

631. 83
II. 8590 p
364 422

Правильный

физический, полный
наименований

up 76

up

K.

SEIJO CO. CO. CO.	
City	631-83
State	VT. 85909
Zip	364422
PENALTY	

О ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОСТИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Д. Н. ПРЯНИШНИКОВ D. N. Prjanischnikow

Ueber physiologische Acidität der Kaliumsalze

Перспектива массового применения калийных солей ставит новые задачи перед нашими агрономами. Быстрота перехода от почти полного воздержания к обильному внесению калийных удобрений требует от агрохимиков особого внимания к тем взаимно переплетающимся вопросам химии почвы и физиологии растений, которые должны быть хорошо уяснены (при этом не только в общей форме, а с учетом особенностей местных почв и определенных культур), прежде чем большие количества солей начнут применяться в данном районе. Поэтому правильная организация агрохимической работы на местах должна предшествовать массовому применению минеральных удобрений вообще; а так как калийная промышленность у нас опережает азотную, то именно на калийных солях¹ и предстоит первая проба сил тем новым кадрам агрохимиков, которые будут работать на местах.

Более тонкая пришлифовка общих положений, общих методов агрохимии к местным условиям, правильная постановка вопросов, возникающих на местах, — все это возможно только в том случае, если кроме центра создастся сеть агрохимических учреждений, располагающая не только большим количеством хорошо обученных аналитиков, но и должным процентом способных к самостоятельной творческой работе хорошо подготовленных агрохимиков, которые должны стать во главе местных учреждений. Вот отчего зависит успех работы последних независимо от того, какая внешняя форма будет придана этим агрохимическим щупальцам, без которых центр не будет хорошо воспринимать происходящее на периферии.

Чтобы иллюстрировать сказанное конкретным примером, напомним, что еще в прежних опытах с калийными солями в районе оподзоленных почв у нас наблюдались случаи отрицательного их действия; так, если взять опыты Северо-западной областной станции, то в них можно встретить ряд примеров, когда парная комбинация из азота и фосфора давала лучшие результаты, чем тройная ($N + P + K$); это объясняется тем, что на почвах, не насыщенных основаниями, калийные соли вызывают вытеснение поглощенного водорода, скрытую, дремлющую кислотность обращают в активную, — и положительное действие калия может быть парализовано возрастающей кислотностью почвенного раствора; если бы эти почвы были изучены заранее, то не только известкование, а может быть даже простая замена суперфосфата фосфоритом могла бы в известных случаях обратить отрицательное действие калийных солей в положительное.

Конечно не одни только калийные соли способны на сильно оподзоленных почвах вызывать условия кислотности почвенного раствора, но и все другие соли; но только в случае низкопроцентных калийных солей нередко приходится вводить попутно большие избытки $NaCl$ и $MgCl_2$, которые усиливают отрицательное действие собственно калийной соли путем перевода

¹ Мы не говорим о фосфатах, потому что за недостаточное знание при их применении редко приходится так платиться, как в случае калийных и азотистых удобрений.

скрытой кислотности в активную. Затем, среди азотистых удобрений есть такие, при которых имеется известный противовес, смягчающий кислотность обменного происхождения, — такова физиологическая щелочность селитры, как натровой, так и известковой. Но зато аммиачные соли своей физиологической кислотностью только усиливают тот сдвиг реакции в сторону подкисления, который вызывается почвенно-химическими причинами.

Как же обстоит дело с калийными солями со стороны физиологической? Будет ли эта сторона еще более усиливать ту кислотность почвенного раствора, которая проявляется вследствие взаимодействия между калийной солью и подзолистой почвой, или же растение само по себе не будет способствовать подкислению раствора, обогащенного этой солью?

На этом вопросе мы и хотим остановиться в настоящей статье, так как имеющиеся в литературе данные о физиологической реакции калийных солей далеко не отличаются той определенностью, какая достигнута в отношении источников азота, а в частности для хлористого калия (который для нас практически наиболее интересен как главная составная часть солянокислых отложений).

