

# О МЕТОДАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ

*In the article the methods of estimating of various forms of acidity are discussed. The most significant importance for characterisation of arable soil have pH in KCl, in the future – lime potential.*

Н.В. КЛЕБАНОВИЧ (БГУ)

Повышенная почвенная кислотность в условиях Республики Беларусь – один из основных факторов, определяющих получение высоких и устойчивых урожаев культурных растений. Основным приемом нейтрализации избыточной кислотности почв является известкование. Многочисленные эксперименты в разных странах мира показывают, что во всех опытах при внесении извести кислотность почв снижается. Различия, и существенные, наблюдаются только в степени влияния извести на кислотность почв, поэтому для правильного определения степени нуждаемости тех или иных почв в химической мелиорации прежде всего необходимо определиться, каким образом точнее всего методически оценивать кислотность почв.

Впервые значение концентрации водородных ионов в почве и метод ее определения были показаны Соренсеном в десятых годах XX века [1]. Им же было введено понятие pH, которое получило широкое распространение по всему миру и используется большинством исследователей для оценки степени кислотности почв. Величину pH определяют в водной и различных солевых суспензиях,

что отражает степень так называемых актуальной и обменной кислотности. Степень кислотности оценивается величиной pH, а количество кислотности – по содержанию титруемых щелочью веществ с кислотными свойствами. Иными словами, кислотность почв связана с вопросами интенсивности и количества. Интенсивность характеризуют обычно активностью водородных ионов, выражаемой через pH, а количество щелочи, требующейся для титрования почвы до какого-то определенного уровня.

Актуальная кислотность наиболее проста для понимания – так называют кислотность почвенного раствора, обусловленную растворенными в ней компонентами, pH почвенного раствора на практике почти не определяют, пользуясь значениями pH водной вытяжки или суспензии, обычно в соотношении почва – вода 1:2,5. Важнейшим веществом, обуславливающим почвенную кислотность, является угольная кислота. Кислотность почв может быть в значительной мере обусловлена и органическими кислотами, но доля их в почвенном растворе обычно значительно ниже, чем угольной кислоты.

Величины pH водных вытяжек (суспензий) не всегда совпадают с pH почвенных растворов из-за эффекта разбавления и влияния твердой фазы. При разбавлении увеличивается степень диссоциации ионов ППК и происходит дополнительное растворение твердых фаз почвы, но одновременно уменьшается концентрация тех веществ, которые не присутствуют в избыточном количестве в твердой фазе почвы. По этой причине в качестве показателя почвенной кислотности в термодинамическом аспекте используется отношение активностей ионов водорода и преобладающего в поглощающем комплексе почв катиона  $\text{Ca}^{+2}$  или  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$  в растворе 0,1M  $\text{CaCl}_2$ . Известковый потенциал в логарифмическом виде имеет значение  $\text{pH}-0,5\text{pCa}$  или  $\text{pH}-0,5\text{p}(\text{Ca} + \text{Mg})$  и характеризует равновесную систему: твердая фаза – раствор. Он мало зависит от соотношения почва-раствор и от концентрации солей в растворе. Использование слабой солевой вытяжки имеет целью увеличить ионную силу раствора по сравнению с водной суспензией и ликвидировать суспензионный эффект, который чаще всего проявляется в более высоком значении pH водной вытяжки по срав-

нению с водной суспензией. Так, на почвах Новой Зеландии величина рН почвенного раствора 6,0 соответствовала рН почвы 5,2 [2].

Слабая солевая суспензия используется в настоящее время чаще всего и для непосредственного определения рН с целью минимизации жидкостного потенциала. Величина рН солевой суспензии характеризует обменную кислотность, то есть наиболее деятельную часть потенциальной кислотности, проявляющуюся при взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли. В Западной Европе, США и ряде других стран обычно используют 0,1 М CaCl<sub>2</sub>, в Восточной Европе – 1М, реже 0,1М KCl. В литературе 1950-60-х годов и более ранней приводятся обычно данные по рН в H<sub>2</sub>O. Так как в большом числе работ вытяжка для определения рН не указывается, то этим создаются серьезные трудности в трактовке ряда понятий, особенно термина “оптимальный интервал рН”. Никогда не следует переводить значения рН арифметически в концентрацию ионов водорода из-за возможных больших ошибок.

