

植物の生育と根圏

植物生産土壌学 2

筒木 潔

<http://timetraveler.html.xdomain.jp/>

ホームページを移動しました。



「根」は植物と土壌の接点

- 「根」が土壌に与えるもの
- 土壌が「根」を通じて植物に与えるもの
- Root is a contact point between soil and plant
- Root improves soil
- Soil helps the growth of plants through root.

石割桜(盛岡地裁前)

Cherry tree on a cracked stone in Morioka



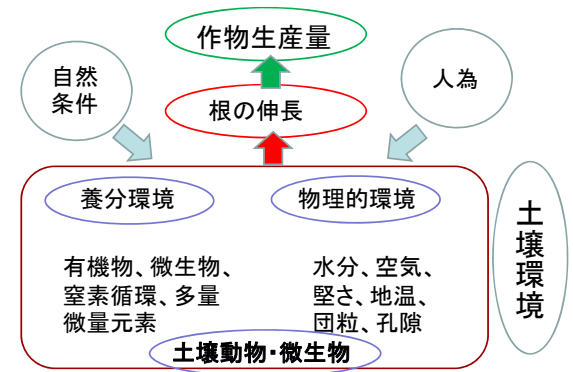
「根」に関する参考書

- 「根」物語 (研成社)
- 根圏微生物を生かす (農文協)
- 地中生命の驚異 (青土社)
- 現代輪作の方法 (農文協)
- 根の事典(朝倉書店)
- 植物栄養学 第2版 (文永堂出版)

根と土壌に関する参考書



作物生産に関連する土壌要因



土の始まりと根の始まり

地球の歴史と土壌生成			
	主なイベント	大気の組成	土壌
46億年前	地球の誕生		
40億年前	塩酸の海 岩石の溶解・中和 → 中性の海	二酸化炭素 97%	
	二酸化炭素の溶解・炭酸カルシウムの沈殿		
38億年前	水中生物の発生		
20億年前	海中藻類の発生	酸素 0.2%	
6億年前	地衣類・陸上生物	酸素 2%	初期土壌生成
4億年前	初期の陸上植物	酸素 21%	↓ 土壌生成
3億年前	シダ・ソデツ		↓
1万年前	現代人		↓
6千年前	農耕の始まり		↓

根の始まり

ストロマトライトの化石

地球史初の光合成菌・酸素の放出



嫌氣的生物から好氣的生物の世界への橋渡し

仮根と真の根

Rhizoid and True root

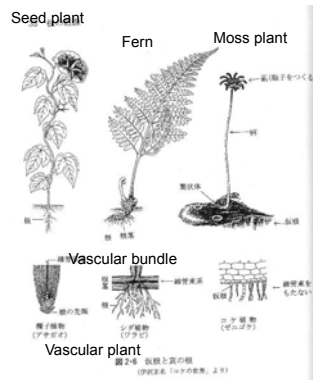


図 2-11 根の種類

不定根

Adventitious root

ゼラニウム

トウモロコシ

草本類

ダリア

ホテイアオイ

気根

ランの気根

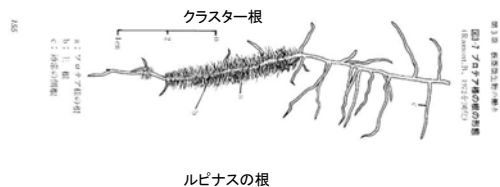
人参

マメダオンの寄生根

(a) さし木から生じた不定根(ゼラニウム), (b) 支持根とそれ以外の不定根(トウモロコシ), (c) ひげ根(草本), (d) 主根(タンポポ), (e) 多呼吸の生根(ニンジン), (f) 多呼吸で、群生している不定根(ダリア), (g) 本生の不定根(ヒヤシンス), (h) 気根(キツタ), (i) 気根(ラン), (j) 寄生根(マメダオン)。

プロテア様の根

(ヤマモガシ科ハケア属の植物)