Мы имеем дело с взаимно противоречащими утверждениями. Так, с одной стороны, факт безусловной необходимости калия и отсутствие каких бы то ни было доказательств положительного действия хлора для растений был издавна (Адольф Майер, 1881) поводом к зачислению хлористого калия в группу солей физиологически кислых, и это представление отчасти вошло даже в учебники. С другой же стороны, при экспериментальной проверке этого взгляда разные авторы получали весьма различные результаты; а так как они работали в разных условиях и с разными объектами, то результаты эти трудно сравнивать между собой. Не входя здесь в систематический обзор литературы², приведем только следующие примеры: с одной стороны, Пантанелли³, работая с проростками тыквы, пришел к выводу, что хлор поглощается скорее, чем калий (и вообще будто бы анионы скорее, чем катионы), с другой стороны, Леманчик⁴ (Познань, лаборатория Никлевского), работая с двумя сортами ячменя, при разных вариантах в отношении концентрации соли и продолжительности опыта, наблюдал довольно равномерное поглощение калия и хлора, т. е. хлористый калий вел себя в этих опытах как соль физиологически нейтральная. Опыты Леманчика произведены с большой тщательностью и не дают никаких поводов к сомнению в верности его наблюдений. Но вот третий экспериментатор, Каппен⁵, достаточно известный своими работами в области агрохимии, работая с кукурузой по методу, разработанному в нашей лаборатории (методы изолированного питания), пришел к выводу, что все-таки хлористый калий есть соль физиологически кислая (мы не касаемся здесь дальнейшего практического вывода Каппена, основания которого лежат не в области физиологии растений, а в области химии почвы).

Это расхождение результатов у разных авторов побудило нас обратить внимание на влияние природы растения и не ограничиваться более широко варьированием условий при опытах с одним растением (как делало большинство авторов), но также варьировать и выбор объекта, при сравнимых условиях постановки отдельных опытов.

С такой установкой опыты ведутся у нас с 1927 года, и мы можем сказать, что индивидуальность растения оказывает несомненное влияние на

² Такой обзор мы предполагаем дать в другом месте, именно при более подробном описании наших опытов в следующем томе „Результатов вегетационных опытов и лабораторных работ“.

³ Pantanelli è Silla, Assorbimento elletivo di ionj nelle radici, Berna, 1909 (Accademia dei Sincel, vol. X III).

⁴ Lemanczyk. Ueber die Absorption von Kalisalen, 1927.

⁵ Kappen. Bod.nacidität, 1929, стр. 276.

ход поступления калия и хлора из растворов KCl. Мы первоначально (1927 и 1928 гг.) взяли для сравнения овес и горох в качестве представителей двух важных в сельскохозяйственном отношении семейств злаковых и бобовых⁶; опыты с этими растениями были проведены С. И. Иноземцевым. Для овса результаты не очень отличались от тех, какие наблюдал Леманчик при своих опытах с ячменем: поглощение калия или лишь немного преобладало над поглощением хлора, или было равно ему; сдвиг реакции в сторону подкисления или был невелик (если исходная реакция была близка к нейтральной) или его вовсе не было (если реакция при постановке опыта была кислой).

Другая картина наблюдалась при опытах с ростками гороха, а именно сдвиг реакции в сторону подкисления был значительным, например до 3,8—3,4 pH (вместо исходного pH = 5,4), в то же время поступление калия значительно превышало поступление хлора. Вот пример из опытов 1928 г. из той их серии, в которой испытывалось влияние различной продолжительности опыта при постоянной концентрации (0,0025 норм.), без смены раствора (отдельные сосуды убирались в различные сроки):

Т а б л и ц а I

Время (в часах)	pH до опыта	pH после опыта	Поглощено мг-ионов		Выделено мг-эквивалент. Са
			K	Cl	
3	5,4	4,4	0,82	0,35	0,04
6	5,4	3,9	1,32	0,91	0,21
12	5,4	3,6	2,68	1,19	0,18
24	5,4	3,4	3,17	1,59	0,21

Здесь видно, что растения вызвали тем большее подкисление, чем дольше продолжался опыт (в пределах 24 часов).

Определения выделенного растением кальция показывают, что явление обмена не таково по размеру, чтобы они могли влиять на вывод относительно большего поглощения калия, чем хлора (другие катионы не определялись, их количество было очень мало вследствие трехдневного пребывания растения на растворе CaSO₄ перед началом опыта; при ежедневной смене этого раствора большая часть других катионов, способных заменяться кальцием, постепенно удалилась).

