

## 第 1 1 回根研究集会発表要旨

### 口頭発表 1

### キュウリ根導管液glycine-rich proteinの遺伝子発現と蓄積

作田千代子、小田篤、佐藤忍 (筑波大・生物)

高等植物の導管は、水や無機イオンに加え、根で合成した有機物質を地上部に輸送し、植物個体の統御に関わっていると考えられる。近年我々は、ウリ科植物の導管液中に多種のタンパク質が含まれていることを報告したが、ペルオキシダーゼ以外のタンパク質の正体とその存在理由は全く判っていない。本研究では、根によって生産されると考えられる導管液中のタンパク質の機能を知ることが目的に、キュウリを材料として導管液タンパク質cDNAのクローニングと解析を行った。

まずキュウリ (霜不知地這) の根の近くの茎から採取した導管液をラットに免疫し、抗導管液血清を作製した。次に、キュウリの根から入系の発現ベクターを用いたcDNAライブラリーを作製し、抗導管液血清でスクリーニングを行った。

キュウリ根導管液タンパク質遺伝子の候補として幾つかのクローンを得ているが、本研究ではそのうち、XSP-4 (CRGRP-1)とXSP-10 (CRGRP-2)について、その産生細胞と移動に関して報告する。この二つのタンパク質は互いに相同性をもつ glycine rich proteinで、根の根毛帯に特異的な発現を示す。まずXSP-4の生合成部位を調べるため、in situ hybridizationを行ったところ、芽生えの根の根毛帯部の導管を囲む維管束柔組織細胞のみでXSP-4遺伝子が発現していることが確認された。次に大腸菌の発現系を用いてXSP-4タンパク質を産生し、それを抗原として抗血清を得てwestern blottingを行ったところ、導管液で数本のバンドが検出された。また、植物体の各器官では、展開葉でのみバンドが検出され、そのサイズはXSP-4の推定アミノ酸サイズと一致した。

圧縮土壌への根冠細胞の脱落と炭素の放出の定量化

飯嶋盛雄\*・Bryan Griffiths・A. Glyn Bengough

(\*名古屋大学大学院生命農学研究科、Soil-Plant Dynamics Unit, Scottish Crop Research Institute, UK)

植物の根は土壌の機械的抵抗を克服しながら土壌中を伸長する。この機械的抵抗には、土壌粒子の配列を変形するのに必要な抵抗と生長する根の表層部に生ずる摩擦抵抗とがある。土壌と根の界面に生ずる摩擦抵抗は、根冠細胞の脱落や根冠粘液の分泌によって減少する可能性がこれまでに指摘されてきた。根冠粘液については、水耕液中に放出した炭素やアミノ酸などの分泌物量が機械的刺激によって増加すること (Boef-tremblayら1995 ; BarberとGunn, 1974) や粘液分泌活性が圧縮土壌中で高まること (IijimaとKono, 1992) が報告されている。一方、水耕液中に一日当たり脱落する根冠細胞数については、トウモロコシでは3,000から7,000個 (ClowesWoolston, 1978) 、28の植物種においては数個から5,000個 (HawesとPueppke, 1986) であることが報告されているが、機械的刺激によって、脱落細胞数に変化するかどうかについては全く明らかにされてはいない。そこで本研究では、根冠細胞の脱落による土壌の摩擦抵抗減少効果を明らかにするために、砂培地への根冠細胞の脱落数を定量化することを試みた。さらに、同培地中への炭素の放出量を測定することによって、分泌物中の総炭素に占める脱落細胞由来の炭素の割合を推定した。以上のことから、土壌中への植物根の貫入に対する根冠細胞の脱落の意義を議論する。

トウモロコシ (Mephist) 種子根を数段階の硬さに調整した砂培地において24時間生長させた。24時間中に伸長した種子根近傍の砂培地中に放出された根冠細胞数と炭素を別々の実験において定量した。根冠細胞については、超音波洗浄、表面活性剤、低速の回転振とうなどによって砂培地と細胞とを分離し、顕微鏡下で根冠細胞数を数えた。脱落した根冠細胞数は培地の機械的抵抗が増すにつれて増加した。一日当たり対照条件 (0.293MPa) の1,930個から最も硬い培地 (4.656MPa) の3,220個の細胞が脱落した。この変化量は、根の伸長量当たり換算すると、12倍の脱落量に相当した。さらに、脱落した根冠細胞によって根冠表面の何%が覆われているのかを推定したところ、対照条件では根冠表面の7%、最も硬い培地では103%を脱落した細胞が覆っていた。この脱落細胞は根と土壌との間で柔らかいスポンジのような役割を担って、土壌の摩擦抵抗を減少させていることが推定できる。