森林と草原における有機物の分布

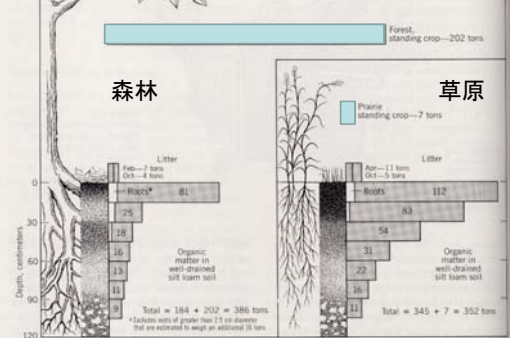


Figure 5-3 Metric tons per hectare distribution of organic matter in forest (white oak, black oak) and prairie (big bluestem, Indian grass) ecosystems in south central Wisconsin. (Adapted from Nielsen and Hole, 1963. Courtesy of F. D. Hole, Soil Survey Division, Wisconsin Geological and Natural History Survey, University Extension, University of Wisconsin.)

地上部・地下部の年間乾物生産量

	植物種	地下部 (t/ha)	地上部 (t/ha)	全量 (t/ha)	地下部/地上部
草本類	オオムギ	1.3-3.0	7.2-12	8.5-15	0.18-0.26
	小麦	1.4-2.5	4.5-9.2	6.5-11.7	0.21-0.44
	クローバー	1.8-4.5	5.0-6.7	7.5-11.2	0.28-0.67
	トウモロコシ	4.4-4.5	8.3-9.0	12.8-13.5	0.50-0.54
	ジャガイモ	3.9-4.0	2.4-2.8	6.4-6.7	1.39-1.67
	サトウダイコン	6.6-13	1.2-5.0	7.8-18.0	2.6-5.5
木本類	松	1.8-1.9	7.4-10.5	8.6-12.4	0.16-0.18
	ブナ	1.3-1.8	6.5-10.0	7.8-11.8	0.18-0.20
	熱帯雨林	2.6-2.8	21.7-28.7	24.3-31.6	0.10-0.12
	ドイツ森林				0.15-0.33

根が全植物体に占める割合

草本植物 13-84%

木本植物 9-24%

作物の収穫後土壌に残される根の遺体

数百 kg/10a 数 t / ha

根長

・ 単位面積あたり総根長

イネ科作物 50-90 km/m²

ダイズ 25-40 km/m²

じゃがいも 20 km/m²

・ 単位土壌体積あたり総根長

イネ科作物 300-400 km/m³

じゃがいも 100 km/m³

一般に表層で大きく、深くなるとともに減少

トウモロコシ・ダイズなどでは10-20 cm 層で大きい

根張りに影響を及ぼす要因

- ・ 生育期間の長い作物は総根長も長くなる。
→ 冬小麦
- ・ C3、C4植物間の差は認められない。
- ・ 水分不足、高低温、養分不足などは、地上部よりも根の生育を促進させる。
- ・ ただし、日射量不足は逆の効果(根の生長抑制)をもたらす。

各種作物の最大根深および頻根深

作物種	最大根深(cm)	頻根深(cm)
イネ	60	55
冬小麦	190	130
春小麦	145	90
大麦	135	80
トウモロコシ	240	180
大豆	60	40
テンサイ	170	160
サツマイモ	100	80

各種作物の最大根深および頻根深

作物種	最大根深(cm)	頻根深(cm)
トマト	150	90
キャベツ	145	80
キュウリ	110	30
タマネギ	100	80
アスパラガス(6年目)	310	180
ヒマワリ	200	70
アルファルファ(2年目)	300	160
アカクローバー	280	100

