

토양미셀의 영양물질보존능력에 대한 연구

리영록, 정호성, 정명성

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《농촌기술혁명의 성과와 농업과학기술의 발전에 기초하여 농업생산을 끊임없이 늘려야 하겠습니다.》(《김일성전집》 제94권 231페이지)

토양미셀의 영양물질보존능력은 염피해를 줄이고 비료의 효과적시비를 위하여 중요한 문제로 제기된다. 지금까지 이 문제를 해결하기 위한 실험적연구[1-5]는 많이 진행되었지만 이론적연구결과는 발표된것이 없다.

우리는 토양미셀의 영양물질보존능력을 이론적으로 해석하였다.

토양미셀에서의 전위분포는 그림과 같다.

토양미셀근방에서 전위 φ 와 전하밀도 ρ 사이에는 쌍송의 방정식이 만족되게 된다.

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = -\frac{\rho}{\epsilon_0 \epsilon} \quad (1)$$

전위가 φ 인 점에서 양이온과 음이온의 농도 (N_{z^+} , N_{z^-})는 볼츠만분포법칙으로부터 평형농도 N^0 과 다음과 같은 관계에 있다.

$$N_{z^+} = N_{z^+}^0 e^{-\frac{z^+ q \varphi}{kT}}, \quad N_{z^-} = N_{z^-}^0 e^{\frac{z^- q \varphi}{kT}} \quad (2)$$

전위가 φ 인 점에서 전하밀도는 주어진 점에서 단위체적안에 들어있는 과잉의 양전기량 또는 음전기량이므로

$$\rho = N_{z^+} z^+ q - N_{z^-} z^- q = N_{z^+}^0 z^+ q e^{-\frac{z^+ q \varphi}{kT}} - N_{z^-}^0 z^- q e^{\frac{z^- q \varphi}{kT}}.$$

만일 $\frac{qu}{kT} \ll 1$ 이라면 전하밀도는

$$\rho \approx -\sum N_i z_i^2 \left(\frac{q^2 \varphi}{kT} \right). \quad (3)$$

식 (1)-(3)으로부터 쌍송의 방정식은 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = \frac{q^2}{\epsilon_0 \epsilon kT} \sum N_i z_i^2 \varphi \quad (4)$$

$A = \left(\frac{q^2 \sum N_i z_i^2}{\epsilon_0 \epsilon kT} \right)^{1/2}$ 이라고 하면 미분방정식 (4)의 풀이는 $\varphi = Be^{-Ax} + B'e^{Ax}$ 이다.

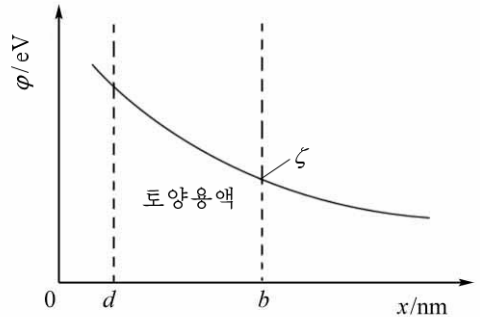


그림. 토양미셀에서의 전위분포

$x \rightarrow \infty$ 일 때 $\Phi = 0$ 이라면 $B' = 0$ 이여야 하므로

$$\varphi = B e^{-Ax}. \quad (5)$$

식 (1), (5)로부터 전하밀도는 다음과 같이 표시된다.

$$\rho = -A^2 \varepsilon_0 \varepsilon B e^{-Ax} \quad (6)$$

토양미셀결면에서의 전하밀도를 구하자면 적분상수 B 를 결정하여야 한다.

열력학적포텐셜 Φ 는 전기2중층의 구조에는 관계없고 전위차결정이온인 선택흡착된 이온의 활동도 a 에 관계되므로

$$\Phi = \Phi_0 + \frac{CT}{ZF} \ln a. \quad (7)$$

여기서 Φ_0 은 표준열력학적포텐셜, C 는 기체상수, T 는 온도, Z 는 이온가, F 는 파라데이상수이다.