Эти краткосрочные опыты были проведены по методу фракционированных растворов; при повторении их по методу изолированного питания, позволяющего распространить опыт на целый вегетационный период, получилось подтверждение отмеченных выше различий между овсом и ячменем, с одной стороны, и горохом — с другой. Вот примеры из этой серии опытов:

	Поглощено милли- эквивалентов Aufgenommen	
	K	Cl
Овес (Hafer)	1,02	0,82
Ячмень (Gerste)	2,04	1,74
Горох (Erbsen)	1) 1,31	0,14
	2) 1,02	0,27
	3) 0,63	0,12
	4) 0,32	0,08

⁶ Эти опыты велись с растениями, которые в течение 15 дней выращивались на свету на полой смеси, затем трое суток они оставались на сменном растворе CaSO₄ и после обмывания корневой системы погружались на то или иное число часов в раствор KCl определенной концентрации и при определенном pH.

Цифры показывают, что различие в поглощении катиона и аниона у гороха гораздо больше, чем у ячменя⁷.

Раз мы обнаружили факт неодинакового отношения к хлористому калию различных растений, то дальше естественно было пойти в сторону расширения круга изучаемых культур, причем особенное внимание обратили на растения, потребляющие много калия, как подсолнечник, свекла, картофель и некоторые другие технические культуры.

Опыты с подсолнечником проведены были С. И. Иноземцевым, А. В. Владимировым и И. М. Малаховским в двоякой постановке: именно с молодыми (ассимилирующими) проростками по способу фракционированного питания и более длительные, по способу изоляции. Особенно рельефные различия в поступлении калия и хлора получились при первом способе проведения опыта:

Т а б л и ц а II

Время в часах (Stunden)	pH до опыта	pH после опыта	Поглощено мг-ион. в Aufgenommen		Соотношен. кат.: анион. Verhältniszahlen
			K	Cl	
3	5,3	3,9	0,108	0,021	5,18
6	5,3	4,1	0,137	0,036	3,80
36	5,3	4,1	0,547	0,261	2,10
48	5,3	4,25	0,313	0,151	2,07
52	5,3	3,9	0,330	0,169	1,97
72	5,3	3,95	0,512	0,257	2,03

Здесь особенно велик перевес в поступлении калия в первые три часа. Оно в пять раз превышает поступление хлора, затем это отношение снижалось до 2 : 1 (в длительном опыте наблюдались новые соотношения).

С сахарной свекловицей целый ряд опытов проведен был В. В. Буткевичем в 1929 году, часть опытов повторена была З. И. Журбицким и Н. Н. Высочинной в 1930 году.

В первой серии опытов постановка была такова. Для того чтобы иметь в опыте растения уже окрепшие, проростки сахарной свеклы в течение четырех недель выращивались на водопроводной воде с добавлением одной пятой полной смеси Гельригеля, затем на трое суток помещались в смесь, не содержащую калия и хлора, если изучаемой солью должен был быть KCl (в других случаях — калия и соответственного аниона), и только после этого начинался собственно опыт, т. е. растения получали на известное время в растворе только калийную соль; через несколько дней учитывалось поступление калия и введенного с ним аниона.

При такой постановке опытов со свеклой для хлористого калия обнаружилось ясное преобладание поглощения калия над хлором. Так например при первом погружении растений на 4 дня в раствор KCl (причем испытывались разные концентрации) 12 растений поглотили такие количества калия и хлора:

Т а б л и ц а III

Дано калия (K) (мг)	Поглощено Aufgenommen		То же в эквивалентных отношениях Aequivalentverhältniss	
	K	Cl	K	Cl
160	33,2	1,6	84,7	4,6
80	18,7	3,3	47,8	9,2
40	12,0	1,1	30,7	3,0
20	6,5	0,8	16,6	2,3

⁷ В случае же сернокислого калия эти различия достаточно велики, также у овса и у ячменя.

Таким образом поглощение калия в этой стадии развития растений в несколько раз превосходило поглощение хлора. Однако сдвиги реакции в сторону подкисления при данной постановке опыта не наблюдалось, очевидно потому, что растения в течение четырех недель пребывания на водопроводной воде поглощали значительные количества бикарбонатов кальция и магния, поэтому они могли во время опыта выделять кальций не только в обмен на поглощаемый калий, но частью и в виде бикарбоната, отчего замечалось вместо падения pH повышение от 5,2 до 6,0⁸.

