

# 植物과 土壤水分

朴 仁 根

충북대학교 생물교육과

生物圈인 지구의 外被는 1)상당량의 液體, 2)외부로부터의 충분한 양의 에너지의 공급부분, 3)물질의 液態, 氣態과 氣態이 접하고 있는 부분으로 되어 있다. 그 가운데 물질의 3狀이 고루 접하고 있는 부분인 土壤이야말로 환경의 주요한 구성요인으로 生態學的으로 특징있는 媒質과 基層을 지니고 있다.

이 토양요인 가운데에서 液態인 土壤水와 植物과의 관계에 관하여 1.土壤水の 分類, 2.水分常數, 3.水分포텐셜의 순서로 살펴보기로 한다.

## 1. 土壤水の 分類

먼저 토양수의 종류를 보면 앞에서 논한 바와 같이 土壤은 氣態, 液態, 氣態으로 되어 있고 토양의 물은 이들 3狀 모두를 포함하고 있으나 거의 대부분은 액상인 물로 이것을 통상 土壤水라 한다. 그러나 흔히 氣態의 물 곧 수증기까지를 포함시켜서 토양수라 한다.

토양수의 분류에는 물이 토양속에서 吸着保持되어 있는 物理的 狀態에 따라 나누는 방법과 물이 식물에 吸收이용되는 難易로 나누는 방법등이 있다.

물리적 상태에 따른 분류는 토양이 복잡한 구성성분 곧 무기성분으로서의 암석의 파쇄물인 자갈, 모래, 고운모래, 진흙(粘土), 콜로이드와 有機成分인 植物과 動物이 분해되어 생성된 腐植物 그리고 微生物이 마구 섞여 있으면서 그들이 이루고 있는 많은 틈을 지닌 多孔質體라는 특수성도 있고 물의 吸着

保持와 이동현상에 관해서 충분히 밝혀지지 않은 점도 있어서 학자에 따라 다양한 분류법이 제안되고 있는 실정이다. 그러나 흔히는 물리적 상태로 분류하면 1) 水蒸氣, 2) 吸濕水, 3) 毛管水, 4) 重力水 등으로 토양수를 나눈다. 그리고 植物이 수분을 흡수하는 쪽에서 분류하면 식물에 따른 물의 흡수 難易로 보아 1) 流出水, 2) 有效水, 3) 非有效水로 나눈다.

### 1) 水蒸氣 (Vapour)

이것은 토양 틈사이에 수증기의 꼴로 들어 있는 물이다. 토양의 틈(孔隙)은 매우 많아서 50 - 80%쯤 차지하고 있기 때문에 토양은 多孔質體(Porous media)라 말할 수 있다. 수증기는 이 토양 틈사이의 공기 속에 들어 있으면서 공기의 흐름과 함께 움직이고, 수증기압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 이동하고 또 온도가 내려가면 응결해서 액체인 물로 된다. 토양 속의 수증기의 양은 상대습도로 보통 90%이상 곧 飽和蒸氣壓에 가까운 상태로 들어 있어서 溫度의 상승과 하강에 따라 끊임없이 수증기  $\rightleftharpoons$  액체인 물로 변화를 하고 있다. 온도가 오르면 수증기가 되고 地表가까이에서는 대기속으로 확산해 가기 때문에 토양을 乾燥시킨다. 밤에는 기온이 내려가기 때문에 수증기로부터 液體水(吸濕水)로 되는데 이 量도 꽤 많다.

