2% СаО; 18,4% Fe, O₃; 3% P₂O₅ и 1,5% N, при 46,6% органического) вещества или зольности в 53%—что отчасти может быть объяснено тем, что луг обильно орошается выклинивающимися на берегах Прони грунтовыми водами, необычайно жесткими. Тройное минеральное удобрение (9 п. N+18 п. P₂O₅+13,5 п. K₂O) дало прибавку в 1½ раза выше прибавки полного удобрения в обычной норме (3 п. N+6 п. P₂O₅+4½ п. K₂O), а именно +333% вместо +222%, но и в такой высокой норме минеральное удобрение не вполне сравнилось с действием навозного удобрения (+352%), а дальнейшее повышение количества навоза до тройной нормы сопровождалось почти полоторным повышением прибавки (+472% вместо +352%, или +120%, как и в случае внесения тройного минерального удобрения).

Картофельный опыт, предпринятый для выяснения потребности этого растения в минеральных удобрениях и главным образом в отношении азота, выяснил, что в первом минимуме на наших суглинках оказалось кали и потребность в азоте значительно уступал-

потребности в кали (+50% на клубневой массе под влиянием кали и +10% прибавка от азота), потребность в фосфорной кислоте для картофеля тоже выразилась незначительной прибавкой (+12%); мергелевание 240 п. вызвало незначительное повышение урожая клубней (+8%).

ТАБЛИЦА III.

Полевой опыт с картофелем в 1922 год.

Посадка клубней 12×12 вер. 3/vi. Уборка 29/ix.

Урожай клубней в пуд. на к. д.

% %

1. Без удобрения	512	или 100
2. Чил. селитра	562	» 110
3. Норв. селитра	384	» 75
4. Суперфосфат	571	» 112
5. Кал. соль	764	» 149
6. Кал. соль+чил. сел.	870	» 170
7. „ „ + норв. сел.	432	» 85
8. Суп.+кал. соль+чил. сел.	856	» 167
9. Т о ж е + норв. „	517	» 101
10. Тоже+чил. сел.+ „ мергель	870	» 170
11. Тоже+ норв. сел.+мергель	562	» 110
12. Мергель 240 пудов	555	» 108
13. Навоз 2400 пудов	1380	» 270

Но главный интерес данного опыта заключался в сравнении усвояемости азота из двух видов селитры: чилийской и норвежской, т. е. натровой и известковой соли азотной кислоты. С самого начала опыта резко проявилось отрицательное влияние норвежской селитры на всходах картофеля, сильно замедленных и даже не полных, и это могло быть приписано тому, что норвежская селитра содержит значительный избыток свободной извести. Но и при позднейшем развитии картофеля продолжалось задерживающее влияние норвежской селитры, причем на средних пробах от 7 сентября отрицательный эффект резче всего проявился при одностороннем удобрении норвежской селитрой (—48%, т. е. сокращение урожая клубней почти на половину); при внесении калийной соли убыль урожая сократилась вдвое (—20%), а при внесении полного удобрения в 5 раз (—9%). Отсюда можно заключить, что в значительной мере неблагоприятное влияние норвежской селитры должно быть приписано косвенному влиянию ее на усвоение кали и фосфорной кислоты, на что обращает внимание в своем исследовании и профессор Эренберг.

В вегетационном опыте с овсом, посвященном вопросу об усвояемости азота из различных солей азотной кислоты, также обнаружилось более слабое усвоение азота из известковой соли азотной кислоты, особенно в том случае, когда одновременно вносился мел. И в данном случае избыток извести, повидимому, подавляющим образом влиял на калийное питание, а потому косвенно сопровождался слабым использованием растворимого азота.

ТАБЛИЦА IV.
Вегетационный опыт с овсом в 1922 году.