Кроме сравнения хода поглощения калия и хлора, опыт этот дает возможность сопоставить поглощение того и другого элемента с поглощением воды, а именно:

Т а б л и ц а IV

	1	2	3	4
Поглощение воды (к. с.)	82	87	90	82
Wasseraufgenommen				
В этом объеме содержалось калия и хлора (мг-ионы). Darin K. und Cl.	33,5	17,8	9,2	4,2
На деле поглотилось больше или меньше	K + 51,2	+ 30,0	+ 21,5	+ 12,4
Wirklich aufgenommen mehr oder weniger	Cl - 28,9	- 8,6	- 6,2	- 1,9

Таким образом в итоге получается, что хлор поступал как бы медленнее воды, а калий скорее ее, что зависит от влияния диффузии, которое в случаях хлора является (в данных условиях) отрицательным; очевидно хлор не вступает в растения в какие-либо трудно диффундирующие соединения, и если вследствие дневного испарения его концентрация внутри растения начинает превышать концентрацию во внешнем растворе, то ночью возможно обратное выделение части поглощенного за день хлора в виде CaCl_2 .

Кроме хлористого калия в этом ряде опытов изучалось отношение свеклы к серноокислому и азотнокислому калию; для серноокислого калия получились такие данные:

Т а б л и ц а V

Дано К (мг)	Поглощено (мг)		То же в эквивалент. отношениях Aufgenommen (aeqw)		Должно бы поглотиться с водой $\text{K}_2\text{SO}_4 \times 1/2$	Повышение или недо- статок фактически поглощения	
	K	$\text{SO}_4 \times 1/2$	K	$\text{SO}_4 \times 1/2$		K	$\text{SO}_4 \times 1/2$
160	34,5	10,8	88,2	22,6	34,8	53,4	- 12,2
80	33,9	0,3	86,7	0,6	14,7	72,0	- 14,1
40	15,2	- 3,5	38,9	- 7,2	7,5	31,4	- 14,7
20	8,6	- 4,1	22,0	- 8,6	4,7	17,3	- 13,3

Здесь мы замечаем сильное преобладание поглощения калия над поглощением серной кислоты; при слабых концентрациях имело место даже выделение SO_4 в окружающий раствор, что указывает на излишнее насыщение растений сульфатами в подготовительный период на смеси Гельригеля, но для калия в тех же условиях имело место довольно значительное поглощение, так что и эта часть опыта говорит за разный ход поглощения катиона и аниона изучаемой соли. Точно так же и сопоставление с количеством поглощенной воды показывает, что при всех концентрациях калий

⁸ Водопроводная вода применялась только в этот подготовительный период.

поступал в большем количестве, а SO_4 — в меньшем количестве, чем вода, т. е. совершенно аналогично тому, что мы наблюдали в случае хлористого калия. Очевидно, поступление аниона SO_4 при данной постановке опыта настолько превышало потребность растений в сере, что в ночные часы имело место обратное выделение избыточно накопившихся в растении сульфатов (CaSO_4 и пр.).

Во второй серии опытов, поставленных В. В. Буткевичем, изучалось отношение свекловицы к калийным солям в несколько иных условиях, а именно предварительное подкармливание молодых ростков полной смесью Гельригеля не применялось; они росли поочередно то на растворе калийной соли, то на смеси остальных солей без калия и без того аниона, который вводился в данном опыте вместе с калием. Для того же, чтобы изменения в составе изучаемого раствора были более значительны, растения повторно переносились (через каждые двое суток) то на тот же самый раствор калийной соли, то на дополнительную питательную смесь, так что при анализе раствора калийных солей учитывалось более длительное влияние растений на этот раствор, чем в первой серии опытов. Это должно было компенсировать то ослабление влияния растений в первый период опыта, которое должно было иметь место вследствие применения еще неокрепших ростков.

Другое отличие в постановке этой серии опытов заключалось в том, что исходная реакция раствора калийной соли доводилась с помощью добавления нескольких кубических сантиметров раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ до уровня, считающегося оптимальным для сахарной свеклы (pH 7,5). Первый период опыта, после которого анализировался раствор калийной соли равнялся 20 дням, второй — 30 дням.