土壌への炭素供給量と蓄積量

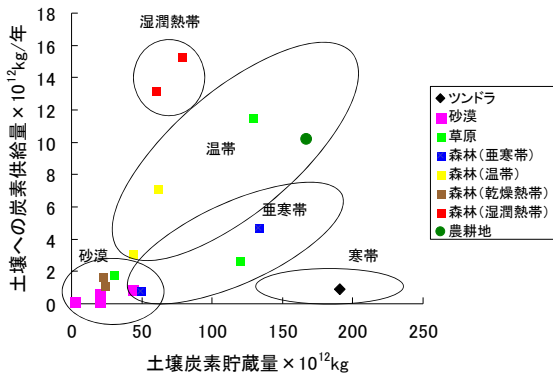
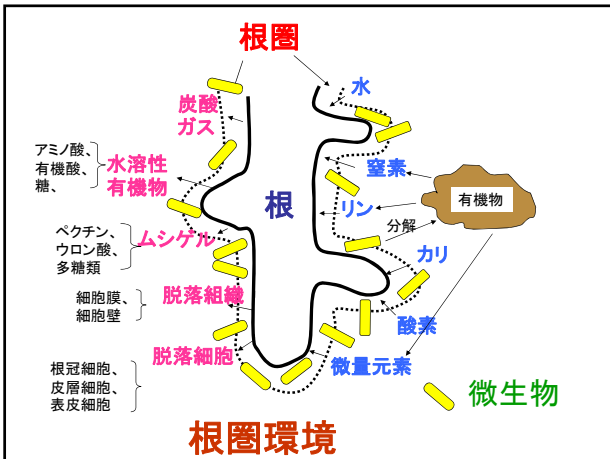


表 7. 2 3種類の気候帯における土壌炭素の代謝回転

	イギリス ローザムステッド	カナダ西部 モリソル	ブラジル スポトル
気候帯	温帯	冷温帯	熱帯
土壌の種類	小麦連作	小麦-休閑作物	サトウキビ
土壌の重量 (t ha ⁻¹)	2200	2700	2400
有機炭素 (t ha ⁻¹)	26	65	26
炭素の流入量 (t ha ⁻¹ 年 ⁻¹)	1.2	1.6	13
土壌炭素の代謝回転 (年)	22	40	2

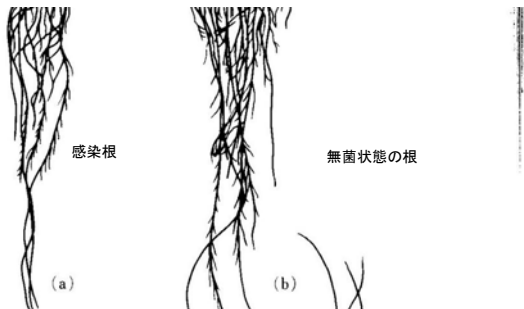
Paul and Clark 1989より引用



根圏と非根圏の微生物数比較

作物名	根圏/非根圏
小麦	7.6
カラスムギ	5.2
アマ	6.5
チモシー	10.8
アルファルファ	10.8
赤クローバー	10.1

微生物の感染によるトウモロコシ根系の変化



根圏微生物の働き

有機物を分解して、養分を根に受け渡す。

病害菌から根を防御する。

菌根菌と共生して難溶性のリン酸や根から離れた水を吸収する

根粒菌と共生して窒素固定を行う。

根系が土壤に及ぼす影響 1

根の周辺に団粒を形成

アミノ酸、糖類、根毛、根冠の古い細胞の脱落

→ 根圏微生物の生育刺激

土壤有機物を増やす

根系が土壤に及ぼす影響 2

磷酸など難溶性の養分を有効化

麦はムギネ酸、

キマメ（ピジョンピー）はピシディン酸を分泌

シュウ酸、クエン酸、リンゴ酸などの分泌は多くの植物で認められる。

根からの有機酸(酸)の分泌

ルーピン	クエン酸	Ca型りん酸
アルファルファ	クエン酸	Ca型りん酸
ナタネ	リンゴ酸・クエン酸	Ca型りん酸
キマメ	ピシディン酸・マロン酸・シュウ酸	Fe型りん酸
ヒヨコマメ	クエン酸・コハク酸	Ca型りん酸・Fe型りん酸
ソバ	水素イオン	Ca型りん酸
セイヨウアブラナ		

Chickpea (ヒヨコマメ)