土壌に放出された総炭素量は約110  $\mu\text{g/g sand/day}$ であった。脱落した根冠細胞に由来する炭素はこの10%以下を占めるに過ぎず、その他の大半の炭素は根冠粘液であると推定される。

今後、機械的抵抗が大きい条件下において根冠細胞の生産速度と根冠の大きさの変化を調べることによって、土壌の摩擦抵抗を減少させるうえでの根冠細胞の脱落の意義を明らかにしていく予定である。

## 茶・白色根の根端部組織構造と細胞壁の粘弾性

### (1) 細胞壁の酸性pHへの応答

1) 谷本英一, 2) 松尾喜義, 2) 本間知夫, 3) Alexander Lux,  
4) Miroslava Luxova

1) 名古屋市立大学・自然科学研究教育センター・2) 農水省・野菜・茶業試験場  
3) Comenius University(Slovakia), 4) Inst. Botany(Slovak Acad. Sci)

#### Tissue structure and viscoelastic properties of cell walls in white roots of tea

##### (*Camellia sinensis*) ---- (1) Response of cell walls to low pH

Eichi Tanimoto<sup>1)</sup>, Kiyoshi Matsuo<sup>2)</sup>, Tomoo Honma<sup>2)</sup>, Alexander Lux<sup>3)</sup>, Miroslava Luxova<sup>4)</sup>

1) Institute of Natural Sciences, Nagoya City University

2) National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea

3) Comenius University, Bratislava, Slovakia

4) Institute of Botany, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

茎や根の伸長成長を最終的に制御するのは細胞壁の伸展性であると考えられている。近年筆者らは、クリーブ粘弾性計測法によりエンドウの根を用いて細胞壁の伸展性を物理学的な粘弾性パラメータとして表現する方法を確立した根の細胞壁の伸展性研究はエンドウやトウモロコシ・イネなど草本植物の柔らかい根の研究が多く、木本植物の研究は少ない。今回我々は、木本植物である茶の白色根について、根端部の組織形態と細胞壁の伸展性の研究を開始した。本発表では、酸性pHに対する細胞壁の反応を中心として、茶の根の成長生理学的研究と細胞壁の生物物理学的研究への試みとして準備段階の実験結果を含めて報告する。

本研究の目的は、木本植物の根に関する知見を得ることのほかに、酸性条件でもよく生長する茶の根の細胞壁が酸性pH下でどのような粘弾性を示すかを計測し、根の細胞壁のpH応答性の仕組みを明らかにすることである。

97年6月と98年6月に挿し木から不定根を誘導し、小西の水耕培地で約一ヶ月栽培し、発生した白色根の先端部10mmを切除し、定法により顕微鏡標本および細胞壁伸展性解析用試料を作成した根端部組織構造には特異な構造は認められなかったがエンドウなどと比べて根端部伸長帯の細胞長の勾配が急で若い伸長帯が短いことが観察された細胞壁の伸展性計測に当たっては出来るだけ根端部に近い部分を計測するため1~4mmの部分を計測した。メタノール固定後、pH6の緩衝液中で細胞壁の伸展性を計測し、pHを4~3に低下させたときの細胞壁の反応を計測したところ、伸展性に大きな変化は観察されなかった。エンドウやトウモロコシでは、同じ条件で大きな伸展性増加が認められ、酸性pH条件での細胞壁粘弾性の変化は、粘性率の低下が大きな要因であることが判明しているが、茶の根では、これらとは異なる結果が得られた。酸性pHに対する反応性の違いが、何に起因するのかはまだ不明であるが、実験試料調製条件を含めた検討が必要と考えている。