В опытах с хлористым калием получились такие результаты:

Т а б л и ц а VI

Дано К (мг)	Поглощено Aufgenommen		То же, в эквивалент. (aeqw)		Должно было по- ступить с водой того и другого	Избыток или не- достаток факти- чески поглощен.	
	K	Cl	K	Cl		K	Cl
30 мг { за 1-й период	13,3	1,3	34,0	3,6	10,5	+ 23,5	- 6,9
» 2-й »	30,0	12,0	76,7	33,9	19,9	+ 56,8	+ 14,9
120 мг { за 1-й период	38,2	19,1	97,6	53,7	59,8	+ 37,8	6,1
» 2-й »	107,6	39,3	274,5	111,3	95,1	+ 179,4	+ 16,2

Здесь мы опять наблюдаем более значительное поглощение калия, чем хлора; также и по сравнению с водой для калия правилом является более быстрое поступление. Для хлора же имеем, по крайней мере в первом периоде, отставание от скорости поглощения воды корнями растений.

Изменение реакции среды было хотя и не резким, но по направлению согласным с данными относительно поступления калия и хлора (pH по окончании опыта, вместо исходной величины 7,5, снижалось до 6,2—6,4). Для серноокислого калия во второй серии опытов получены следующие данные (см. табл. VII на стр. 34).

Мы видим ясное преобладание поглощения катиона над анионом при питании K_2SO_4 ; по сравнению с водой и в этом случае калия также поглощено больше, чем следовало бы по расчету на поглощенную растениями воду, а серной кислоты — меньше. Это отставание поглощения серной кислоты от поглощения воды было более значительно в первый период, чем во второй, и оно сильно выражено при больших дозах K_2O , чем при малых.

Что касается реакции раствора, то за время опыта замечалось снижение pH от 7,5 до 6,3—6,5.

Таблица VII

Дано К	Поглощено (мг)		То же в эквивал. (aeqw)		Должно было поступить с водой того и другого	Избыток или недостаток фактически поглощенных	
	К	SO ₄ × 1/2	К	SO ₄ × 1/2		К	SO ₄ × 1/2
30 мг { за 1-й период	9,5	—	24,4	—	10,0	+ 14,4	—
» 2-й »	30,0	12,2	76,7	25,4	25,9	+ 50,8	— 0,5
120 мг { за 1-й период	35,7	8,1	91,4	16,6	62,4	+ 29,0	— 45,8
» 2-й »	80,9	44,5	218,0	92,6	111,5	+ 106,5	— 18,9

Из всего предыдущего следует, что для свекловицы как хлористый, так и сернокислый калий проявляют явную физиологическую кислотность, прежде всего в том смысле, что поступление катиона резко преобладает над поступлением аниона; что касается непосредственного изменения реакции раствора, то при несомненной тенденции к подкислению, оно не является сильно выраженным при данном методе культур (фракционированные растворы) благодаря побочным влияниям⁹.

Итоги предыдущих опытов казалось приводили к предположению, высказанному нами в осторожной форме¹⁰, что злаковые ведут себя вообще иначе чем названные выше растения других семейств (горох и свекла; иначе ведут себя также позднее испытанные нами подсолнечник и картофель).

Однако опыты, произведенные у нас с кукурузой (при том в различной постановке) показали, что возможность обобщения наблюдений над ячменем и овсом на все семейство злаковых не подтверждается: кукуруза обнаруживает явное преобладание поглощения калия над поглощением хлора.

Этот факт был установлен в 1929 году одной группой сотрудников (Иноземцев, Владимиров, Малаховский) прямым путем (определение количеств поступившего К и Cl и изменение реакции среды). В другом же ряде опытов (проведенных Голубевым и Платоновым) в 1930 году тот же факт был продемонстрирован косвенным путем, а именно разложением фосфорита той кислотой, которую освобождало растение при усвоении калия, данного в виде KCl. Прямой учет поступления калия и хлора был проведен в свою очередь при двойной постановке, а именно: с одной стороны в краткосрочных опытах, когда растение получало только KCl, с другой же стороны — в опытах длительных, при которых растения могут усвоить гораздо большее количество калия, но при условии, что растение получает все необходимые элементы без помехи для наблюдений над изменением реакции в сосуде, содержащем хлористый калий.

В первом случае молодые (ассимилирующие) ростки кукурузы помещались на сетке, натянутой над стаканом, содержащим раствор KCl. Через некоторое время (3 часа и более) раствор сливался и подвергался анализу (определение К, Cl и pH раствора), взамен же вводился свежий раствор KCl.