### 2) 흡습수(Hygroscopic Water) 또는 흡착수(Adsorption Water)

吸濕水란 토양입자표면의 흡착력에 의해서 포화증기압인 공기중에서 입자표면에 흡착된 물을 말한다. 따라서 흡습수의 이동은 수증기로서 젖은 데로부터 마른 데로 옮겨간다. 소련의 로-데 (A.A.Rode)는 이 물을 강결합수라 부르는데 그에 따르면 물분자가 흡입자를 향해서 일정한 방향으로 배열하고 粒子 고유의 흡착력에 의해서 강하게 保持되어 薄膜을 형성하고 있으며 그 두께

는 물분자 직경의 몇 배나 되며 고체에 가깝고 密度도 크다고 한다. 흡습수를 형성할 때에는 濕潤熱을 발생하기 때문에 이 물의 保持容量을 알기 위해서는 이 습윤열을 측정하면 된다. 그리고 이 물의 이동은 증기꼴로만 이동하기 때문에 토양 속에서는 이동할 수 없는 상태로 존재하고 있는 것으로 보고 있다. 이 흡습수(흡착수)는 토양에 따라 고유하다고 보며 증기압법으로 흔히 흡착수의 보유량을 측정한다. 측정한 吸引壓의 물기등 높이  $h$  cm를 常用對數로 나타낸 것이  $pF$ 이다.

### 3) 毛管水 (Capillary Water)

毛管水란 흡습수보다도 土壤粒子表面과 물분자와의 사이의 結合력이 약한 물을 일컫는다. 모관수는 토양입자 사이의 틈이나 입자표면상에 毛管(表面)張力에 의해 지니게 되는 물이다. 그러나 그 지니는 힘이 얼마인가는 밝혀지지 않았다. 모관수와 결합되어 있는 힘의 범위는 국가마다 다른데, 대개 기압으로 약 0.1-15기압으로 광범위하게 잡고 있다.  $pF$ 로 나타내면 대략  $pF1.8 - 4.2$  정도이나 이 값은 전혀 이론적으로 실증된 것은 아니다. 低壓의 물은 毛管張力에 의해 보유된다고 이해되나, 高壓部分의 물은 毛管張力에 따른다고 생각하기는 어렵다. 지금까지의 연구에 따르면  $pF3.0$  이하의 물은 어느 液體水와 같은 성질을 지니고 있으나,  $pF3.0$  이상의 물은 결합력이 강하기 때문에 성질을 달리 한다고 본다.

毛管水는 毛管現象(Capillarity)에 의해 주로 보유되는 물이나 토양 속의 모관틈은 복잡한 형태의 것들의 집합체여서 保有상태도 여러가지이다.

#### (1) 毛管水の 保有理論

토양속의 틈(孔隙)은 그 직경의 크기가 매우 다르다. 틈의 지름이 큰 것은

毛管力이 작고, 거꾸로 작은 지름의 튜브는 모관력이 크다. 이것을 그림으로 나타내면 그림1과 같다. 그림에서 용기안의 물의 表面壓  $P_0$ 는 모세관안의 표면압보다 크므로 모세관 속으로 물을 밀어 올린다. 이 물기둥의 상승높이  $H$ , 물의 밀도  $d$ , 물기둥의 靜水壓을  $Q$ , 重力의 가속도를  $g$ 로 나타내면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = Hdg \text{ dyne/cm}^2$$

$$P_0 - P_1 = Q \text{ 이므로 } \frac{2\alpha}{R} = Hdg$$

$$R = r/\cos \theta \text{ 이므로 } \frac{2\alpha \cos \theta}{r} = Hdg$$

이때,  $r$ :모세관의 반지름,  $R$ :메니스커스의 곡률반지름,  $\alpha$ 표면장력의 값, 물의 密度는 1이므로 물이 완전히 붙은 경우에는

$$H = \frac{2\alpha}{rg}$$

$\alpha$ 와  $g$ 의 값을 대입하면

$$H = \frac{2 \times 74}{r \times 981}$$

이와같이 해서 아래 식이 얻어진다.

$$H = \frac{0.15}{r} = \frac{0.3}{d}$$

$H$ :모세관상승높이  $cm$ ,  $r$ :모세관의 반지름  $cm$ ,  $d$ :모세관의 지름  $cm$ , 이상으로부터 물의 모관상승높이는 모관의 지름(름)이 작을수록 높아지는 것을 나타낸다. 실제 野外의 토양에서는 이제 논하는 바와같이 모세관은 자유수면에 연결되어 있지 않고 그림2와 같이 매달려있게 마련이다. 또 모관력에 따른 물의 보유는 그림3에서 보는 바와 같은 粒子사이의 接合部에서도 생긴다. 이 물을 角膜水라고 하는데 Rode는 集積部 集積水라고도 부른다.