茶の根は、水耕栽培で酸性pH下でよく生長するので、酸性を嫌うエンドウなどの根と対比しながら酸性環境への細胞壁の反応機構を考えていきたい。

## 施肥がトマトの吸水に与える影響 — 重水を用いた検討 —

中野明正・山内章\* (野菜・茶業試験場, 名古屋大学大学院生命農学研究科\*)

### 1. はじめに

野菜の施設生産において問題となる塩類集積を回避する手法の一つとして、過剰に施肥されがちな硫酸イオンを含まない緩効性肥料 (Non-sulfate slow releasing fertilizer :NSR) の施用を検討した。その過程で、NSR に比べ土壌 EC が増加しやすい対照肥料を施用した層において、日中の土壌含水率が増加する現象を見出した。これは砂漠植物などが、根を介して比較的湿潤な下層土壌から乾燥した表層土壌へ水分を移行させる、いわゆる Hydraulic lift と考えられたが、一般にその現象は昼間に認められる上、トマトなど野菜類での報告は無い。また、その意義についても明確にされていない。

そこで、本研究では、表層へ施肥する肥料の種類が、下層からの水分移行量に与える影響を、重水を用いて評価しようとした。

### 2. 材料と方法

実験 1 : 根箱 (深さ 45×幅 30×厚さ 16cm) に、深さが 30cm になるように土壌を充填した。その上にワセリンを塗布した寒冷紗を設置し、さらにその上に、施肥した土壌を 10cm 充填した。施肥には、対照肥料 (CDU 化成 12-12-12) と NSR (10-11-11) を窒素成分で 3g ずつ施用した。70 日齢のトマト苗を定植すると同時に、TDR 土壌水分計プローブを深さ 5cm および、35cm の位置に挿入し 16 日間にわたって土壌含水率を連続計測した。実験はすべて、人工気象室内 (明期 12 時間、暗期 12 時間, 28klx, RH70%) で行なった。TDR 測定終了後に、深さ 35cm の中央地点に 9.98atm% の重水を 100ml 灌注した。灌注は明期開始 3 時間後に行い、暗期終了 3 時間前に、施肥層および無施肥層土壌中の重水濃度を測定した。

実験 2 : ポットで生育させた 60 日齢の苗の根系を、流水中で丁寧に洗い出し、実験材料とした。根を上部と下部に分け、毛管力による水分の上下移動が生じないように中央部には 2cm のワセリン塗布層を設けた。下層の根は 4.75atm% の重水を含む液肥に浸し、上部は同液肥を添加し、27 倍に膨潤させた吸水性樹脂 50g で覆った。ストレスを負荷するため、肥料から水抽出した溶液 5ml を樹脂に添加した。吸水性樹脂中の EC は対照肥料からの抽出液で  $3.7\text{dSm}^{-1}$ 、NSR で  $0.97\text{dSm}^{-1}$  であった。実験は前述の人工気象室内で行い、吸水性樹脂の重量変化および樹脂中の重水濃度を測定し、下層からの水の移行量を推定した。

### 3. 結果と考察

実験 1 の結果から、施肥層である表層に下層から移行した重水量は、ストレス負荷により増加した。これは、根系に強いストレスが負荷されると、下層からの水分供給割合が増加するためと考えられた。実験 2 においても、実験 1 と同様の施肥によるストレス層への重水の供給が認められた。また、日変化を見ると日中では夜間の約 10 倍の供給があることが明らかとなった。これは、下層から上層への水分供給は蒸散に大きく依存していることを示している。これらの結果は、前回報告した TDR を用いた実験で認められた、日中に施肥層の含水率が増加する現象を説明するひとつの根拠となると考えられた。

## 陸稲の不耕起栽培が干害回避に有効となる条件について考える

辻 博之（北海道農業試験場）

陸稲は干害を受けやすい作物であり、その危険期は出穂前とされている。干害回避には早期栽培、薄まき栽培、早生品種・深根性品種の作付などが有効である。この他に、演者らはかつて、不耕起栽培により干害が軽減される現象を度々確認しており、干害回避栽培法として有望である。本試験では最近育成された深根性で中晩生品種であるユメノハタモチと、出穂期がほぼ同じであるハタキヌモチを不耕起栽培し、根系、播種量および出穂時期との関係から、干害回避栽培法としての有効性を検討した。