Результаты последовательных определений сопоставлены в следующей таблице (см. табл. VIII).

Мы видим, что при первом погружении в раствор KCl ростки кукурузы берут вдвое больше ионов калия, чем ионов хлора; при последующих сменах раствора различие в скорости поступления оглаживается, но при данной постановке опыта этого и следует ожидать, так как растения не получают других питательных веществ и одностороннее питание калием скоро приводит к прекращению потребления калия растением. Поэтому на

⁹ Кроме приведенных данных в работе В. В. Буткевича имеются результаты опытов с калием озотокислым и фосфорнокислым.

¹⁰ Доклады Академии наук, 1929, стр. 336.

Таблица VIII
Zea Mays

Продолжительность погружения ростков в раствор KCl	Поглощено		То же в мг-ионах (mg. Ionen)		Отношение Verhältniss-zahlen	pH после опыта
	К	Cl	К	Cl		
3 часа 25 мин. { a . .	8,15	3,76	0,209	0,106	1,97	5,38
» { b . .	7,75	2,28	0,185	0,091	2,02	5,40
Среднее	7,95	3,52	0,196	0,098	2,1	5,39
3 час. 30 мин. { a . .	16,35	12,76	0,18	0,359	1,14	5,1
» { b . .	14,60	11,09	0,371	0,313	1,14	5,1
Среднее	15,47	11,92	0,394	0,336	1,16	5,1
24 часа	18,6	19,0	0,475	0,540	0,88	5,1
33 »	19,6	19,6	0,500	0,550	0,91	4,5

такой опыт можно смотреть как на разведочный; и если в нем обнаружена (хотя бы вначале) заметная разница в скорости поступления калия и хлора, то следует перейти к более длительному опыту, снабжая растения всеми необходимыми элементами, что и было сделано во второй серии опытов с кукурузой, проведенных по методу изолированного питания.

Во внутреннем сосуде давалась та или иная соль калия, во внешний же сосуд вводилась смесь Гельригеля с заменой KН₂Р₀ на NaН₂Р₀. Периодически (через 2 или 3 недели) раствор во внутреннем сосуде сменялся и подвергался анализу; всего было произведено 4 смены:

Таблица IX
Опыты с KCl

	pH после опыта	Поглощено в мг-эквивалентах Aufgenommen (aeqw)		Отношение Verhältniss-zahlen
		К	Cl	
1-я смена раствора (23/VI—7/VIII) . . { a . .	3,7	0,834	0,172	4,84
» { b . .	3,7	0,901	0,191	4,71
2-я » (7/VII—3/VIII) . . { a . .	3,1	0,970	0,321	3,01
» { b . .	3,1	1,171	0,378	3,08
3-я » (3—22/VIII) . . { a . .	3,2	1,05	0,710	1,51
» { b . .	3,2	1,240	0,788	1,57
4-я » (22/VIII—5/IX) . . { a . .	3,5	0,645	0,420	1,63
» { b . .	3,5	0,685	0,404	1,69

Здесь мы видим, что за все время опыта поступление калия преобладает над поступлением хлора, а реакция раствора во внутреннем сосуде изменяется от pH=5,3 до pH=3,1 или 3,7. Правда, отношение между количеством калия и хлора, поглощенных растением, и в этом опыте постепенно уменьшается (от 4,8 до 1,6), но все же и под конец сохраняется значительное различие. Уменьшение этого отношения вероятно стоит в связи с тем обстоятельством, что с последующей сменой раствора KCl острота потребности в калии уменьшилась, так как развитие растения не было роскошным (сухой вес растения не превышал 39 г), не только вследствие поздней постановки опыта, но и вследствие того, что корни в растворе KCl болели благодаря отсутствию кальция в растворе и кислот



Урожай.	Норм.	Без P_2O_5	Фосфорит	Рис. 2. Фосфор. + K_2SO_4	Фосфор и K_2SO_4 р.з.д.	Фосфор и KNO_3	Фосфор и Na_2SO_4
	115,1	5,2	30,3	102,9	18,2	16,3	43,1

доть в ближайшее рассмотрение результатов, так как общая картина явлений достаточно видна уже из вышеизложенного. Именно наши опыты показали, что вопрос о физиологической кислотности хлористого калия не имеет того общего однообразного решения, как в случае хлористого аммония, но в зависимости от индивидуальности растения эта кислотность выражается в разной степени. Игнорирование природы объекта является одной из причин того расхождения результатов опытов с хлористым калием у разных авторов, какое обнаруживается в литературе.