## (2) 毛管水の 保有와 移動

토양속의 모관수의 이동은 모관력과 중력이 합해져서 결정된다. 降雨또는

灌溉로 지표에 도달한 물은 重力에 의해 하강 滲透하여 배수되어 水分移動이 平衡상태인 圃場(野外) 容水量에 달한다. 야외(포장) 용수량의 수분張力은 pF로 해서 대개 1.6-1.8이고 그렇게 되기까지 흘러버린 물은 다음에 논할 重力水이다. 重力의 영향은 아래로 이동하는것 뿐이나 毛管水의 영향은 여러 방향으로 물을 이동시키는데 위쪽으로도 이동시킨다. 모관수가 지니는 물의 容量은, 토양의 물리적 組成(土性)과 틈(毛管孔隙量)에 의해 결정된다. 砂質 토양에서는 틈이 작아서 모관수가 보유하는 물의 용량은 적지만 입자간의 접합부에 角膜水를 지니므로 모관수로서는 얼마간 지닌다. 粘土質이면서 구조가 발달된 토양에서는 틈이 많아서 毛管水의 保有量이 많게 된다.

#### 4) 重力水 (Gravitational Water)

대량의 강우나 관개에 의해 지표에 공급된 물은 透水性이 양호한 토양에서는 短時間 (1 - 2일)에 배수되어, 어느 일정한 平衡상태라 할 水分點에 이른다. 이렇게 되기까지 배수된 물을 重力水라하고, 평형상태의 수분점은 앞에서 논한 바와 같이 圃場容水量이라 한다.

重力水는 어느 밭에서는 쉽사리 아래층으로 흘러버리므로 존재하지 않는다. 토양이 중력수를 최대한으로 보유하고 있을 때의 상태는 飽和容水量일때로 이 상태에서는 토양에 있는 틈이 모두 물로 채워진다. 飽和容水量에서 물이 중력에 의해 배수되면 飽場容水量의 상태로 되어 平衡을 이룬다. 따라서 重力水의 保有容量은 飽和容水量으로부터 圃場容水量을 뺀 양이 된다.

자연상태에서는 重力水는 급히 排水되므로, 植物에 흡수 이용되는 양은 그다지 많지 않다. 그리고 重力水가 오래 머무는 밭은 過濕이 되므로 바람직하지 않다.

## 2. 水分常數 (Soil Water Constants)

토양속에서는 크고 작은 여러가지 꼴을 한 틈이 분포하며, 이 틈안에는 물과 공기가 들어있다. 틈에 있는 液體와 氣體의 界面에 발생하는 毛管力(表面張力)에 의해 물은 토양속에 보관되어 毛管틈이 작을수록 강한 힘으로 吸水된다. 또 토양입자 界面에 분포하는 ion이 물과 화합하여 界面의 전기적 흡착력으로 물분자는 강하게 흡착된다. 이와 같은 토양의 保水 기능을 保水性(Water retentivity)이라 한다.

토양은 틈이 완전히 물로 포화되면 氣態과 물로 2狀系를 이룬 다음 脫水해서 기체와 물이 함께하는 3狀系로 변하여 결국 완전히 固體, 氣體의 2狀系로 변화한다. 물리적인 흡착수는 105 °C의 乾熱에 의해 제거되어 말린 상태는 含水量 0이 기준이다. 토양의 保水力은 포화상태에서 건조됨에 따라서 증대하고 토양수의 포텐셜은 거꾸로 저하해 움직이기 어려운 상태로 된다.