Показания рН этих трех суспензий тесно коррелируют между собой. Между значениями рН в разных вытяжках существует тесная связь, описываемая при исследовании ряда американских почв следующими уравнениями [3]:

$$\begin{aligned} \text{pH в CaCl}_2 &= 1,048 \text{ рНвод} - 0,889 \\ \text{pH в KCl} &= 1,102 \text{ рНвод} - 1,327 \\ \text{pH в CaCl}_2 &= 0,971 \text{ рН}_{\text{KCl}} + 0,298 \end{aligned}$$

Согласно этим формулам, рН в KCl на 0,1-0,3 единиц ниже, чем рН в CaCl<sub>2</sub> и на 0,6-0,9 единицы ниже рН водной суспензии.

Для почв Беларуси еще в 60-годах выявлены тесные зависимости между значениями рН водного и солевого, коэффициенте корреляции 0,55 при 401 количестве дат. Для песчаных почв  $\text{pH}_{\text{вод}} = 1,75 + 0,86 \text{ рН}_{\text{сол}}$ ; для супесчаных почв  $\text{pH}_{\text{вод}} = 1,86 + 0,83 \text{ рН}_{\text{сол}}$ ; для суглинистых  $\text{pH}_{\text{вод}} = 1,65 + 0,87 \text{ рН}_{\text{сол}}$ .

для дерново-подзолистых почв в целом  $\text{pH}_{\text{вод}} = 1,52 + 0,90 \text{ рН}_{\text{сол}}$ .

В проведенном нами эксперименте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (схема представлена в табл. 1) коэффициенты корреляции между рН<sub>KCl</sub> и рН<sub>H<sub>2</sub>O</sub> в разные годы менялись от 0,72 до 0,93, а в опыте 1Р на сильноокислой дерново-подзолистой супесчаной почве этот показатель достигал 0,98. Связь между рН<sub>KCl</sub> и рН в CaCl<sub>2</sub>-вытяжке также оказалась очень тесной – 0,82 (табл. 1). В среднем значения первого показателя были на 0,4 единицы ниже, чем второго, что естественно, поскольку KCl нарушает кислотно-основное равновесие в почве, вытесняя большее число кислотных компонентов, поэтому рН на 1,5-2,0 может быть ниже, чем в воде. Лучше всего определять в 0,01М CaCl<sub>2</sub>, так как концентрация близка к почвенному раствору, а Ca преобладает в ППК и имеет низкий суспензионный эффект [4].

Превышение рН в H<sub>2</sub>O над рН в KCl составляет в среднем 0,8 единицы, причем на кислых почвах оно выше – около 1,0 единицы, а на почвах с рН в KCl более 6,0 уменьшается до 0,6 единицы и менее.

Нами проверено также, насколько сильно меняется величина рН при разбавлении. По неко-

торым данным, большой разницы между соотношением почва - раствор с 1:2, 1:2,5 и 1:5 при определении рН не было [3]. В почвах Финляндии рН обычно возрастал на 0,15 единицы при увеличении соотношения почва - вода с 1:2,5 до 1:5 [5]. И, по нашим данным, как при использовании водной (с 7,04 при 10 мл на 10 г почвы до 7,10, 7,13 и 7,01 при 25, 50, 100 мл соответственно), так и KCl-суспензии (с 5,95 до 5,97, 6,07, 6,20 соответственно) кислотность почв при разбавлении снижается, то есть рН растет. Хотя максимальные различия не превысили 0,3 единицы, их наличие свидетельствует о необходимости унификации соотношения почва - раствор. Лучше всего использовать соотношение 1:2,5 как наиболее часто употребляемое и привычное, рекомендованное Международным обществом почвоведов еще в 1926 году.