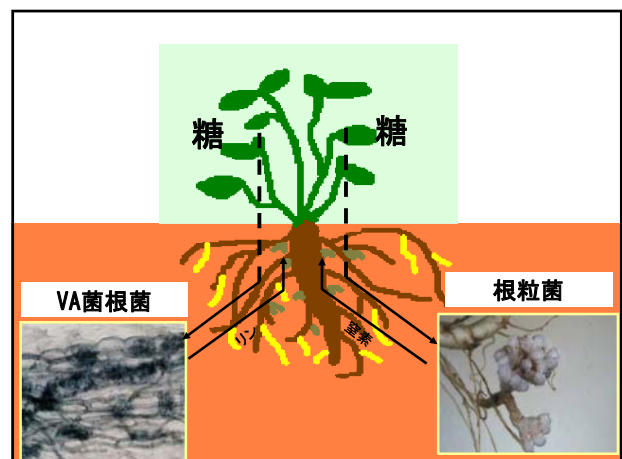


インドのVertisol 土壤での栽培に適した豆
高pH, 高Ca, 乾燥土壤で良く生育する。
クエン酸を分泌。

Pigeonpea (キマメ)



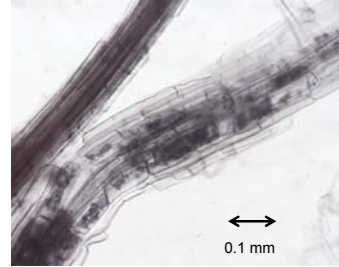
南インドの赤色土Alfisol で良く生育。
鉄と結合したりん酸をよく吸収。
ピシディン酸を分泌