이런 종류의 함수량의 변화 가운데에는 토양수의 보유와 운동형태및 植物의 水分 利用등에 직접 관계하는 특징적인 수분상태가 존재하는데 이것을 水分常數라 한다. 표.1은 吸引壓과 水分常數의 관계를 나타낸다. 각 수분상수는 어떤 수분조건외 함수량으로 나타내지만 그 함수량은 供試토양의 乾熱前의 중량과 105 °C아래 에서 건조한 토양 중량의 差로 산출된다. 함수량은 다음과 같이 표시한다.

水分量(g) Amount of water,  $M = W - W_s$

含水量(%) Water ratio,  $M. = \{ (W - W_s) / W_s \} \times 100$

含水率(%) Water percentage  $W = \{ (W - W_s) / W_s \} \times 100$

水分率(%) Water volume percentage  $M_v = \{ (W - W_s) / v \} \times 100$

飽水度(%) Saturation percentage,  $H = (M_v / P) \times 100$

(W: 습윤토의 중량,  $W_s$ : 건토의 중량, V: 토양용적, P: 틈울)

## 1) 飽和容水量 (Saturated Water Capacity)

이 水分常數는 토양속의 모든 틈이 물로 포화된 수분상태를 말하는데, 乾土 100g당 수분중량(g) 곧 含水比 또는 토양 100ml당 수분容積(100ml)곧 水分率로 표시된다. 飽和容水量은 土壤이 물을 지닐 수 있는 最大容量이고 모든 틈 (全孔隙量)의 指標로 된다. 토양구조가 안정한 경우에는 공극률이 포화 용수량과 같은 값이라 볼 수 있다. 그러나 구조가 연약한 토양은 물에 잠기면 구조가 붕괴되어 틈이 축소되므로 全공극량과 포화용수량은 일치하지 않는다. 또 膨潤性이 있는 bentonite와 같은 점토를 포함하는 토양에서는 점토의 格子間에 팽윤수를 흡착시켜 全공극량 이상의 포화용수량이 된다. 野外에서는 흙덩어리나 토양입자 내부에 폐색공기가 남아서 물과 치환 되지 않기 때문에 토양이 완전히 飽水상태로 되는일은 드물다.

포화용수량의 토양간의 차이로는 최대保水力의 특징을 알 수 있으나 에너지가 다른 물의 양적비율은 알 수 없기 때문에 일련의 수분특성곡선을 그릴때 吸引壓 0의 基点으로서 중요한 常數로 된다. 이 水分特性曲線에 바탕을 두어 포화용수량과 포장용수량의 차로 중력수가 얻어지고 圃場의 容氣量이 추정된다. 중력수를 보유하는 틈은 통상 非모세관틈이라 하는데 그 크기의 대소는 透水性, 排水性, 通氣性등의 척도로 되어 植物의 濕害에 밀접하게 관계한다.

## 2) 圃場容水量 ( Field capacity )

토양의 큰 틈속에 보유되는 수분은 重力으로 쉽게 아래로 移動하여 植物에 이용되지 않고 根圈層에서 배수된다. 그러나 含水量이 감소함에 따라서 中력수로 排水되는 물의 이동속도는 저하하여 事實상 배수를 무시할 수 있는 平衡常態에 이른다. 이와 같은 수분상태를 圃場容水量이라 한다. 포장용수량은 유효수분 영역의 下限界로서 사용되어 밭에 灌溉하는 水量을 계산할 때 중요한

수분상수로 된다.

野外(포장)容水量을 처음 제창한 Veihmeyer와 Hendrikson은 포장용수량은 어분의 중력수가 배제되어 물의 하강이동이 현저히 감소했을 때의 土壤殘留水量이라고 정의 하였다. 또 Richards는 포장용수량은 多雨와 많은 물을 댈 다음 2-3日째의 함수량에 상당하고 이때의 수분상태는 水膜의 두께가 얇아져 不飽和透水係數가 작으므로 降下 排水는 무시될 상태이다라는 토양수분의 움직임에 중점을 두는 견해를 보인다. 비교적 건조한 지대의 포장용수량은 1/2, 1/3기압 또는 1/10기압에 상당한다고 제안하고 있다.

