

Aus der Sektion Chemie der Karl-Marx-Universität Leipzig

Eine einfache chemische Gleichgewichtsbehandlung zur Beschreibung der pH-Pufferwirkung von Pflanzenwurzeln

Von J. Tauchnitz, G. Knobloch, G. Kiesel, M. Hanrieder und H. Hennig

Mit 1 Abbildung

(Eingegangen am 8. August 1982)

Im Rahmen unserer Untersuchungen zur chemischen und biologischen Schadstoffbeseitigung interessierte uns der Einfluß von Pflanzen auf die pH- bzw. Eh-Verhältnisse in Deponien (Tauchnitz, Schnabel u. a. 1982).

Pflanzen können mittels ihrer Wurzeln wichtige geochemische Migrationsfaktoren wie die pH- und Eh-Werte der unmittelbaren Umgebung beeinflussen.

Durch die Ausbildung einer Rhizosphäre werden die pH-Werte der unmittelbaren Wurzelumgebung in Richtung des physiologischen Optimums verändert.

Da der pH-Wert beim physiologischen Optimum gegenüber äußeren pH-Einflüssen relativ stabil ist, sollte versucht werden, ein einfaches, dem stofflichen System entsprechendes Modell zur Beschreibung des pH-Regelmechanismus zu entwickeln.

Die von Tauchnitz, Schnabel u. a. (1982) beschriebenen Messungen zeigen, daß sich der optimale pH bei 5,3 befindet (Abb. 1).

Bei Vorgabe von höheren pH-Werten (neutrales bis basisches Milieu) wird neben Aminosäure- bzw. Phosphorsäurepuffer auch der allgegenwärtige CO₂-Hydrogenkarbonat-Karbonat-Puffer eine wesentliche Rolle spielen.

Zur Erklärung der pH-Regeleigenschaften wurde das folgende Modell angenommen:

Die Pflanze sei in der Lage, täglich eine bestimmte Menge eines binären Puffergemisches im Verhältnis [Säure] : [Base] = 1 : 1 mit einem pK_s-Wert von 5,3 über die Wurzeln auszuscheiden. Unter Berücksichtigung des CO₂-Gehaltes des umgebenden Milieus lassen sich folgende Beziehungen aufstellen:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{B}]}{[\text{S}]} = K_s = 10^{-5.3} \quad (1)$$

$$\frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} = K_1' = 10^{-6.35} \quad (2)$$

$$\frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{--}]}{[\text{HCO}_3^-]} = 10^{-10.25} = K_2' \quad (3)$$

$$[\text{OH}^-][\text{H}^+] = 10^{-14} \quad (4)$$

$$[\text{B}] + [\text{S}] = C^{\circ}_P = C^{\circ}_B + C^{\circ}_S = \text{Gesamtkonzentration an „Pflanzenpuffer“} \quad (5)$$

$$[\text{CO}_2] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{--}] = C^{\circ}_K = \text{Gesamtkarbonat} \quad (6)$$

$$C^{\circ}_B + C^{\circ}_{\text{OH}^-} + [\text{H}^+] = C^{\circ}_H + [\text{B}] + [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{--}] \quad (7)$$

Gl. (7) ist die sogenannte Säurebilanz, abgeleitet aus der Elektroneutralitätsbedingung. Hierbei bedeuten zusätzlich:

- C_B^{\ominus} = Konzentration des basischen Pufferbestandteils von der Wurzel abgegeben,
 C_s^{\ominus} = Konzentration des sauren Pufferbestandteils von der Wurzel abgegeben,
 $C_{OH^-}^{\ominus}$ = Konzentration von außen zugegebener NaOH,
 $C_{H^+}^{\ominus}$ = Konzentration von außen zugegebener HCl,
 $[B]$ = Konzentration des basischen Pufferbestandteils in der Lösung
 (ist nicht identisch mit C_B^{\ominus} !),