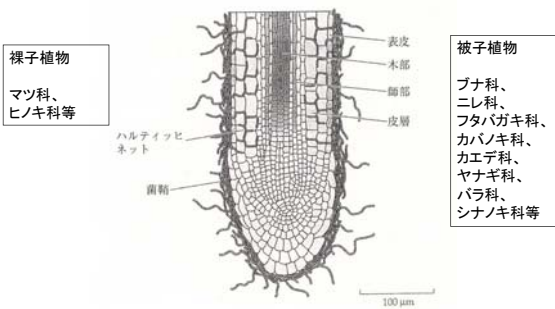
アルファルファの根粒



チモシーの根の菌根菌

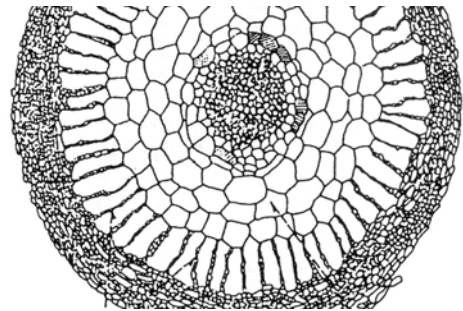


外生菌根の模式図

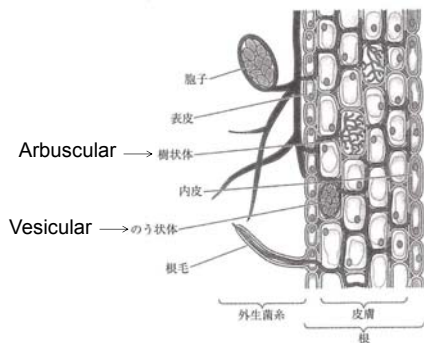


ブナの外生菌根

Beech root coated by exo-Arbuscular fungi

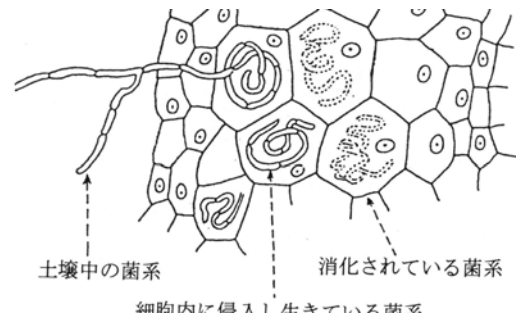


VA菌根の模式図



ランの内生菌根

endo-type arbuscular fungi in orchid

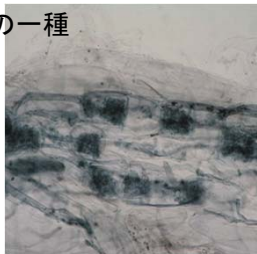


VA菌根菌(VA)とは？

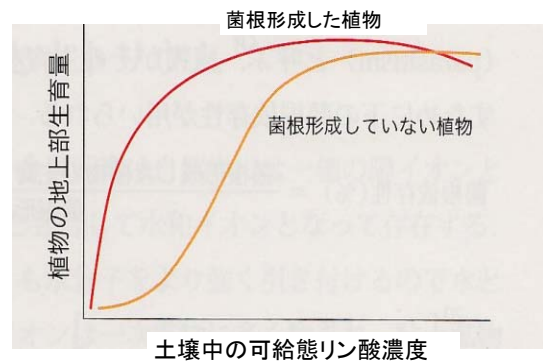
- 植物根系共生微生物の一種
- VAと植物の共生関係

植物は
リン酸・水分吸収を促進

VAは
光合成産物を獲得



菌根形成が植物生育に及ぼす影響



菌根菌の接種がネギの生育に及ぼす影響



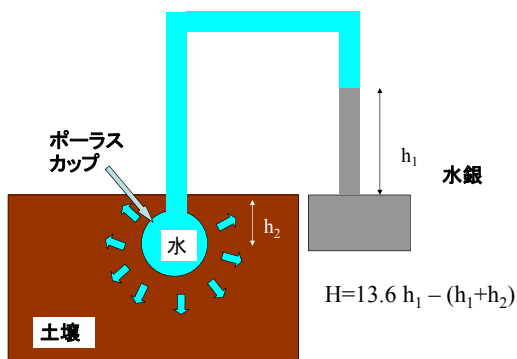
図 3-50 アーバスキュラー菌根菌非接種と接種のネギの収穫時の生育

横軸は可給態リン酸 (mg/100g)

土壌水の種類 根には吸えない水もある

	土壌水の種類	マトリックポテンシャル(ϕ)	pF
最大含水量	重力水	0 kPa	
圃場含水量	易有効水	- 6 kPa	1.78
初期萎凋点	難有効水	- 600 kPa	3.78
永久萎凋点	非有効水	- 1,500 kPa	4.18
吸湿係数	湿度98%の空気と平衡	- 2,700 kPa	4.43
絶乾土		- 700,000 kPa	6.85