地下水位가 극히 낮은 경우에는 毛管支持水때문에 평형수분상태의 吸引壓은 낮게 되고, 또 不透水層이 얇은 層에 존재할 때도 停滯水의 발생에 의해 낮은 吸引壓이 나타나기 쉽다. 透水性이 좋은 粗粒質 또는 구조가 발달한 토양에서는 排水양호로 비교적 좋은 吸引壓을 나타낼 것이다. 이와같이 포장용수량에 상당하는 吸引壓은 氣候條件, 地下水位, 土性成層상태등 여러 요인에 의해 변화하기 때문에 한결같이 흡인압과 대응시키는 것은 곤란하다.

### 3) 水分當量 (Moisture equivalent)

Briggs와 McLane은 1907년 多孔質컵에 토양을 넣어 물로 충분히 포화시킨 다음 이 컵을 重力의 1000배의 遠心力場에서 탈수시켜서 그 때의 殘留水分량을 含水比로 나타낸 값을 水分當量이라 하였다. 이들은 이 수분당량의 수분상태는 큰 틈새의 수분이 빠졌기로, 土粒子새의 작은 틈새에 남아있는 毛管水 또는 토양입자 표면에 흡착된 皮膜水등의 保有力을 나타내는 指標로 되므로 토양의 保水性을 나타내는 중요한 常數라고 지적했다. 畧유효수분의 下限을 포장용수량으로 하고, 上限은 永久시들점으로 하는 수도 있어서 포장용수량의 실내 측정으로서 수분당량이 이용된 적도 있다. 그러나, 수분당량을 측정할 때 토양



구조가 원심력으로 변형되어 보수력이 변화하므로 포장용수량과 일치하지 않는 수도 많다. 모래의 수분당량은 포장용수량에 비해 매우 작게 되고, 거꾸로 진흙에서는 큰 값을 내는 경향이 있다. 이와 같은 차이는 遠心力에 따른 틈새의 증감 및 흡입자가 서로 눌러 생기는 압력에 따른 脫水作用에 기인하는 것으로 생각된다.

특히 굴격구조가 연약한 토양에서는 원심分離 전후의 毛管水量이 변하므로 자연구조와 관련한 水分常數로는 부적당하다. 전에는 수분당량의 흡인압은 포장용수량인 1/2기압 (pF 2.7)에 동등하다고 하였으나 이론적 근거는 없다. 앞에서 논한 바와 같이 포장용수량의 실태가 밝혀짐에 따라 水分當量의 이용은 쓸모없게 되어 오히려 측정 곤란한 시들점을 계산하기 위해 수분당량이 쓰인다. 수분당량을 1.84로 나눈 값이 근사한 시들점과 같다고 Briggs와 Shantz는 제안했다. 또 塑性限界, 점토함량등 토양콜로이드의 친수에 관한 성질을 알고자 수분당량을 재고 있다. 또 토양의 浸蝕率을 계산할 때에도 水分當量이 쓰인다.

#### 4) 毛管連結切斷含水量 (Moisture of rupture of capillary bond)

土壤水가 植物의 吸水에 따라 감소하면 토양속의 틈새에 보유된 연속된 水膜의 두께가 얇게 되어 나중에는 입자 사이의 틈새에 있는 水膜이 부분적으로 不連續으로 되어 2點간에 물이 이동할 수 있는 기울기가 생기더라도 물이 이동할 수 없는 것을 모관절단함수량이라한다. 이것은 토양면 蒸發이나 植物 뿌리의 吸水로 수분이 손실한 경우의 液態水의 移動限界水分點을 나타내는 것이다(A.Rode).