		Урожай 1 сосуда в граммах.	
1.	Нормальн. культуры с NH_4NO_3	$40,0 \pm 0,6$	100%
2.	Т о ж е с CaCO_3	$31,5 \pm 3,4$	79 "
3.	Фосфорит. культуры с NH_4NO_3	$20,7 \pm 2,5$	52 " (100)
4.	" " с CaCO_3	$18,1 \pm 1,3$	45 " (87)
5.	Нормальн. культуры с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$37,5 \pm 2,0$	
6.	" " с CaCO_3	$31,8 \pm 0,5$	
7.	Фосфорит. культуры с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$26,6 \pm 1,6$	
8.	" " с CaCO_3	$23,5 \pm 0,5$	
9.	Нормальн. культуры с NaNO_3	$37,7 \pm 5,3$	
10.	" " с CaCO_3	$33,7 \pm 2,1$	
1.	Фосфорит. культуры с NaNO_3	$22,1 \pm 1,8$	
2.	" " с CaCO_3	$21,5 \pm 4,5$	
3.	Нормальн. культуры с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$37,2 \pm 2,0$	
4.	" " с CaCO_3	$24,8 \pm 0,1$	
5.	Фосфорит. культуры с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$25,3 \pm 0,1$	
6.	" " с CaCO_3	$14,4 \pm 0,6$	
Средняя для 8 культур с NH_4NO_3		$27,6 \pm 1,9$	100%
" " " с $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$		$29,9 \pm 1,1$	108 "
" " " с NaNO_3		$28,8 \pm 3,4$	104 "
" " " с $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$		$25,4 \pm 0,7$	92 "

Из приведенных примеров видно, как сильно усложнилась проблема известкования почв и как глубоко изменились наши взгляды по сравнению с теми примитивными взглядами, которые выразились так рельефно в классическом монографическом исследовании профессора И. А. Стебуга, первой русской диссертации на звание магистра сельского хозяйства, в свое время вызвавшей восторженный отзыв знаменитого Д. И. Менделеева, который в 70-х годах при объяснении результатов первых опытов с минеральными удобрениями в отношении роли известкования ссылался на взгляды И. А. Стебуга.

В заключительных выводах, которые были выдвинуты И. А. Стебутом при защите диссертации об известковании почв, роль известки резюмировалась им в следующих трех положениях:

1. Действие известки на почву главным образом то же, что и действие механической обработки почвы.

2. Истощение почвы известью не доказывается имеющимися до сих пор наблюдениями.

3. Настоящее состояние земледелия в России (в 1865 г.) требует применения известкового удобрения в виде известкового компоста обок с углублением пахотного слоя и выгонной системой полеводства.

В этих тезисах отразилось традиционное воззрение на известь, как на косвенное удобрение, усиливающее, путем обменного разложения и нейтрализации кислот, химизм почвы и тем самым осво-

божающее растворимые питательные соли, которые затем или выщелачиваются или расходуется на питание растений и, таким образом, известь ведет к быстрому истощению почвы. Факты уже во времена первой научной работы Стебуга не подтверждали этого примитивного взгляда, а ряд новых фактов, добытых практикой и разъясненных наукой, коренным образом изменяет наше воззрение и побуждает видеть в извести не опасного растворителя питательных веществ, а скорей благодетельного для плодородия фиксатора растворимых соединений минеральных и органических, причем влияние известки простирается и на азотистое и на фосфорнокислородное и в особенности на калийное питание растений, действуя то в положительном, то в отрицательном смысле; во всяком случае известь не только не форсирует расхода этих питательных элементов, но, напротив, зачастую препятствует их использованию растениями, когда они находятся в растворимом состоянии.

12 сентября 1922 г.

Проф. В. Виенер.

PROF. W. WIENER. DAS KALKKALKGESETZ.

In einem Vortrage, gehalten auf einer weissrussischen Konferenz für landw. Versuchswesen an der landw. Hochschule Gory-Gorky im Jahre 1922, wird über die von Prof. Ehrenberg Göttingen in den landw. Jahrbüchern 1919 veröffentlichte Untersuchung über die Kalikalkernährung der Pflanzen referiert. Der Verfasser vergleicht die Auffassungen Ehrenbergs und einiger russischer Forscher gelegentlich einer neueren russischen Abhandlung über Kalkdüngung, welche im Jahre 1919 von der Moskauer landw. Akademie veröffentlicht wurde, und, vom Verfasser in einem früheren Vortrage: „Kalkdüngung im Lichte neuester russischer Forschungen“, näher besprochen wurde (s. Mitteilungen der landw. Hochschule Gory-Gorky, I Bd.).