С точки зрения методики определения рН представляет интерес и целесообразность единообразия при подготовке образца почвы к анализу. Увеличение удельной поверхности почвенных частиц в наших исследованиях не приводило к дополнительному переходу протонов в раствор (рН уменьшался с 4,73 до 4,68-4,70, с 5,57 до 5,50-5,54 и с 6,26 до 6,23-6,24),

### 1. Сопряженность величин рН в 0,01М CaCl<sub>2</sub> и рН в 1М KCl на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (1994)

Вариант опыта	рН в 0,01М CaCl <sub>2</sub>			рН в 1М KCl		
	Ca <sub>0</sub> *	Ca <sub>1</sub>	Ca <sub>2</sub>	Ca <sub>0</sub>	Ca <sub>1</sub>	Ca <sub>2</sub>
1. Контроль	5,44	5,90	6,49	5,00	5,47	6,16
2. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>150</sub>	5,12	5,79	6,47	4,71	5,38	6,08
3. N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>200</sub>	5,06	5,56	6,31	4,71	5,36	6,08
4. 12т/га ТНК	5,42	5,89	6,56	4,96	5,61	6,23
5. 24т/га ТНК	5,13	5,91	6,59	4,96	5,62	6,23
6. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + 12т/га ТНК	5,36	5,65	6,52	4,72	5,53	6,14
7. N <sub>90</sub> P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + 24т/га ТНК	5,39	5,92	6,46	4,81	5,52	6,18
8. N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>200</sub> + 12т/га ТНК	5,10	5,78	6,43	4,67	5,52	6,09
9. N <sub>120</sub> P <sub>100</sub> K <sub>200</sub> + 24т/га ТНК	5,19	6,21	5,99	4,93	5,78	5,72
В среднем	5,25	5,85	6,42	4,83	5,53	6,09

- уровни известкования: Ca<sub>0</sub> – без извести, Ca<sub>1</sub> – доломитовая мука по 1 т/га (6,5 т/га д.в.), Ca<sub>2</sub> – доломитовая мука до оптимума рН (12,4 т/га д.в.), ТНК – торфо-навозный компост - здесь и в остальных таблицах все данные приведены для пахотного слоя.

то есть с уменьшением размера почвенных частиц величина  $pH_{KCl}$  падает незначительно.

Определенное значение может иметь и влажность испытуемого образца. На почвах с  $pH$  менее 7 значения  $pH$  до высушивания были на 0,2-1,5 единицы выше, чем после высушивания [6], на почвах с  $pH$  более 7 - на 0,2  $pH$  ниже. В наших исследованиях различия в величине  $pH$  между свежими и воздушно-сухими образцами были незначительными.

Вместе с тем значения  $pH$  почвы могут сильно увеличиваться в анаэробных условиях [5], поэтому нуждаемость в известковании переувлажненных минеральных почв остается пока недостаточно исследованным вопросом. В целом стабильность и воспроизводимость показателя  $pH_{KCl}$ , его слабая зависимость от условий определения указывают на его надежность и целесообразность использования в целях оптимизации кислотности почв.

Термодинамическая оценка кислотности почв является, по нашему мнению, более консервативной характеристикой (табл. 2). В эксперименте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве исходные значения  $pH - 0,5 pCa$  характеризовались интервалом 3,5-4,0, что ниже благоприятных для растений уровней [7]. Уже в первый год после внесения извести потенциал возрос до 4,1-4,4 (известь по Нг) и 4,4-4,7 (известь в дозе до оптимума  $pH$ ), то есть энергия, необходимая для перехода водорода из поглощающего комплекса в раствор, существенно возрастает с увеличением  $pH$ . К третьему году этот показатель увеличился до 4,5-4,8 и 4,9-5,1 соответственно, тогда как на неизвесткованных вариантах почти не изменился.