## 試験方法

試験は農業研究センターの火山性土壌畑（茨城県つくば市観音台）で、1996 および 1997 年に実施した。試験は全て前年の 10 月に深さ 25cm 深のプラウ耕と整地を行った後、ライ麦を栽培して 4 月中旬にこれを刈取り、地上部を圃場外に持ち出した跡地で実施した。耕起処理として、幅、深さともに 5cm 程度の播溝のみ耕起した不耕起区と、深さ 15cm のロータリ耕を行ったロータリ耕区を設け、この中にそれぞれ表 1 に示した処理を設けた。1996 年は品種にユメノハタモチとハタキヌモチを用い、播種は 5 月 10 日、収穫は 10 月 16 日に行った。1997 年はユメノハタモチを 5 月 16 日と 19 日に播種し、収穫は 10 月 13 日に行った。畦幅は両年とも 50cm とし、施肥は基肥として  $N, P_2O_5, K_2O$  をそれぞれ  $3, 10, 10g m^{-2}$  播種後表面施用し、追肥は N 成分量  $2g m^{-2}$  を 7 月下旬に施用した。試験規模は 1996 年が 1 区面積  $14 m^2$  で 3 反復、1997 年 5 月 16 日播種が 1 区面積  $10.5 m^2$  で 2 反復、5 月 19 日播種が 1 区面積  $31.5 m^2$  で 2 反復で行った。根系のサンプリングは、直径 4.3cm のパイプを用いて、出穂期に 1 区あたり 12 カ所、深さ 50cm まで行い、洗浄後根長を測定し根長密度と根の深さ指数を求めた。

## 結果

1. 両年ともに出穂前、特に 8 月の降雨は少なく（表 2）、陸稲の出穂は不耕起区で早まる傾向が認められた（表 3）。
2. 出穂期の地上部重は、1996 年は耕起法間では不耕起区 > ロータリ耕区となり、播種量間では標準区 > 薄播区となる傾向が認められた。また、1997 年は耕起法間で不耕起区 > ロータリ耕区となり、播種時期によって不耕起区では 5 月 16 日播種 > 5 月 19 日播種、ロータリ耕区では逆となる傾向が認められた（表 4）。
3. 無灌水の陸稲は、ロータリ耕区では品種、播種量、栽培年次に関わらず灌水区に比べて減収したのに対し、不耕起区の 1997 年 5 月 16 日播種は灌水区と同等の収量を得た。灌水区に対する無灌水栽培の減収率は、ロータリ耕区に比べて 1996 年には品種、播種量に関わらず不耕起区で大きく、1997 年 5 月 16 日播種は不耕起区で小さく、5 月 19 日播種はロータリ耕区とほぼ同等であった。灌水区の収量は、不耕起区がロータリ耕区を常に大きく上回った（表 5）。
4. 根長密度は深さ 20 ~ 30cm の層を除き、不耕起区 > ロータリ耕区となった。また、不耕起区は表層 20cm の根長密度が高く、ロータリ耕区は深さ 10 ~ 30cm の根長密度が高くなった（図 1）。
5. 根の深さ指数はロータリ耕区に比べて不耕起区で小さくなる傾向があったが、両者の差が有意であったのは 1997 年の 5 月 16 日播種区のみであった。

以上より、干害に対する不耕起栽培の利点は、①出穂時期を早めて出穂前の干ばつ危険期間を短縮すること、②深層まで根系を伸ばすこと等により、獲得可能な水の量が増加することの 2 点が考えられた。一方、不耕起栽培は、③地上部の生育を旺盛とし水分消費を大きくし、干害回避に不利に働くと推察され、出穂期が遅い場合は不利に働く可能性が示された。これらから、不耕起栽培は早生品種、早期栽培による出穂の早期化や最小限の灌水栽培との組み合わせにより、安定した陸稲干害回避技術となりえるものと推察される。

表1 処理の構成

年次・品種	耕起法	他の処理
1996年 コメノタネ	不耕起	薄播区(播種量が $3.1\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、無灌水)
	ロータリ耕	標準区(播種量が $4.8\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、無灌水) 灌水區(播種量は標準區と同じで夏期に110mm降雨に相当する灌水)
1996年 ハタキタネ	不耕起	無灌水區(播種量が $4.8\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、無灌水)
	ロータリ耕	灌水區(播種量は標準區と同じで夏期に110mm降雨に相当する灌水)
1997年 コメノタネ	不耕起	5月16日播種 無灌水區(播種量が $4.0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、無灌水)
	ロータリ耕	5月19日播種 無灌水區(播種量が $4.0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、無灌水)
		5月19日播種 灌水區(播種量は無灌水區と同じで夏期に200mm降雨に相当する灌水)