모관절단함수량 이하의 수분상태에서는 식물뿌리의 吸水壓이 토양수에 작용하여도 주변의 水膜과의 연결이 끊어져서 2點間の 물의 압력전달이 일어나지 않으므로 물이 움직이는 기울기에 따른 수분이동은 일어나지 않아 植物뿌리에

液態水의 보급은 정지한다. 이와 같은 상태에서는 식물뿌리는 吸水할 수 있는 水分 형태를 좇아서 신장해, 직접 토양수와 접촉하여 흡수하게 된다. 그래서 식물의 흡수량은 모관절단함수량으로부터 급격히 저하해 드디어 植物은 水分損失에 따른 生育阻害를 입는다. 모관절단함수량은 生張阻害水分點의 指標라 한다. 식물의 생장저해는 단순히 수분부족으로 오는 것은 아니나 특히 耐乾性이 약한 식물에서는 우선 토양의 보수력과 수분공급력이 결정적인 생장저해 요인으로 된다. 포장용수량과 毛管切斷含水量 사이의 수분을 正常生育有效水分이라 하며, 植物의 吸水면에서 보면 易效性有效水分이라 할 수 있다.

#### 5) 初期시들점 (Initial wilting point)

식물 뿌리圈層에 보유된 수분이 植物의 증산, 土面증발등으로 손실되면 식물 뿌리의 흡수는 어렵게 되어 식물체는 시들기 시작한다. 시드는 현상은 植物係내의 수분결실에 따른 體細胞의 팽압의 저하에 기인한다. 이 단계에서는 식물에 물을 공급하면 細胞의 膨壓은 본래대로 되어 植物은 정상으로 된다. 이와 같은 植物의 시들현상이 나타나는 水分點을 初期시들점 또는 일시시들점이라 한다. 식물이 시드는 현상은 植物體내의 水分收支의 불균형에 따라 일어나므로 수분의 孫失만이 원인은 아니다. 토양수가 충분히 있어도 지상부의 증산량이 뿌리의 흡수량을 웃돌면 시드는 현상이 생기므로 氣象(기온, 습도, 日射量, 풍속 등)을 고려하지 않으면 안된다. 또 다량의 염분을 함유하는 수분이 많은 토양에서도 식물이 흡수하기 어려우므로 시드는 현상이 생긴다. 이 경우는 일상의 기상조건에서 식물이 시드는 현상과 토양수와의 관계를 다루어야 한다. Richards 와 Weavers는 초기시들점의 吸引壓은 5 - 13 氣壓정도의 범위에서 변화한다고 한다. 정상적인 식물생장은 세포간에 흐르는 물의 주고 받음이 정상으로 이뤄져 알맞는 膨壓이 유지되는 상태이다. 식물뿌리에서 흡수가

떨어지면 세포내의 흐르는 물이 부족되고 세포내의 물의 전달이 늦어져 팽압상태를 지닐 수 없게 된다. 식물을 飽和 蒸氣壓 아래 두어도 식물체의 팽압을 유지할 수 없게 되는 토양수의 흡인압은 약 7기압이라 본다. 현재 초기 시들점의 흡인압은 대개 7氣壓으로 보고 있는데 이 값은 植物生理면에서도 수증 되는 값이다.

#### 6) 永久시들점(Permanent Wilting Point)

초기시들점(凋萎點)에서 더욱 수분이 감소하면 植物은 완전히 시들어 물을 공급해도 植物은 되살아나지 않는 상태로 된다. Briggs와 Shantz는 이런 水分點을 永久시들點이라 했다. 植物生理學的으로는 세포體積이 수축해서 원형질 분리를 일으키고 세포의 기능이 정지된 상태를 말한다. 토양수의 흡인압이 20 - 30기압이 되면 어떤 잎도 팽압 상태를 유지할 수 없다. 이 常數는 水分當量을 1.84로 나눈 값에 상당하다고 하나, 어린 植物法으로 정확히 측정할 수 있다. 동일한 토양에서의 植物의 영구시들점은 식물의 종류에 관계없이 거의 일정한 값이라고 해도 된다. 일부에서는 이 견해에 대한 비판도 있다. 여기서 말하는 식물의 종류는 습윤지의 여느 재배식물이고 건조지나 사막식물과 같은 耐乾性植物은 예외이다.