Т.А. Романова с соавторами [8] считают, что дерново-подзолистые почвы на покровных суглинках нуждаются в известковании, если известковый потенциал их менее 5,0. По нашим данным, та-

кая величина известкового потенциала примерно соответствует принятой ныне оптимальной величине  $pH$  для таких почв, но в условиях нашего эксперимента известкование уже при  $pH - 0,5 pCa$  4,5 было агрономически неэффективным. Показатель известкового потенциала, основанный на факторах взаимодействия между ионами водорода и кальция, характеризующий способность катионов переходить из твердой фазы в почвенный раствор, может рассматриваться как перспективный для более точной диагностики степени нуждаемости почв в известковании, но это возможно лишь в отдаленной перспективе при накоплении достаточной информационной базы.

Увеличение известкового потенциала происходило при внесении извести как за счет роста  $pH$ , так и за счет уменьшения  $pCa$ , причем эти изменения с ростом доз извести носят загущающий характер. О консерватизме показателя известкового потенциала свидетельствует и отсутствие су-

лась активность ионов водорода. С удвоением дозы извести произошло дальнейшее изменение этих показателей в том же направлении, но менее резкое. Эти закономерности проявились уже в первый год опыта, когда  $a_{Ca^{++}}$  возросла в среднем с 0,14 до 0,35 и 0,59 ммоль/л соответственно, а величина  $a_{H^+}$  уменьшилась с 2,5 до 1,24 и 0,66 мкмоль/л соответственно. Какое-либо влияние органических и минеральных удобрений на эти показатели отсутствует, что подтверждается и результатами дисперсионного анализа данных многофакторного полевого опыта на дерново-подзолистой суглинистой почве. Достоверным было лишь влияние извести ( $F_{факт} = 202-594$  в разные годы, что во много раз больше  $F_{табл} = 3,2$ ), обусловившее 55-86% варьирования показателей активности и известкового потенциала, тогда как влияние факторов удобрений было недостоверным.

При более кислой реакции среды термодинамические показате-

## 2. Влияние извести на известковый потенциал и активность кальция и водорода через три года после внесения извести

Вари-ант	$pH - 0,5 pCa$			$a_{Ca^{++}}$ , ммоль/л			$a_{H^+}$ , мкмоль/л		
	$Ca_{0.5}^*$	$Ca_1$	$Ca_2$	$Ca_{0.5}^*$	$Ca_1$	$Ca_2$	$Ca_{0.5}^*$	$Ca_1$	$Ca_2$
1.	4,08	4,65	5,00	0,20	0,45	0,48	1,18	0,50	0,21
2.	3,81	4,69	4,91	0,13	0,44	0,60	1,79	0,44	0,30
3.	3,86	4,70	5,06	0,17	0,42	0,67	1,74	0,42	0,23
4.	3,85	4,56	4,91	0,17	0,41	0,68	1,85	0,57	0,25
5.	3,84	4,63	5,05	0,18	0,44	0,72	2,01	0,51	0,25
6.	3,85	4,57	5,03	0,18	0,41	0,65	1,96	0,63	0,23
7.	3,81	4,58	5,05	0,18	0,39	0,69	2,25	0,49	0,23
8.	3,78	4,60	4,91	0,17	0,41	0,65	2,27	0,54	0,31
9.	3,94	4,78	4,89	0,16	0,50	0,62	1,54	0,41	0,33
НСР <sub>05</sub>	0,20			0,14			0,46		

\* - схема эксперимента аналогична табл. 1.

жественных изменений в зависимости от доз органических или минеральных удобрений.

Роль извести в физико-химических процессах хорошо видна при анализе данных по активности кальция и водорода в почвенной пасте (табл. 2). От внесения стандартной (по Нг) дозы извести в 2-3 раза увеличилась активность ионов кальция и уменьши-

ли кислотности еще сильнее изменяются под влиянием извести. В нашем эксперименте на дерново-подзолистой слабogleеватой супесчаной почве (табл. 3) известкование резко улучшало кислотный статус почвы. Активность водорода снижалась в 15-20 раз при качественной заделке доломитовой муки в почву, поэтому, несмотря на сравнительно малое

увеличение активности кальция, известковый потенциал существенно возрастал, но даже в лучших вариантах он не превысил величину 4,1. Это свидетельствует, на наш взгляд, о том, что для экстремально кислых почв (исходная величина рН в КС1 менее 4) даже однократное внесение повышенных доз извести не позволяет полностью ликвидировать негативные последствия избыточной почвенной кислотности.