表3 陸稲の出穂期

栽培年	品種	処理	不耕起区	ロータリ耕区
1996	コメノタネ	薄播区	9月10日	9月11日
	コメノタネ	標準区	9月10日	9月12日
	コメノタネ	灌水區	8月28日	9月5日
	ハタキタネ	無灌水區	9月10日	9月11日
	ハタキタネ	灌水區	8月28日	9月6日
品種・播種日		処理	不耕起区	ロータリ耕区
1997	コメノタネ	5月16日 無灌水區	8月22日	8月28日
	コメノタネ	5月19日 無灌水區	8月28日	9月9日
	コメノタネ	5月19日 灌水區	8月26日	9月1日

表4 陸稲の出穂期の地上部乾物重( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )

栽培年	品種	処理	不耕起区	ロータリ耕区
1996	コメノタネ	薄播区	466±36	270±47
	コメノタネ	標準区	641±63	305±41
	コメノタネ	灌水區	658±65	531±18
	ハタキタネ	無灌水區	476±15	321±36
	ハタキタネ	灌水區	681±17	595±4
品種・播種日		処理	不耕起区	ロータリ耕区
1997	コメノタネ	5月16日 無灌水區	625±27	316±4
	コメノタネ	5月19日 無灌水區	478±34	387±2
	コメノタネ	5月19日 灌水區	615±41	508±37

平均±標準誤差

表5 陸稲の収量( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )と灌水區に対する減収率(%)

栽培年	品種	処理	不耕起区		ロータリ耕区	
			収量	減収率	収量	減収率
1996	コメノタネ	薄播区	65±22(85.8)		78±13(70.0)	
	コメノタネ	標準区	47±25(89.7)		73±14(71.9)	
	コメノタネ	灌水區	457±31		260±24	
	ハタキタネ	無灌水區	50±18(89.7)		56±20(83.3)	
	ハタキタネ	灌水區	487±5		336±34	
品種・播種日		処理				
1997	コメノタネ	5月16日 無灌水區	338±25(5.6)		145±21(39.1)	
	コメノタネ	5月19日 無灌水區	175±58(51.1)		110±17(53.8)	
	コメノタネ	5月19日 灌水區	358±9		238±3	

\*収量は乾物重

表6 陸稲の根の深さ指数(cm)

栽培年	1996年		1997年	
	品種	播種	品種	播種
	コメノタネ	ハタキタネ	コメノタネ	コメノタネ
			5月16日	5月19日
	処理	標準区	無灌水區	無灌水區
不耕起区	19.1±1.2	17.8±1.1	19.9±0.2	20.2±0.4
ロータリ耕区	21.6±0.3	19.7±0.2	21.7±0.5	20.6±0.2

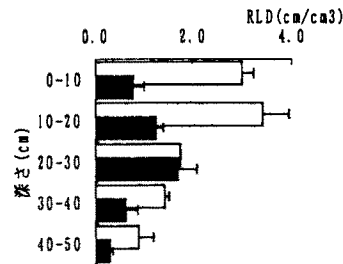
平均±標準誤差

表2 1996, 97年7~9月の降水量(mm)

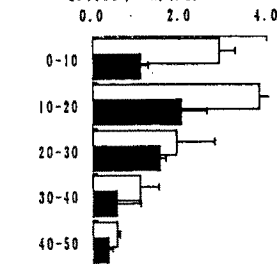
月・旬	1996	1997	平年
7	上	155.5	18.5
	中	31.5	24
	下	4.5	53
計	191.5	95.5	121.7
8	上	0	5.5
	中	16.5	23.5
	下	19.5	6.5
計	36	35.5	120.3
9	上	40	45
	中	42.5	62.5
	下	224	40.5
計	306.5	148	153.3

96, 97年は農研研気象管理科調査、平年は高層気象台(つくば市観野)