Richards는 加壓膜장치를 써서 吸引壓 15기압인 수분을 측정해 이 水分은 영구 시들점에 잘 일치한다는 것을 인정했다. 그후 실내 측정값으로 15기압 수분을 영구시들점으로 대응케 되었다. 영구시들점의 함수량은 특히 토양의 기계적 조성, 유기물함량 및 점토광물의 종류에 따른 영향을 받아 토양이 粗粒質에서 細粒質로 변하는데 따라서 또 유기물함량이 많아지면 永久시들점이 증대한다. 영구시들점은 植物이 흡수가 가능한 最小수분점이고, 有效수분영역의 상한이 되는 중요한 常數이고 아울러 非有效水分量 그 자체를 나타내는 것이다. 영구 시들

점에서 포장용수량 사이는 소유효수분이라 한다. 또 초기 시들점까지의 물을 難動性 유효수분이라 한다.

### 7) 吸濕係數 (Hygroscopic coefficient)

토양은 크고 작은 여러 입자로 구성되는 多孔質물질이고 그 表面積은 매우 크다. 입자 표면적은 粒徑의 2乘에 비례해서 증대하기 때문에 微입자의 토양일수록 표면적이 넓다. 건조토를 수증기를 지닌 공기중에 방치하면 토양수와 공기가 평형을 이룰 때까지 수증기를 吸着한다. 이 물의 흡착량은 흡입자의 표면적, 공기의 증기압, 온도강하에 비례하여 증가한다. 건조토를 수중에 방치하면 물분자를 흡착할 때에 濕潤熱을 방출한다.

이 潤熱은 흡입자표면내의 물의 흡착에 의해 방출되는 焔에너지량과 같다. Mitscherlich는 潤熱을 내지 않게 되었을 때의 수분상태를 吸濕係數라 했다. 또 흡습계수는 흡착ion의 종류에 따라 영향받는다. K-점토의 흡습수는 Ca-점토보다 적다. 치환성 양ion과 흡습 계수의 순위는 일반적으로 1價 양이온 (K를 빼고)은 2가 이온보다도 크다. 이것은 양이온의 加水作用이 세기때문이다. 이온의 반경이 작을수록 加水작용은 증대한다. 점토의 흡습계수는 이온의 數만이 아니고 치환하는 이온 및 界面活性에 영향받는 것을 고려하지 않으면 안된다.

더우기 동일한 증기압 아래의 흡습계수는 토양온도에 따라 달라진다. 온도 80 °C 때의 흡착수량은 30 °C의 1/10로 감소하는 실례가 있다. 이것은 온도 상승에 따른 물분자의 운동에너지의 증대에 기인한다.

흡습계수에 포함되는 물에는 2종류가 있다. (1) 파괴된 結晶格子의 끝에 붙어 있는 Al, Si, O ion이 쌍극자모먼트로 물분자가 결합하므로 broken-bond-water라 하고 흡착력은 세다. (2) 結晶格子의 표면의 不飽和原子 또는 電場

등에 의해 흡착된 물로 planar-water라 하며 결합력은 비교적 약해서 저온에서 이탈한다.

#### 8) 風乾土水分 (Water content of air dried soil)

이 常數는 어떤 특정 장소에 토양을 방지하여 건조시켜 대기의 증기압과 평형되었을 때의 含水比이다. 앞에 설명한 各 水分常數 같이 규정된 조건 아래에서 측정되는 상수와는 다른 경험적인 常數이다. 토양조사에 있어 採取試料의 점토함량의 다소를 판정하기 위한 간이 방법이라 할 수 있다.

### 3. 水分 Potential

#### 1) 水分포텐셜

모래와 점토의 含水比가 똑같아도, 모래에서는 植物이 시드는 일이 없이 잘 사는데, 점토에서 생육하고 있던 식물은 枯死해 버리는 현상을 가끔 보게 된다.

