

V.I. Panasin<sup>1</sup>, M.I. Vihman<sup>2</sup>, D.S. Chechulin<sup>3</sup>, D.A. Rymarenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kaliningrad State Technical University, Sovietsky prospect 1, 236022 Kaliningrad, Russia.

<sup>2</sup> Centre of Agrochemical service "Kaliningradskiy", Molodoy gvardii ul. 4, 236038 Kaliningrad, Russia.

<sup>3</sup> The peasant (farmer) economy "Kalina", Chernyakhovskogo ul 3, 238174 Kalinovka village, Russia.

The content of iodine in soil-forming rocks and soils of agrolandscapes of the Kaliningrad region is investigated. The spatial and geographical aspects of the provision of soils of the region with aforementioned microelement have been established. It is shown that the content of iodine in the humus-accumulative horizons of soils depends on the granulometric composition, soil-forming rocks, the content of organic matter, and the oxidation-reduction conditions. The reserves of iodine in the main varieties of soils of the Kaliningrad region have been determined. A regional classification of soils is proposed for iodine content.

Keywords: iodine, soil-forming rocks, soils, stock, profile distribution.

УДК 631.415.1:581.132

## ОЦЕНКА ОПТИМАЛЬНОГО КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ В СИСТЕМЕ ПОЧВА - РАСТЕНИЕ ПО ПАРАМЕТРАМ ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ

В.В. Гукалов<sup>1</sup>, В.И. Савич<sup>2</sup>, И.И. Тазин<sup>1</sup>, А.А. Бакланова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция – филиал ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», <sup>2</sup>РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева

Дана оценка оптимального кислотного-основного состояния почв по взаимосвязям pH и свойств почв с учетом селективности корневых систем выращиваемых растений к Ca, Mg, Fe, Mn, протонного барьера. Рассмотрена перспективность такой оценки с использованием методов на основе систем обратной связи. Показаны введение элементов в суспензию почв (подкисление, нейтрализация), анализ ответной реакции растений развивающегося на этой суспензии по параметрам фотосинтеза, активности хлоропластов. Так при внесении суспензии в дерново-подзолистые почвы Ca(OH)<sub>2</sub> интенсивность фотосинтеза увеличилась от 0,9 до 1,6 ммоль/(м<sup>2</sup> сек); при подкислении почв фотосинтез изменился от 3,3 до 2,5.

Ключевые слова: кислотность почв, активность хлоропластов, параметры фотосинтеза растений, кислотное-основное состояние.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.11

Оптимальное кислотное-основное равновесие почв определяется влиянием кислотности и щелочности на свойства почв, их генезис и эволюцию, на состояние растений, биопродуктивность, устойчивость растений к болезням, вредителям, экстремальным погодным условиям, влиянием на экологическое состояние всех компонентов ландшафта.

Он различается для отдельных групп почв, сочетания их свойств, для разных групп растений в зависимости от сочетания и проявления факторов деградации почв и др.

Объектом исследования служили дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы хозяйства «Михайловское» Московской области и обыкновенные карбонатные глинистые черноземы Краснодарского края [5, 10].

**Методика.** Она состояла в определении физико-химических и агрохимических свойств почв общепринятыми методами, в установлении взаимосвязей свойств почв, оценке особенностей сорбционных свойств сельскохозяйственных культур и декоративных растений, в оценке влияния подкисления и нейтрализации почв, загрязнения почв свинцом на параметры фотосинтеза растений, развивающихся на суспензии исследуемых почв [7-9].

**Экспериментальная часть.** 1. Кислотно-основное состояние почв в значительной степени определяет их плодородие и урожай сельскохозяйственных культур.

При этом для разных типов почв, в зависимости от их гранулометрического и минералогического состава, степени гумусированности, сочетания свойств почв оптимальные значения pH различаются [12, 13].

Важное значение имеют не только величина pH почв, но и концентрация в почвенном растворе Ca, Mg, K, их соотношения [2, 3, 14]. Так, по полученным данным, влияние pH на свойства почв зависит от степени гумусированности последних, что иллюстрируется для дерново-подзолистых почв данными таблицы 1.