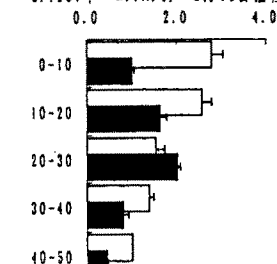
A. 1996年 コメノタネ



B. 1996年 ハタキタネ



C. 1997年 コメノタネ 5月16日播種



D. 1997年 コメノタネ 5月19日播種

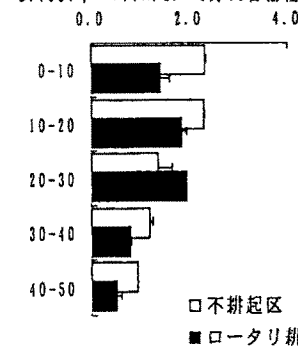


図1 出穂期陸稲の根長密度(RLD)

農家水田で栽培した水稻の出穂後の出液速度と登熟との関係

森田茂紀・阿部淳（東京大学大学院農学生命科学研究科）

植物の茎葉部を切除すると、ハチマの水のように、切口から溢泌液が出てくる。この出液現象は根圧による能動的吸水を基盤としているため、根系全体の活力の指標となる可能性が高い。出液速度の測定は比較的容易であるだけでなく、根の呼吸や酸化力の測定とは異なって根系を掘り出さなくてもよい。圃場で根系の活力を評価する方法として期待できる。そこで、著者らは水稻とトウモロコシを材料にして、出液速度の日変化、生育に伴う推移、地温の影響、根量との関係などについて検討してきたが、水稻では収量と出液速度との間に相関関係が認められる場合があった。一方、トウモロコシでは、雌穂の登熟と出液速度との間に競合的な関係があることが示唆される場合があった。そこで、本研究では、農家水田で栽培した水稻を対象に、出穂以降における登熟の進行と出液速度の推移との対応関係に着目して解析を行なった。

材料と方法：対象としたのは、1998年千葉県佐倉市の農家水田で慣行栽培したコシヒカリとフサオトメである。5月4日に移植した後、定期的に出液速度を測定した。すなわち、莖数を記録して株の基部をヒモでしばり、剪定バサミを用いて茎葉部を土壌表面から約10cmの高さで切取り、あらかじめ重さを測っておいた綿を切り口につけてサランラップで包み、輪ゴムで止めた。1時間後に綿を外して直ちに持ち帰り、綿の重量を測定して、増加分をそれぞれの株の1時間当たりの出液速度とした。なお、各回の測定個体数は、6-10である。また、出穂から刈り取り直前まで、出液速度を測定した個体の穂を採取し、風乾後、重さを測定した。さらにコシヒカリについては、出穂時に穂を除去した区を設け、出液速度の推移を対象区と比較した。

結果と考察：コシヒカリとフサオトメのいずれの場合も、株あたりの出液速度は生育とともに増加し、出穂期頃に最高となり、登熟過程で減少した。中干しや落水の水管理に対応して、出液速度が減少する時期もあった。株あたりの穂重は、出穂後日数に対応して増加した。そこで、出穂後の出液速度の減少と穂重の増加との関係を検討した結果、両品種とも両者の間に有意な負の相関関係が認められ、登熟が進むにつれて出液速度が減少する様相が明らかとなった。またコシヒカリで除穂した区の出液速度は、除穂の影響が現われたと考えられる処理直後を除き、対照区と比較して、減少程度が緩やかであった。これは、除穂処理に伴う光合成や分配が変化したことが関係していると考えられる。

謝辞：研究材料とした水稻の栽培管理は根本一男氏ご夫妻に全面的にお世話になった。ここに記して謝意を表する。

条抜き有機栽培がコシヒカリの根系生育、収量および玄米品質におよぼす影響

鯨 幸夫\*、佐藤 匠、山田 優也、高橋 利征  
 (金沢大学教育学部、金沢市角間町 920-1192)