Вместе с тем слабое увеличение активности кальция при внесении доломитовой муки говорит о достаточно высоком содержании и активности кальция даже в сильнокислых почвах.

Для оценки кислотности почв широко применяется также показатель гидролитической кислотности, то есть общее количество кислотных элементов почвы, переходящее в раствор гидролитически щелочной соли. Этот пока-

затель не слишком сложен в определении, хотя и значительно более трудоемок по сравнению с определением рН, воспроизводим и дает ценную информацию о всей потенциальной кислотности почв. Вместе с тем значения этого показателя тоже относительны. Уже на заре научно обоснованного известкования делались попытки полностью нейтрализовать всю потенциальную кислотность. Известная формула Д (доза  $\text{CaCO}_3$ ) = 1,5Нг именно и рассчитана на полное замещение протонов в поглощающем комплексе ионами кальция. На практике же это никому не удавалось, в редких случаях показатель Нг падает ниже 1,0 смоль(+)/кг и никогда не доходит до нуля. В основном это объясняется термодинамикой поведения водорода: чем меньше протонов в почве, тем труднее их заместить основаниями. Так, в наших опытах на дерново-подзолистой супесчаной почве

(табл. 3) в вариантах с внесением 11,5 т/га  $\text{CaCO}_3$  под культивацию и вспашку и культивацией по сравнению с фоном в 12-15 раз увеличивалась энергия, необходимая для замещения водорода кальцием в поглощающем комплексе. В полном замещении водорода нет необходимости, при Нг 1,5 (легкие) - 2,0 (тяжелые почвы) смоль(+)/кг отрицательных проявлений избыточной кислотности обычно не наблюдается.

Методически определение гидролитической кислотности сводится к обработке почвы ацетатом натрия с рН 8,2 с последующим титрованием. Так как однократная обработка почвенной пробы не обеспечивает полного вытеснения кислотных компонентов почвы, то применяется коэффициент на неполноту вытеснения, равный 1,75. В литературе имеются данные, подвергающие сомнению правомерность использования этого коэффициента. По мнению А.Н. Небольсина [9], коэффициент на неполноту вытеснения при определении Нг реально выше 1,75 (пески -  $1,8 \pm 0,3$ , супеси  $2,3 \pm 0,12$  и т.д.). Определение Нг в сухих образцах дает резко заниженные результаты и этот показатель рекомендуют определять по Каппену с коэффициентом 2,6 [10].

Аналогичное несоответствие отмечается и для почв Беларуси [11], поэтому нами были проведены эксперименты по определению реальных значений гидролитической кислотности для некоторых почв Беларуси. Проведенные исследования показали, что как на дерново-подзолистых легкосуглинистых, так и на дерново-подзолистых супесчаных почвах суммарное количество протонов, перешедшее из почвы за 6 обработок, оказалось равно именно 1,75 от значений первой вытяжки, максимальные отклонения составляли 1,67-1,86, что вполне допустимо.

### 3. Влияние доз и способов внесения извести на известковый потенциал дерново-подзолистой супесчаной почвы через 2 года после внесения