1. Зависимость между растворимостью фосфатов и pH среды, степенью гумусированности и концентрацией водорастворимых Fe, Ca (n = 240)

Содержание гумуса, %	pH <sub>(H2O)</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/л		Fe	Ca
		водорастворимый	кислоторастворимый		
1,68±0,06	5,67±0,04	0,19±0,05	15,7±4,7	16,7±4,7	61,3±11,6
1,65±0,06	6,56±0,04	0,32±0,04	16,9±1,5	5,9±1,2	86,57±14,2
2,36±0,07	5,68±0,05	0,59±0,13	16,6±2,8	20,1±5,0	51,3±10,3
2,43±0,05	6,48±0,05	0,53±0,10	19,8±2,5	21,7±7,3	73,3±12,3

Как видно из представленных в таблице 1 данных, с увеличением pH<sub>H2O</sub> с 5,6 до 6,5 в слабогумусированных почвах возрастает содержание водорастворимых и подвижных фосфатов, уменьшается количество в почвенном растворе железа и увеличивается концентрация кальция. При этом при содержании гумуса 1,6% отношение Fe/Ca уменьшается с 0,68 до 0,20, а в более гумусированных почвах – с 1,4 до 0,7.

Таким образом, влияние pH на свойства почв, определяющих плодородие, зависит от сочетания свойств почв. Это обуславливает и разный оптимум pH для различных почв. В разных хозяйствах известкование почв приводит к неодинаковому изменению подвижности биофильных элементов и токсикантов. Так, в одном из хозяйств Московской области в интервале pH 4,6-5,6 и при содержании гумуса 1-2% изменение  $P_2O_5$  (мг/кг) на единицу pH составило 39,0, а в другом – 150,1. Очевидно, что во втором хозяйстве внесение  $CaCO_3$  для улучшения фосфатного режима более перспективно. В то же время, в интервале pH 5,5-6,2 величина  $\Delta P_2O_5$  (мг/кг) на единицу pH составила в первом хозяйстве 59,0, а во втором 79,4.

2. Оптимальные значения pH различаются в зависимости от сельскохозяйственных культур и севооборотов [1, 4]. Корневые системы разных растений характеризуются и определенными параметрами поглотительной способности биофильных элементов и токсикантов, что важно при оценке оптимума для них кислотных свойств почв.

Так, по полученным данным, сорта риса были более требовательны к Ca, чем развивающиеся на полях сорняки. Соотношения катионов Ca/Fe в равновесном питательном растворе после выращивания на нем проростков риса и сорняков приведены ниже.

Растение	Ca/Fe
Рис: сорт Лиман	78,0
сорт Спальчик	165,0
Сорняки: просьянка	222,0
клубнекамыш	720,0

По полученным данным, особенностями поглотительной способности корневых систем обладают и различные сорта огурца, капусты, декоративных культур, что необходимо учитывать при создании на них селективных грунтов и скорректированных систем удобрения. Так, соотношение катионов в равновесных, питательных растворах после выращивания на них огурца сортов Майский и Зозуля составляло, соответственно, Ca/Fe – 16 и 12; Fe/Mn – 13 и 42.

3. Одним из перспективных способов оценки оптимума является оценка на основе обратной связи: воздействие на почву или систему почва - растение – идентификация ответной реакции – поиск экстремума [7, 9].

В методах, основанных на этом принципе, проводят оценки: 1) по параметрам фотосинтеза; 2) по активности хлоропластов; 3) по цветовой гамме почв, определяемой с использованием компьютерной диагностики в цветовых системах RGB, CMYK, Lab; 4) по тепловому эффекту реакций воздействия на систему почва-растение; 5) по содержанию в почве и растениях положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений ионов; 6) по электропроводности почв и листьев; 7) с использованием газоразрядной визуализации (RGB камеры); 8) по выделению с транспирацией и испарением  $CO_2$ , NPK, других биофильных элементов и токсикантов.

Перспективно также оценивать влияние на систему почва-растение вещества, энергии и информации, влияние однократного или повторяющегося воздействия, импульсного или постоянного, воздействия на почву, растение, систему почва-растение [6, 11].

В первой серии опытов в суспензию почв, на которой развиваются растения, добавляли  $Ca(OH)_2$ , и в растениях определяли параметры фотосинтеза. Одновременно измеряли pH суспензии и содержание водорастворимых биофильных элементов и токсикантов. Пример такого определения приведен в таблице 2.

**2. Влияние  $Ca(OH)_2$  на фотосинтез растений, развивающихся на суспензии кислой дерново-подзолистой почвы**

Вариант опыта	Интенсивность фотосинтеза, ммоль/(м <sup>2</sup> ·сек)	Концентрация $CO_2$ в межклетниках, ppm	Устьичное сопротивление, сек/Ом	Транспирация, ммоль/(м <sup>2</sup> ·сек)
Контроль	0,9±0,1	382,4±22,8	54,9±9,9	0,24±0,03
+ $Ca(OH)_2$	1,6±0,2	308,8±44,3	40,1±5,1	0,32±0,05

Как видно из представленных данных, при добавлении в кислую почву  $Ca(OH)_2$  интенсивность фотосинтеза возросла, концентрация  $CO_2$  в межклетниках уменьшилась.