Что же касается калия сернокислого, то для него обнаруживается более постоянная физиологическая кислотность, по крайней мере она обнаружена для всех растений, какие до сих пор испытывались как в наших опытах, так и опытах других авторов (Hoagland, Lemanczyk).

Итак при внесении калийных солей растение в лучшем случае (овес, ячмень) является нейтральным фактором и ничего не может с своей стороны противопоставить повышению кислотности почвенного раствора, вызываемой явлениями обмена (в отличие от поведения растения по отношению к селитре); в ряде же случаев растение своим отношением к хлористому калию может еще усиливать кислотность, присоединяя физиологический эффект к действию причин почвенно-химического порядка, как это мы наблюдали для картофеля и кукурузы.

Каков размер этого эффекта?

Если относить его к общей массе почвы, то он конечно невелик; ведь даже в случае аммиачных солей сдвиг реакции в почве за один год может не достигать заметных величин. Однако на почвах бедных основаниями растения заведомо могут страдать от кислотности, вызванной физиологическими причинами (хлористый аммоний), потому что на растения влияет не та средняя кислотность, какая получается при вытяжке, а та местная кислотность, которую создают около себя корневые волоски. Поэтому нельзя ссылаться в этом случае на одни только показания почвенных вытяжек, так как «мнение растения» может обнаружить влияния, еще не от-

разившееся на этих общих показаниях, как обнаружила это например кукуруза в вышеописанном опыте с фосфоритом.

Таким образом, признавая факт, что кислотность, вызванная почвенно-химическими причинами, должна быть при внесении калийных солей принята во внимание прежде всего как фактор более мощный и характеризующий изменение во всей массе почвы, мы должны все же считаться и с тем обстоятельством, что некоторые растения могут своим отношением к хлористому калию действовать, в том же направлении, как и сама почва (если она не насыщена основаниями), и на этом общем кислотном фоне вызывать еще большее подкисление местного характера в сфере действия корневых волосков.

Если говорить о мерах противодействия возможному вредному влиянию низкопроцентных калийных солей на подзолах, то прежде всего конечно приходит на мысль известкование. Однако ввиду дороговизны и сложности этого мероприятия к нему следует прибегать лишь в случаях очевидной необходимости, в случаях же не столь резких нужно поставить вопрос, нельзя ли обойтись фосфоритованием, чтобы не напрасно нейтрализовать почвенную и физиологическую кислотность, а заставить ее произвести полезную работу разложения фосфорита.

Ueber physiologische Acidität von Kaliumsalze

D. N. Prjanischnikow

364422

Es folgt aus den beschriebenen Versuchen, dass in der Frage über physiologische Acidität der Kaliumsalze (und speziell von Kaliumchlorid) zum Unterschied von Ammoniumsalze keine eindeutige Entscheidung möglich ist, sondern man bekommt verschiedene Resultate je nach der Natur der Pflanze, mit welcher gearbeitet wird.

So wurden bei der Versuchen mit Hafer und Gerste in den fraktionierten Nährlösungen ziemlich gleichwertige Grösse für die Aufnahme von K und Cl aus der Lösung von Kaliumchlorid gefunden, während für Erbsen haben wir grössere Unterschiede (zum Gunsten von Kaliumaufnahme) beobachtet; (s. Tabelle auf der Seite 30); das wurde auch durch die Methode der isolierten Ernährung bestätigen.

Junge Sonnenblumenpflanzen haben bei kurzfristigen Versuchen (in fraktionierten Nährlösungen) auch grosse Unterschiede zwischen Aufnahme von K und Cl gezeigt (Tabelle S. 31).

Die Ergebnisse für die Zuckerrübe sind in der Tabelle (S. 31 und 32) zusammengestellt man sieht, dass bei sehr verschiedenen Konzentrationen (von 20 bis zu 160 mg K_2O pro Liter) immer viel mehr Kalium als Chlor aufgenommen wurde. Wenn man die Menge von aufgenommenen K' und Cl' mit der Menge von transpirierten Wasser vergleicht, so sieht man dass von Kalium mehr als vom Wasser und von Chlor weniger als vom Wasser absorbiert wurde. (Tabelle S. 33). Es hat also ausser passiver Absorption mit Wasser auch Diffusion von K' und Cl' (als $KHCO_3$, $CaCl_2$ etc.) seine Wirkung ausgeübt.