6条植えの田植え機の端1条を抜く、条抜き状態でコシヒカリを栽培した場合、条抜き部に隣接した株では群落内部の株よりも1穂粒数が多いため1株あたりの玄米収量も増加する(鯨ら、1998)。しかし、根乾物重の土壌中階層構造や1株あたりの根重には大きな変化は認められていないため、群落内の光条件の違いが生育と収量により多く影響しているものと考えられた(鯨1998)。一方、根乾物重の大小と根系の生理的活力は別の要素であり、根系の構造と機能の両面から生産性を考察する必要があることもまた事実である。本研究では、牛糞発酵堆肥を連用して有機栽培を行っている農家水田(松任市)と、EM菌を利用したほかし有機肥料を連用して有機栽培を行っている農家水田(野々市町)でコシヒカリの条抜き栽培を行い、根系生育、根からのいっ泌液量、収量および玄米品質等を測定し、化学肥料を施用した慣行栽培コシヒカリと比較した。

**材料および方法：**上記に示した農家水田においてコシヒカリを条抜きで有機栽培した。コアサンプル法(φ53mm, 400mmD)を用いた根系調査は7月16日(角間:7/14)と9月24日(角間:9/23)に実施した。条抜き部分に隣接している条および群落内部の3列目について、株間および株直下部分(9月23, 24日のみ)の根系を各3個ずつ採取した。採取した土壌コアは土壌表面から10cmの間隔で分割し、Hydroelute Root Washing Unit (GVF 13000、Primary Sieve 0.41mm, Gillison's co Ltd, U.S.A.)を用いて洗浄した。得られたサンプルをバットに移し、手作業にてゴミ等の混入物を除去したのち80℃で24時間乾物させ根乾重を測定した。根からのいっ泌液量は7月16日に測定した。測定は早朝6時から実施した。平均的な生育を示す株を選び、条抜き部分の隣接株および内部3列目について各々5株を選び、地際から8cm~10cmの高さで切除し、前もって乾燥重量を測定してあるパフを株に乗せて上部をラップで覆い固定させた。1時間経過後、パフを外しクーラーボックス内で保存して実験室に持ち帰り、速やかに重量を測定した。収量調査は9月23, 24日に行い、収量、収量構成要素および玄米の外観評価を行った。食味成分は近赤外食味分析計(GS-2000、静岡製機)を用いて測定した。

**結果および考察：**7月16日の総根乾物重は、群落外側(条抜き側)よりも群落内部で大きい傾向を示した(野々市町)。土壌表層~10cm, 10~20cmおよび10cm以下の階層における根重の場合でも、総根重の場合と同様の傾向が示され、群落内部の条における根乾重の方が条抜き側よりも有意に大きい値を示した。松任市水田では、10cm以下の階層に含まれる根乾重が条抜き部分で有意に大きかった。総根重では有意差は認められなかったものの、群落内部よりも条抜き隣接部の株で大きい傾向が示された。9月24日の株間における総根乾重の分布には、いずれの水田でも条抜きによる有意な差は認められなかったが、群落内部よりも条抜き隣接部の方で総根乾重が大きい傾向が認められた(野々市町、松任市)。収穫期の9月24日における株直下の総根乾重についても、条抜き部分からの距離による有意差は認められなかった。7月16日の1株あたりいっ泌液量および1分けつ茎あたりの泌液量に、条抜き部分からの距離による有意な差は認められなかった。条抜き部分に隣接した株では、地上部のみならず地下部においても利用可能な空間が多くなると考えられるが、根からのいっ泌液量に有意な差異が認められないことから、有機栽培条件下で生育したコシヒカリにおいては、根の生理的な機能に大きな変異はないものと考えられた。収量構成要素としての1穂初数および登熟歩合は、条抜き部分からの距離に無関係であった。条抜き栽培を行わなかった対照区(角間コシヒカリ)と比較すると、総根重、10cm以下の階層に含まれる根乾重等、いずれの場合においても条抜き栽培での生育量が勝っていた。根からのいっ泌液量は、対照区と条抜き区における有意な差異は認められなかった。条抜き栽培を行った場合に生じる生育量の変化は、根の生理活性の程度や土壌中に分布する根の階層構造の変化よりも、むしろ地上部における群落構造の変化として光要因の変化を媒介として生じる現象である、と考えられた。また、玄米の外観評価および食味成分の分析も実施した。

謝辞：実験に協力頂いた、石川県野々市町、三納和之氏および石川県松任市、中野正剛氏に感謝します。玄米の外観品質および食味評価にご協力頂いた、石川スズエ販売(株)杭田忠三氏に感謝致します。