Дозы извести, т/га	$a_{\text{H}^+}$ , ммоль/л	$a_{\text{Ca}^{2+}}$ , мкмоль/л	рН	рСа	рН-0,5рСа
Злаковая травосмесь					
Контроль	35,2	0,33	4,49	3,53	2,73
6,5 под вспашку	10,5	0,45	5,05	3,37	3,36
6,5 под вспашку и культивацию*	2,6	0,47	5,59	3,34	3,92
6,5 под культивацию	13,8	0,39	5,04	3,43	3,33
6,5 под вспашку и поверхность*	17,7	0,46	4,76	3,36	3,08
6,5 поверхность	21,4	0,41	4,73	3,42	3,02
11,5 под вспашку	3,9	0,54	5,48	3,28	3,84
11,5 под вспашку и культивацию*	1,9	0,49	5,75	3,31	4,09
11,5 под культивацию	1,6	0,49	5,81	3,31	4,15
11,5 под вспашку и поверхность*	3,3	0,31	5,51	3,54	3,74
11,5 поверхность	18,5	0,31	4,81	3,56	3,03
ПСР <sub>05</sub>	12,1	0,15	0,33	0,22	0,33
Бобово-злаковая травосмесь					
Контроль	36,2	0,43	4,48	3,42	2,76
6,5 под вспашку	11,3	0,47	5,00	3,33	3,34
6,5 под вспашку и культивацию*	2,2	0,46	5,71	3,35	4,03
6,5 под культивацию	3,6	0,46	5,50	3,35	3,82
6,5 под вспашку и поверхность*	17,0	0,41	4,83	3,40	3,13
6,5 поверхность	23,6	0,39	4,65	3,43	2,93
11,5 под вспашку	1,9	0,59	5,75	3,24	4,13
11,5 под вспашку и культивацию*	2,2	0,58	5,75	3,25	4,12
11,5 под культивацию	1,8	0,52	5,87	3,30	3,96
11,5 под вспашку и поверхность*	6,6	0,58	5,22	3,25	3,59
11,5 поверхность	16,9	0,46	4,93	3,35	3,25
ПСР <sub>05</sub>	10,4	0,17	0,32	0,17	0,32

\* - внесение извести проведено в два приема по 0,5 дозы

Гидролитическая кислотность существенно уменьшается при известковании. По нашим данным, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве под влиянием стандартной, близкой к рассчитанной по 1,0 Нг, дозы извести гидролитическая кислотность уменьшается в 1,5-1,7 раза (табл. 4), и различия устойчиво сохраняются в течение не менее 10 лет. Сами значения показателя могут колебаться по годам до 1,5 раза, но действие извести имело устойчивый положительный характер. В течение первых пяти лет эксперимента в блоке без извести гидролитическая кислотность была в среднем 4,2-4,6 смоль(+)/кг, под действием 6,5 и 12,4 т/га  $\text{CaCO}_3$  она снизилась до 2,5-3,0 смоль(+)/кг соответственно, что составляло 60-71 и 39-59% от значений в неизвесткованном блоке. Некоторое увеличение этого показателя на 8-й год эксперимента носило глобальный характер, не меняя общих закономерностей, и в 1998 году в тех вариантах опыта, где не было изменений схемы, показатели гидролитической кислотности опять снизились до 3,9-5,0 смоль(+)/кг в неизвесткованном блоке и до 2,6-3,1 смоль(+)/кг при внесении 6,5 т/га  $\text{CaCO}_3$ .

На дерново-подзолистой супесчаной почве в наших исследованиях гидролитическая кислотность также снижалась под влиянием извести. Максимальное сокращение на бобово-злаковой и злаковой травосмеси было при внесении 11,5 т/га  $\text{CaCO}_3$  в форме доломитовой муки под культивацию - соответственно с 6,8 до 4,3 и с 6,2 до 4,0 смоль(+)/кг в первый год, до 2,8 смоль(+)/кг почвы на обоих полях на третий год, а максимальной нейтрализации в опыте достигли к моменту завершения эксперимента через 6 лет после внесения - до 2,1 и 2,3 смоль(+)/кг.

В целом, несмотря на существенные различия в гранулометрическом составе, степени увлажнения, исходной кислотности в тех

#### 4. Влияние извести и удобрений на динамику гидролитической кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, смоль(+)/кг