Für Kaliumsulfat hat man dieselben Erscheinungen, aber in noch stärkerem Masse beobachtet (Tab. S. 32). Auch von Kaliumphosphat (K_2HPO_4) hat die Zuckerrübe mehr K_2O als P_2O_5 aufgenommen. Von KNO_3 werden Kation und Anion sehr energisch aufgenommen, ohne beständige Unterschiede zu Gunsten eines von beiden Ionen zu zeigen. (Im Vergleich mit aufgenommenen Wassermenge war die Absorption wie von K_2O so auch von N_2O_5 immer grösser).

Zuerst hatten wir gedacht, dass könnte man Erbsen, Zuckerrüben, Sonnenblumen (auch Kartoffeln) allen Gramineen gegenüber stellen, als den Pflanzen, welche ziemlich gleichmässig beide Ionen aus der Lösung von Kaliumchlorid aufnehmen; es erwies sich

aber aus den Versuchen mit *Zea Mays*, dass solche Verallgemeinerung der mit Hafer und Gerste gemachten Beobachtungen auf ganze Familie von Gramineen nicht zulässig ist.

Es zeigte sich nämlich, dass die Keimlinge von *Zea Mays*, deren Wurzeln für Kurze Zeit (3—4 Stunden) in die Lösung von KCl eingetaucht wurden, zweimal mehr Kaliumionen, als Chlorionen aufgenommen haben; weitere Aufnahme (bis 24 Stunden) ging mehr gleichmässig (Tabelle S. 35).

Da bei solcher Versuchsanstellung die Pflanzen bald mit Kalium einseitig übersättigt werden, weil die andere Nährstoffe fehlen, wurden längere Versuche nach der Methode der isolierten Ernährung unternommen (es wird dabei an einer Hälfte der Wurzeln nur Kaliumchlorid, an anderer Hälfte — die übrigen Nährstoffe dargeboten; die Lösung von KCl wurde periodisch gewechselt und der Analyse unterworfen). Die Resultate sind in der Tabelle S. 35 zusammengestellt.

Wir sehen daraus, dass die Reaktion der Lösung von Kaliumchlorid änderte sich von $\text{pH} = 5,3$ (in Anfang jeder Periode) bis $\text{pH} = 3,7$ oder sogar 3,1; die Menge vom aufgenommenen Kalium war in allen Perioden grösser, als die Menge von Chlor, und zwar in erster Periode fast fünf Mal grösser, später — 3 Mal und endlich etwa anderthalb grösser. Es erwies sich also Kaliumchlorid in den Versuchen mit *Zea Mays* entschieden als physiologischsauer.

Kaliumsulphat erweist mehr beständige physiologische Acidität, und das Verhalten von *Zea Mays* gegen diesem Salze unterscheidet nicht von allen anderen Pflanzen. (Hafer und Gerste) Die betreffenden Zahlenangaben sind in der Tabelle zusammengestellt.

Dann wurde die physiologische Acidität von Kaliumsalze für *Zea Mays* auch auf indirektem Wege demonstriert, nämlich es wurde gezeigt, dass wenn z. B. KCl und Phosphorit zusammen von anderen Nährstoffe isoliert werden, dann wird die Phosphorsäure des Rohphosphats für die Wurzeln von *Zea Mays* leicht zugänglich, was bei der Isolierung des Rohphosphats allein nicht der Fall ist (die betreffenden Angaben sind in der Tabelle S. 36, 37 zusammengestellt S. auch die Abbildungen).

Es ändert sich also die physiologische Charakteristik des Kaliumchlorids von einer Pflanze zu der anderen, und man darf sogar nicht die Beobachtungen die auf einem Glied von Pflanzengattung gemacht waren auf andere Glieder von derselben Gattung zu übertragen. So verhält sich *Zea Mays* gegen Kaliumchlorid ebenso wie Erbsen, Sonnenblumen, Rüben und Kartoffel, aber nicht wie Hafer und Gerste.