При изменении концентрации мелиоранта, вносимого в почву, изменяются свойства почв и параметры фотосинтеза развивающихся на них растений. При обработке данных находят оптимальную дозу мелиоранта.

В ряде почв для оптимизации развития растений необходимо знание изменения свойств почв и параметров фотосинтеза выращиваемых растений при подкислении почв.

Во второй серии опытов в проведенных исследованиях оценивали влияние pH на фотосинтез рассады капусты. Объектом исследования были дерново-подзолистые почвы, эродированные и оглеенные намытые горизонты  $A_n$ , взятые в хозяйстве «Михайловское» Московской области. Характеристика этих почв приведена в ранее опубликованных работах [5, 7].

В первом варианте в суспензию почв (1:1) помещали рассаду капусты, определяли pH почв, освещенность, температуру воздуха, температуру листа, влажность, выделение  $CO_2$ , транспирацию, фотосинтез, устьичное сопротивление. Определения проводились в 3-кратной повторности.

Во втором варианте к почвам добавляли 4 мл 1 н. HCl. Полученные данные приведены в таблице 3.

**3. Изменение параметров фотосинтеза рассады капусты при подкислении дерново-подзолистых почв катены**

Почва	Вариант опыта	Активность фотосинтеза, ммоль/(м <sup>2</sup> ·сек)	$CO_2$ в межклетниках, ppm
ДП <sub>2</sub>	Контроль	3,27±0,07	336,4±8,4
	+ 4 мл 1н. HCl	2,46±0,17	413,1±14,8
ДП <sub>2</sub> Э <sub>1</sub>	Контроль	2,64±0,12	315,4±7,5
	+ 4 мл 1н. HCl	2,65±0,06	366,7±5,6
ДП <sub>2</sub> ГН	Контроль	3,52±0,28	518,1±4,9
	+ 4 мл 1н. HCl	3,16±0,09	356,2±25,9

Как видно из представленных данных, подкисление почв уменьшило активность фотосинтеза в листьях капусты.

Однако степень влияния подкисления на почвы катены – плато ДП<sub>2</sub>, эродированную почву ДП<sub>2</sub>Э<sub>1</sub> и намытую почву ДП<sub>2</sub>ГН – различается. Это еще раз свидетельствует о необходимости уточнения доз извести для автоморфных, эродированных и оглеенных почв.

При увеличении кислотности почв возрастает содержание в них подвижных соединений тяжелых металлов, Al, Fe, Mn, что также сопровождается уменьшением интенсивности фотосинтеза развивающихся на этой почве растений. Так, по полученным данным, в

черноземе в контрольном варианте и при добавлении в почву  $Pb(NO_3)_2$  интенсивность фотосинтеза составляла, соответственно,  $9,16 \pm 0,04$  и  $7,03 \pm 0,92$  ммоль/(м<sup>2</sup>·сек), а в дерново-подзолистой почве –  $6,89 \pm 0,78$  и  $3,64 \pm 0,52$ , т.е. при внесении  $Pb(NO_3)_2$  в суспензию почвы с большой буферной емкостью активность фотосинтеза находящихся в суспензии растений уменьшилась в меньшей степени, чем в суспензии дерново-подзолистой почвы.

Подкисление почвы сопровождается и уменьшением содержания в ней водорастворимых кальция, магния, калия. Для оптимизации обстановки в ряде случаев перспективно их внесение в почву. Оптимальные дозы этих элементов также могут быть определены с использованием системы обратной связи по активности фотосинтеза. Так, по полученным данным, при электрофоретическом введении Са в листья розы активность фотосинтеза увеличилась от  $12,84 \pm 0,10$  до  $14,64 \pm 0,27$  ммоль/(м<sup>2</sup>·сек).

#### Литература

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений с применением удобрений в агроэкосистемах. - М.: ЦИНАО, 2000. - 520 с.  
2. Касатиков В.А., Титов И.Н. Влияние гуминовых препаратов на агрохимические и микробиологические параметры дерново-подзолистой почвы// В сб. «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленности и сельскохозяйственного производства». - Краснодар, 2017. - С. 200-203.

3. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур. - М.: Дрофа, 2010. - 639 с.  
4. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. - М.: Агропромиздат, 1990. - 214 с.  
5. Савич В.И., Наумов В.Д., Гукалов В.В. Локальное протекание почвообразовательных процессов, как фактор корректировки моделей плодородия почв// Международный сельскохозяйственный журнал. - 2017. - №1. - С. 49-53.  
6. Савич В.И. Использование электромагнитных полей с заданной информацией для оптимизации системы почва-растение// Международный сельскохозяйственный журнал. - 2017. - №3. - С. 49-51.  
7. Савич В.И., Сычев В.Г., Шишов Л.Л., Замараев А.Г. Экспрессные методы оценки обеспеченности почв элементами питания и уровня загрязнения токсикантами. - М.: ВНИИА, 2004. - 151 с.  
8. Савич В.И., Савич Л.В. Использование систем обратной связи для оценки потребности растений в элементах питания и загрязнения среды// Агрохимия. - 1999. - №4. - С. 10-18.  
9. Савич В.И., Савич Л.В., Вишняков Ю.А. Оценка предельно допустимой концентрации свинца по активности фотосинтеза// Докл. АН России, 1993. Общая биология. - Т. 333. - №2. - С. 121-123.  
10. Савич В.И., Булгаков Д.С. Интегральная оценка плодородия почв. - М.: РГАУ-МСХА, 2010. - 347 с.  
11. Церлинг В.О. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. - М.: Агропромиздат, 1990. - 240 с.  
12. Шильников И.А., Сычев В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И. и др. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. - М.: ВНИИА, 2012. - 351 с.  
13. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. - М.: Агропромиздат, 1991. - 304 с.  
14. C.Guy F., Kaplan J., Kopka. Metabolomic and plant stress, *Physiologia Plantarum*, 2008, v. 132. p. 220-235.

## EVALUATION OF OPTIMAL ACID-BASIC CONDITION OF SOIL-PLANT SYSTEM USING PARAMETERS OF PLANT PHOTOSYNTHESIS

V.V. Gukalov<sup>1</sup>, V.I. Savich<sup>2</sup>, I.I. Tazin<sup>1</sup>, A.A. Baklanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SKSHOS of Krasnodar Lukyanenko Research Institute of Agriculture, Kheloborobov ul. 301-A, 353742 Leningradskaya rural locality, Russia. <sup>2</sup> RSAU-Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazeva ul. 49, 127550 Moscow, Russia.

*The optimal acid-base state of the soil is estimated from the relationship between pH and soil properties, taking into account the selectivity of the root systems of cultivated plants to Ca, Mg, Fe, Mn, the proton barrier. The prospects of such an assessment using methods based on feedback systems are considered. The introduction of elements into the soil suspension (acidification, neutralization), the analysis of the plant response of the plants developing on this suspension according to the parameters of photosynthesis and chloroplast activity are shown. So, when making a suspension in sod-podzolic  $Ca(OH)_2$  soils, the intensity of photosynthesis increased from 0.9 to 1.6 mmol/(m<sup>2</sup>·s); during soil acidification, photosynthesis changed from 3.3 to 2.5.*

**Keywords:** soil acidity, chloroplast activity, plant photosynthesis parameters, acid-base state.

УДК 631.862.1 : 636.5 : 635.342 : 631.559: 631.452 (571.13)

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА ПОД КАПУСТУ БЕЛОКОЧАННУЮ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ

И.А. Бобренко, д.с.-х.н., Н.В. Гоман, к.с.-х.н., В.П. Кормин, к.с.-х.н., А.Г. Шмидт,  
Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, [agsch@mail.ru](mailto:agsch@mail.ru)

Цель исследований – изучить влияние куриного помета на продуктивность капусты белокочанной на лугово-черноземной почве. Исследования проводили на опытном поле и на кафедре агрохимии и почвоведения Омского ГАУ в 2015-2017 гг. Сорт капусты белокочанной Подарок. Содержание в почве перед посадкой  $N-NO_3 - 4,25-8,20$  мг/кг,  $P_2O_5 - 122-165$ ,  $K_2O - 218-344$  мг/кг. Возрастающие дозы птичьего помета влияли на продуктивность капусты белокочанной, при внесении 4-20 т/га получены достоверные прибавки урожая кочанов. Наиболее эффективна доза внесения птичьего помета 12 т/га – урожайность кочанов 80,2 т/га, прибавка 23,1 т/га, или 40,5 %. Внесение повышенных доз (16 и 20 т/га) не привело к достоверному увеличению урожая по сравнению с дозой 12 т/га. Применение птичьего помета увеличивало содержание нитратного азота в первые сроки отбора почвенных проб с очень низкого уровня в варианте без удобрений до очень высокого. Содержание подвижного фосфора в почве также увеличивалось значительно, но в меньшей степени, чем нитратного азота. На содержание калия в почве птичий помет меньше влиял. С повышением дозы птичьего помета с 0 до 20 т/га наблюдается увеличение суммы сахаров с 5,02 до 5,29%, содержания витамина С – с 21,6 до 23,7 мг%. Содержание нитратов при внесении возрастающих доз птичьего помета так же несколько увеличилось, но не превышало ПДК. В эксперименте определены: окупаемость вносимых органических удобрений дополнительным урожаем, коэффициенты действия удобрений на химический состав почвы, азот текущей нитрификации, затраты элементов питания на создание