이와 같은 점을 보다 잘 설명하기 위해서 국제土壤學會에서는 물리양으로서의 水分포텐셜을 제안하였다. 곧, 수분포텐셜은 기준상태(온도 및 압력이 정해진)에 있는 어느 무한히 작은 純水를 주목하는 點에 있는 土壤水까지 等溫可逆의으로 이동시켰을 때 外力에 의해 이루어져야 할 일의 양을 단위 질량 당의 물로 환산한 값이라고 정의하였다. 한편, 용매의 화학포텐셜은 하나의 相에서 溶質의 量 및 다른 熱力學的 독립變數(압력, 온도 등)를 일정하게 하고, 용매의 질량을 매우 작게 변화시킬 때, 주목하는 에너지의 변화하는 비율을 나타내는 量이다.

내부에너지, 엔탈피, 엔트로피 등 여러가지 量이 있지만, 化學포텐셜이 채택된

까닭은 (1) 다른 에너지의 어떤 量으로도 單一한 값으로 土壤水의 상태를 특징지을 수 없고 (2) 다른 에너지의 어떤 量에 비해서도 그 값을 測定하기 쉬운 때문이다.

化學포텐살을 규정하는 요인으로는 (1) 重力 (2) 土壤水의 凹面의 曲率半徑 (3) 溶質의 종류와 量 (4) 粒子에 의한 電場 (5) 粒子와 物分子 사이의 힘 (6) 外壓 (7) 溫度 등이다. 水分포텐살의 측정은 植物의 有效水分量의 決定, 養分의 움직임, 토양수의 운동 및 흙 입자와의 相互作用 등의 해명에 의해 불가결한 데이터를 제공한다. 더우기 토양수의 운동이 매우 느리게 평형상태에 가까운 상태로 되려는 경우에는 중력포텐살 및 毛管포텐살은 토양수의 운동을 일으키는 작용력으로서의 의미를 갖는다.

## 2) 重力포텐살

지하 水面에 접하고 있는 토양 속의 물과 같이 위치에너지(重力에너지)가 다른 상태에서 평형을 이룬 土壤水에 대해서 정의되는 포텐살이다.

## 3) 浸透포텐살

일반적으로 용질이 존재하면 토양수의 화학포텐살을 감소시킨다. 이 감소량을 침투 포텐살이라고 한다.

## 4) 毛管포텐살

土壤水가 凹面을 이루고 있기로 생기는 化學포텐살의 低下量을 毛管포텐살이라 한다.

表 1. 土壤水分 吸引壓과 水分常數

飽水度		100									
容氣度		0									
吸引壓	물기 등	cm	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$		
	pF	0	1	2	3	4	5	6	7		
壤水分常數		飽	飽								
		和	24場1/10	生毛	初	永	吸	風	乾		
		容	時容	氣長管	期	久	濕	乾	土		
		水	間水	壓저切	시	시	係	土			
		量	容量	水害斷	들	들	數	水			
			수	分	水含	점	점	最	分		
			량	分水		15	大				
				分量			氣	吸			
							水	度			
							分				
							点				
室內測定法		←砂柱法→		←遠心法→							
		← 吸引法 →				←水点降下法→					
								← 壓膜法 →		← 蒸氣壓法 →	

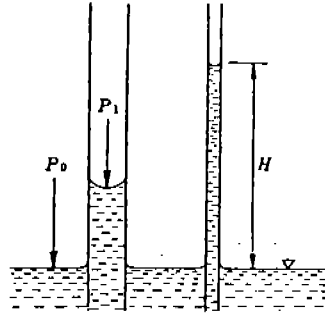


그림 1. 지름을 달리하는 모세관에서 물의 흐름

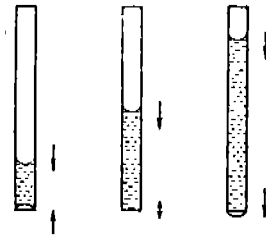


그림 2. 모세관속의 물의 매달림(懸垂)

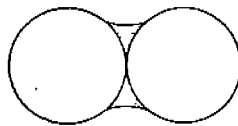


그림 3. 입자간 접촉부의 물의 집적