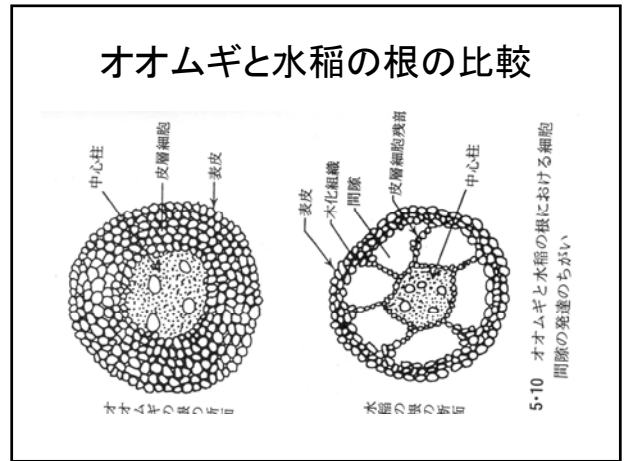
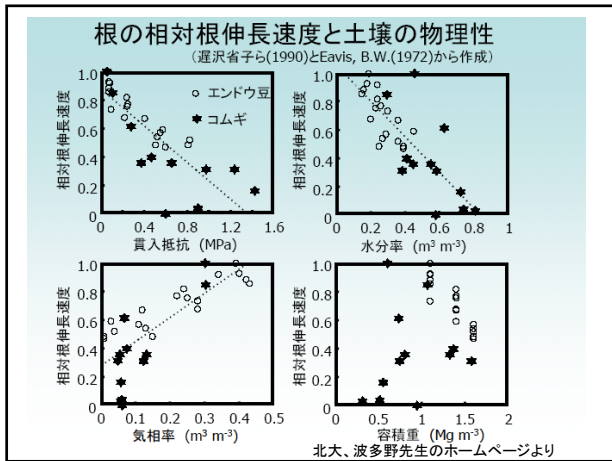
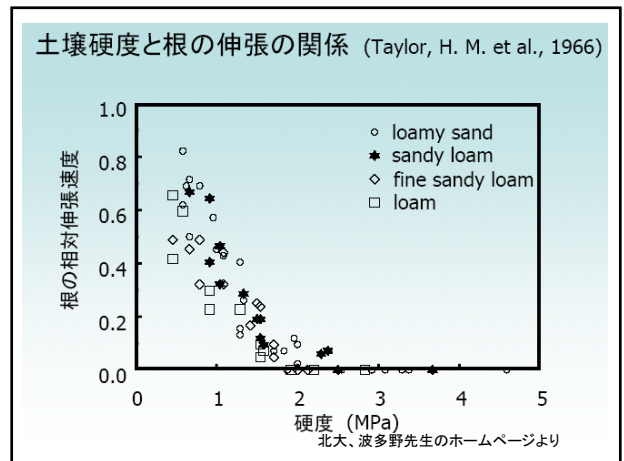
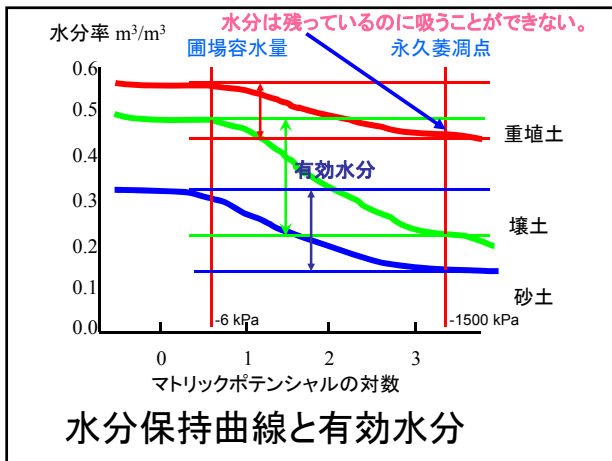
テンシオメーターの原理



最近まで使われていた水分張力の単位

pF の定義

- マトリックポテンシャルを水柱の高さ H (cm) で表した場合
 $pF = - \log H$
- マトリックポテンシャルをパスカル単位 ϕ (kPa) で表した場合
 $pF = - \log (10.2 \phi)$



畑と水田の非根圏土壌

	酸化還元状態	主な微生物	各種物質の存在形態
畑	酸化的	好気性微生物	NO_3^- , Fe^{3+} , MnO_2 , SO_4^{2-}
水田	還元的	嫌気性微生物	NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , S^{2-}

畑と水田の根圏土壌

	窒素の吸収	pH	酸化還元状態
畑	硝酸(吸収) CO_2 (分泌)	非根圏に比べ上昇	非根圏に比べ低下
水田	NH_4^+ (吸収) H^+ (分泌)	非根圏に比べ低下	非根圏に比べ上昇

根の発達にとって良い土壌とは

- 根が深く広く健全に伸長し、地上部に適度の養分と水分を供給できること。
- そのためには……

根の発達にとって良い土壌とは

- ① 通気性、排水性、保水性が良く、柔らかい土壌であること。
 - ← 団粒構造の発達
 - ← 有機物の施用

根の発達にとって良い土壌とは

- ② 肥料成分のバランスが良く、pH が適正であること。
 - ← 土壌診断の実施
 - ← 酸性改良（石灰資材の施用）

根の発達にとって良い土壌とは

- ③ 有用微生物のエサとなる有機物が含まれ、土壌生物が豊富な土壌であること。
 - ← 堆肥や緑肥の活用