Варианты	1989	1990	1991	1992	1994	1996
Без извести (рН 4,7- 5,0)						
Контроль	3,9	3,6	3,6	4,5	3,6	5,0
(NPK) <sub>1</sub>	4,3	3,8	4,2	4,7	4,3	5,9
(NPK) <sub>2</sub>	4,3	4,6	4,5	4,8	4,4	6,4
ТНК <sub>1</sub> -12т/га	4,4	4,4	4,2	4,6	3,9	6,1
ТНК <sub>2</sub> -24т/га	4,4	4,4	4,5	4,5	4,2	6,1
(NPK) <sub>1</sub> +ТНК <sub>1</sub>	4,4	4,3	4,2	5,0	4,8	6,0
(NPK) <sub>1</sub> +ТНК <sub>2</sub>	4,2	4,8	4,4	4,7	4,4	6,2
(NPK) <sub>2</sub> +ТНК <sub>2</sub>	4,1	4,6	4,3	5,0	4,8	6,3
(NPK) <sub>2</sub> +ТНК <sub>2</sub>	3,7	4,3	3,9	4,0	4,3	6,0
Известь по Нг - 6,5т/га (рН 5,3- 5,8)						
Контроль	3,1	3,0	2,6	2,9	2,6	4,6
(NPK) <sub>1</sub>	3,3	2,7	2,6	3,0	2,6	4,1
(NPK) <sub>2</sub>	3,0	2,7	2,6	3,0	2,8	4,5
ТНК <sub>1</sub> -12т/га	2,8	2,8	2,7	2,9	2,3	4,0
ТНК <sub>2</sub> -24т/га	3,3	2,7	2,7	2,9	2,5	3,9
(NPK) <sub>1</sub> +ТНК <sub>1</sub>	3,0	3,1	2,7	2,9	2,5	4,1
(NPK) <sub>1</sub> +ТНК <sub>2</sub>	2,8	3,0	2,6	2,9	2,7	4,1
(NPK) <sub>2</sub> +ТНК <sub>2</sub>	2,7	2,6	2,6	3,0	2,5	4,0
(NPK) <sub>2</sub> +ТНК <sub>2</sub>	2,7	2,4	2,1	2,6	2,3	3,8
Известь до оптимума рН - 12,4т/га (рН 5,9- 6,2)						
Контроль	2,4	2,0	2,0	2,0	1,4	2,7
(NPK) <sub>1</sub>	2,5	2,2	2,2	2,1	1,6	2,2
(NPK) <sub>2</sub>	2,5	2,1	1,9	2,1	1,7	2,2
ТНК <sub>1</sub> -12т/га	2,2	2,0	2,0	2,0	1,4	2,2
ТНК <sub>2</sub> -24т/га	2,6	1,9	2,0	1,9	1,4	2,1
(NPK) <sub>1</sub> +ТНК <sub>1</sub>	2,2	2,1	1,9	2,0	1,8	2,1
(NPK) <sub>1</sub> +ТНК <sub>2</sub>	2,6	2,4	2,2	1,9	1,6	2,3
(NPK) <sub>2</sub> +ТНК <sub>2</sub>	2,7	2,1	1,9	2,0	1,9	2,6
(NPK) <sub>2</sub> +ТНК <sub>2</sub>	2,5	2,6	2,4	2,4	2,2	3,1
НСР <sub>05</sub> блоков	0,63	0,59	0,58	0,60	0,71	0,96
вариантов	0,53	0,49	0,50	0,42	0,48	0,65

и других опытах под влиянием доломитовой муки происходили примерно пропорциональные изменения в показаниях гидролитической кислотности, то есть этот показатель хорошо отражает изменения в состоянии почвенного поглощающего комплекса в сторону уменьшения доли водорода. Особенно сильное уменьшение гидролитической кислотности происходит при использовании активных (окисных, гидроокисных) форм извести, например, дефската.

Несмотря на то, что гидролитическая кислотность по своей природе существенно отличается от активности водорода в нейтрально-солевой суспензии (рН), между ними существует тесная связь [9].