In zweiten Teile des Vortrages werden die Ergebnisse mehrerer eigener Vegetations- und Feldversuche der letzten Jahre angeführt, welche die Ehrenberg'sche Auffassung über Kalkdüngung bestätigen.

Die lössartigen Lehmböden in der Umgebung von Gory-Gorky (früher gouv. Mohilew, Weissrussland) wurden schon vor 65 Jahren von dieser ältesten russischen landw. Hochschule hinsichtlich ihrer Kalkbedürftigkeit untersucht, und gaben Veranlassung für eine später (im Jahre 1865) veröffentlichte Monographie über Kalkdüngung vom wohlbekanntesten, kürzlich (2 November 1923) verstorbenen Prof. J. A. Stebut. Die neuesten Feldversuche, welche an der landw. Hochschule Gory-Gorky von Prof. Wiener im Jahre 1921 in grossem Umfange aufgestellt wurden, ertreiben eine nähere Aufklärung und praktische Begründung der chemischen Bodenmelioration durch Kalk- und Gründüngung.

1) Die ersten Versuche mit Winterroggen bestätigen die günstige Wirkung der Kalkdüngung (100—200 kilo pro h. a.), beweisen aber zugleich ein bedeutendes Kalibedürfniss: der Mehrertrag betrug bei Kalidüngung in Form von Holzasche + 45%, bei Phosphoritdüngung + 28%, bei Kalkdüngung + 31%, bei Torf und Kalkdüngung + 58% und bei Stallmistdüngung + 108%.

2) Ein Vegetationsversuch mit Hanf über die Kaliumaufnahme aus einer Holzasche (Gehalt an Kali 7,3% und an Kalk 17,3%) ergab eine viel geringere Aufnahme von Kali im Vergleich mit Chlorkalium (53%) und auch im Vergleich mit reinem kohlensauren Kali (80%). Mehrere Vegetationsversuche mit Hafer, Gerste und Leguminosen bestätigen ferner den entschieden ungünstigen Einfluss kohlensauren Kalkes und noch mehr des salpetersauren Kalkes auf die Aufnahme von Phosphorsäure und Kali.

3) Ein Feldversuch vom Jahre 1922 mit Hanf auf einem Wiesenerd (Gehalt an organischen Stoffen 46,6% an Stickstoff—1,5%, an Kalk 2%, Phosphorsäure—3,0%, an Eisenoxyd—18,4%) erwies ein drastisches Kaliumbedürfnis: der Hanfertrag stieg durch Kaliumstickstoffdüngung auf +366%, durch Kaliumsuperphosphatdüngung nur auf +256%, durch Stickstoffsuperphosphat auf +96%; dagegen durch Stallmist auf +490%, bei doppelter Menge desselben auf +572%, bei dreifacher Menge auf +532%.

4) Ein anderer Feldversuch mit Kartoffeln auf einem schwach abgerichteten Lehmboden bestätigte das Kaliumbedürfnis: der Mehrertrag an Knollen durch Kaliumdüngung betrug +50%, dagegen mit Superphosphat nur +12% und mit Chilisalpeter +10%.

Die Wirkung des Kalksalpeters war entschieden schädlich (Minerertrag—25%), was Verfasser der störenden Wirkung des löslichen Kalkes auf Kaliumaufnahme und dem Gehalt an Atzkalk zuschreibt. Deterimierend wirkte, wenn auch in viel geringerem Maße, die Superphosphatdüngung: die Kaliumdüngung ohne Superphosphat bewirkte einen höheren Mehrertrag (NK + 70%, NPK + 67%).

W. W.