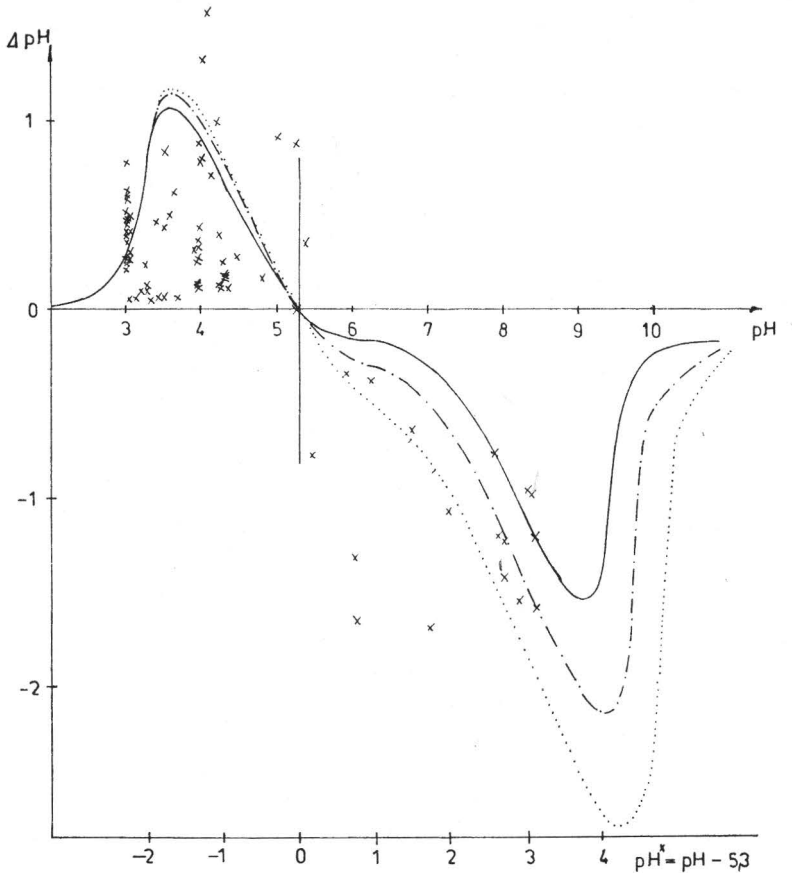


Abb. 1. Maximale tägliche pH-Wertänderung ΔpH in der Rhizosphäre in Abhängigkeit von der Abweichung des pH-Wertes der Wurzelumgebung vom für die Pflanze optimalen pH-Wert (pH^x):

$$pK_s = 5,3$$

$$\Delta C_s^{\ominus} = \Delta C_B^{\ominus} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ Mol/l}$$

$$\dots\dots - \text{Tot.-Carbonat} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Mol/l}$$

$$-\dots\dots - \text{Tot.-Carbonat} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Mol/l}$$

$$\text{—} - \text{Tot.-Carbonat} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Mol/l}$$

Kombination der Gln. (1) bis (7) führt zu:

$$\begin{aligned} & (C^{\circ}_{OH^-} - {}^{\circ}_{H^+}) - C^{\circ}_s - \frac{10^{-14}}{[H^+]} + [H^+] + (C^{\circ}_B + C^{\circ}_s) \frac{[H^+]}{K_s + [H^+]} \\ & - C^{\circ}_K \left(2 \frac{\frac{K_2'}{[H^+]} + 1}{\frac{K_2'}{[H^+]} + \frac{[H^+]}{K_1'} + 1} \right) = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Gl. (8) enthält nur noch $[H^+]$ in implizierter Form und kann mit Hilfe des Newton-Verfahrens auf einem Kleincomputer gelöst werden.

Als Ergebnis der Gl. (8) können die in der Abb. 1 dargestellten Kurvenverläufe erhalten werden. Ein Vergleich mit den Meßwerten zeigte gute Übereinstimmung mit der modelltheoretischen Betrachtung. Es läßt sich mit dieser Darstellung zeigen, daß der pH-Regelmechanismus auch mittels einfacher chemischer Gleichgewichtsbeziehungen beschrieben werden kann.

S c h r i f t t u m

Tauchnitz, J., R. Schnabel, G. Knobloch, D. Rehorek, G. Kiesel und H. Hennig: Zur Ablagerung der industriellen Abprodukte. 25. Mitt.: Möglichkeit der Beeinflussung geochemischer Migrationsfaktoren durch Pflanzen. Z. ges. Hyg. (1982).

Dr. sc. nat. J. Tauchnitz
 Dr. rer. nat. G. Knobloch
 Dipl.-Biol. G. Kiesel
 Dr. rer. nat. M. Hanrieder
 Prof. Dr. sc. nat. H. Hennig
 Karl-Marx-Universität Leipzig
 Sektion Chemie
 DDR - 7010 Leipzig
 Liebigstraße 18