Так как гидролитическая кислотность отражает всю потенциальную кислотность почв, значительная часть которой не проявляется в реальных условиях, определенный интерес представляет определение общего количества кислотных элементов почвы, переходящее в более слабые нейтрально-солевые вытяжки. Проведенные нами исследования показали, что титруемая кислотность в КСI-вытяжке на легкосуглинистой почве в 1995 году составила 0,49 смоль(+)/кг - при рН 4,4, 0,36 - при рН 4,6-4,7, 0,08 при рН

5,4, 0,06 при pH 6,0 и 0,03 при pH 6,2. В 1996 году гитрусная кислотность составила 0,40 смоль(+)/кг - при pH 4,4, 0,22 - при pH 4,6-4,7, 0,07 при pH 5,4, 0,06 при pH 6,0 и 0,05 при pH 6,2. Иными словами, уже при pH 5,4 количество кислотных элементов, способное сравнительно легко поступать в почвенный раствор, становится очень малым, менее 0,1 смоль(+)/кг, что является возможной причиной низкой агрономической эффективности известкования в данном эксперименте.

По данным рассмотренного материала можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее подходящим показателем для отражения интенсивности кислотности почв является величина pH KCl-суспензии в соотношении почва - раствор 1: 2,5.

2. Показатель гидролитической кислотности недостаточно хорошо отражает действие известкования и реальную нуждаемость почв в химической мелиорации.

3. В перспективе определять

потребность почв в извести можно будет по величине известково-го потенциала как показателя, наиболее полно отражающего термодинамические особенности основных катионов почвы.

### Литература

1. Авдонин Н.С. Агрохимия. - 1982. -344с.
2. Wheeler D.M., Edmeades D.C. Effect of depth and lime or phosphorus fertilizer applications on the soil solution chemistry of some New Zealand pastoral soils./ Australian Journal of Soil Research. 1995, 33: 3, 461-476.
3. Conyers M.K., Davey B.G. Observations on some routine methods for soil pH determination./ Soil Sci.-1988.-145.-1.-29-36.
4. Амелянчик О.А., Воробьева Л.А. Показатели и методы оценки почвенной кислотности и потребности почв в известковании./Агрохимия.-1991.-2.-123-135.
5. Блэк К.А. Растение и почва.- М., 1973.-503с.
6. Offiah O., Fanning D.S. Liming value determination of a calcareous, gypsiferous waste for acid sulfate

soil./ Journal of Environmental Quality. 1994, 23: 2, 331-337.

7. Дараган Ю.В., Алексейчик Н.Н. Активность ионов кальция, калий и калийный потенциал дерново-подзолистой известкованной почвы./Агрохимия.-1986.-8.-79-83.

8. Романова Т.А., Ивахненко Н.Н., Слободницкая Г.В. Физико-химические свойства почв, развивающихся на покровных суглинках Центральной Беларуси./Ионометрия в почвах.-Пушино.-1987.-146-151.

9. Небольсин А.Н. Известкование - средство коренного улучшения кислых почв.-Л.-1979.-134с.

10. Федоров А.А. Особенности действия извести в условиях Хабаровского края.- Автореф. дисс... канд. с.-х. наук.-Владивосток.-1975.

11. Прошляков А.А. Влияние содержания гумуса и физической глины на величину емкости поглощения автоморфных и полугидроморфных пахотных почв Белоруссии./Агрохимия.-1982.-11.-110-112.

УДК: 631.171:636.2

## ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗДАЧИ КОНЦЕНТРАТОВ

**И.А. КОВАЛЕВСКИЙ**, мл. научн. сотрудн.,  
(РУП «Институт животноводства НАН Беларуси»)

**В** настоящее время в молочном скотоводстве успешно применяется ряд автоматизированных систем управления производством и технологическими процессами (АСУ ТП).

Автоматизация некоторых технологических операций помогает реализовать предъявляемое к новым технологиям требование - индивидуальный подход к животному.

Наиболее важной из основных технологических операций является нормированная выдача животным концентрированных кормов в зависимости от их физиологического состояния и продуктивности. Применяемое повсеместно на молочных фермах групповое кормление не позволяет каждому животному получать необходимое количество кормов в со-

ответствии с его продуктивностью. Практика скармливания коровам объемистых кормов вволю, а концентрированных индивидуально на доильной площадке показала, что такое кормление также не обеспечивает потребности животных, особенно высокопродуктивных, в энергии и необходимых питательных веществах.

На фермах многих зарубежных