한편 수화된 이온이 미셀결면과 최대로 접근할수 있는 거리를 d 라고 하면 전기적중성조건으로부터

$$\Phi = - \int_d^\infty \rho dx = -BA^2 \varepsilon_0 \varepsilon \int_d^\infty e^{-Ax} dx.$$

따라서

$$B = \frac{\varphi}{\varepsilon_0 \varepsilon A} e^{Ad}. \quad (8)$$

식 (5), (7), (8)로부터 미셀결면에서의 전위분포식은 다음과 같다.

$$\varphi = - \left(\Phi_0 + \frac{CT}{ZF} \ln a \right) \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon A} e^{Ad} e^{-Ax} \quad (9)$$

$x = b$ 라면

$$\zeta = - \left(\Phi_0 + \frac{CT}{ZF} \ln a \right) \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon A} e^{A(d-b)} = \varphi e^{-Ab}. \quad (10)$$

한편 $\rho = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}$ 와 식 (9)로부터 $\rho = - \left(\Phi_0 + \frac{CT}{ZF} \ln a \right) A e^{Ad} e^{-Ax}$ 이다.

확산층에서 전하밀도 ρ 는 이 층에서의 파잉의 양이온농도에 의하여 결정되므로 미셀단위면적당 확산층전기량은 b 부터 ∞ 구간에서 적분하면 된다.

$$\sum_i q Z_i N'_i = \left(\Phi_0 + \frac{CT}{ZF} \ln a \right) e^{A(d-b)}$$

이 식을 식 (10)과 비교하고 A 의 관계식을 넣으면

$$\zeta = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} \sum_i q Z_i N'_i = \left(\Phi_0 + \frac{CT}{ZF} \ln a \right) \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} e^{-\sqrt{\frac{q^2 \sum N_i Z_i^2}{\varepsilon_0 \varepsilon K T}} (b-d)}. \quad (11)$$

활동도 $a = r N_i$ (r 는 활동도계수, N_i 는 토양용액속에서 i 번째 이온의 농도)를 리용하면 식 (11)을 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\zeta = \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} \sum_i q Z_i N'_i = \left(\Phi_0 + \frac{CT}{ZF} \ln r N_i \right) \frac{1}{\varepsilon_0 \varepsilon} e^{-\sqrt{\frac{q^2 \sum N_i Z_i^2}{\varepsilon_0 \varepsilon K T}} (b-d)} \quad (12)$$

식 (12)로부터 다음과 같은 결론을 얻을수 있다.

첫째로, 토양용액에 열역학적포텐셜에 영향을 주지 않는 이온(N_i 와 N'_i 가 서로 다른 이온일 때)의 함량이 증가하면 토양미셀의 확산층에서 이온농도는 감소한다.

둘째로, 토양용액에 열역학적포텐셜결정이온의 함량이 증가하면 미셀의 특성에 따라 확산층에서 이온농도는 증가할수도 있고 감소할수도 있다.

참 고 문 헌

- [1] M. E. Orazem et al.; Electrochemical Impedance Spectroscopy & Bernard Trbollet, John Wiley & Sons, 110~200, 2008.
- [2] E. Cairns et al.; Advances in Electrochemical Science and Engineering, ISE, 102~151, 2008.
- [3] J. Agronomy; Soil Sci. Soc. Am. J., 69, 7-8, 1146, 2005.
- [4] K. L. Fleming et al.; Agronomy Journal, 96, 11, 2004.
- [5] J. A. Adepetu et al.; Simple Soil, Water and Plant Testing Techniques for Soil Resource Management, Land and Water Development Division, FAO, 31~38, 2000.

주체104(2015)년 12월 5일 원고접수

On the Nutrient Conservable Capacity of Soil Micelle

Ri Yong Rok, Jong Ho Song and Jong Myong Song

We analyzed the nutrient conservable capacity of soil micelle by deriving the ionic distribution and thermo-dynamical potential around soil micelle theoretically.

Key words: nutrient conservable capacity, soil micelle, thermo-dynamical potential