## 水稻の登熟期間における出液速度の品種間差異 ～酒造好適米とうるち米の比較～

大橋善之\* (京都府農業総合研究所)・静川幸明 (現 京都府農業資源研究センター)

(\*E-mail : yoshi@mbox.kyoto-inet.or.jp)

酒造好適米は、玄米中に心白を発現することが、品種上の大きな特性である。心白は、登熟時期のデンプンの蓄積が酒造好適米とうるち米で異なることから発現し、その原因として主に酵素活性の違いや心白発現部の組織特異性等があげられるが、根の生理活性との関連については調査がない。一方、水稻の出液速度は、根の生理機能を比較的簡単に評価でき、また、特別な機器を必要とせず、圃場条件下でも測定できる方法である(森田,1998)。そこで、登熟期間における根の生理活性と心白などの玄米品質との関係を明らかにすることを目的として、今回は酒造好適米とうるち米を用いて登熟期間における出液速度の変化の品種間差について検討した。

### <材料と方法>

京都府農業総合研究所内の水田において京都府奨励品種である酒造好適米「五百万石」(極早生)及び「祝」(中生)とうるち米「フクヒカリ」(極早生)、「日本晴」(中生)及び「祭り晴」(中生)を1998年5月28日に1区15m<sup>2</sup>反復なし、栽植密度22.2株/m<sup>2</sup>(30×15cm)、1株3本で手植えした。施肥は、基肥としてN:0.52、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:1.00、K<sub>2</sub>O:0.49kg/10aを代かき前に施用し、穂肥として酒造好適米はN:0.30、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0、K<sub>2</sub>O:0.30を1回に施用し、うるち米はN:0.50、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:0、K<sub>2</sub>O:0.50kg/10aを2回に分施した。出液速度の測定は、森田の方法(森田,1998)に従って、各品種とも出液速度が最も大きい出穂期とその後低下していく出穂20日後の2回、各6株ずつ実施し、1時間当たりの出液量を穂数で割って1穂当たりの出液速度とした。「祝」及び「日本晴」については、出穂期にルートサンプラーによって条間を深さ20cmまで3反復で掘り取り、深さ5cm毎の根長密度をルートスキャナーで測定した。

### <結果と考察>

極早生の「五百万石」及び「フクヒカリ」では、出穂期(7月31日)の出液速度はそれぞれ0.126及び0.116g/hr/穂で大差なかった。出穂20日後(8月20日)では、「五百万石」はほぼ出穂期と同程度(104%)であったが、「フクヒカリ」で80%に低下した。中生の「祝」、「日本晴」及び「祭り晴」では、出穂期(8月19日)の出液速度は0.138～0.149g/hr/穂で大差なかった。出穂20日後(9月8日)では、「祝」が出穂期の37%、「日本晴」が41%、「祭り晴」が58%であり、「祭り晴」の低下程度が小さかった。また、「祝」と「日本晴」の根長密度は、「祝」がやや上層部の根の占める割合が高い傾向が認められたが、いずれの層位でも有意差は認められなかった。また、根の深さ指数を算出したところ「祝」が6.42cm、「日本晴」が7.09cmとやや「祝」が浅い傾向が認められたが、有意差はなかった。

以上のことから、出穂期の出液速度や根の分布には、各品種間で大きな差は認められなかったが、出穂20日後の出液速度の低下程度には品種間差が認められた。しかし、今回の調査では、酒造好適米とうるち米で出液速度の低下程度の傾向が、極早生品種と中生品種では異なる傾向を示しており、出液速度が直接心白の発現に関与している可能性は低いと考えられた。また、極早生の2品種と中生の3品種で出液速度の低下程度に大きな差が認められたのは、品種間の差だけではなく、測定時期の地温の差が出穂期で1.6℃、出穂20日後で3.7℃あるため、地温が関与している可能性が考えられる。

\*謝辞：本試験を進めるに当たり、水稻の出液速度の測定方法を御教授頂きました東京大学大学院森田茂紀先生に深く感謝いたします。

\*引用文献：森田,1998.日作紀67(別2):50-51

## 塊根小切片から育成したカンショ苗の生育および収量性

山下正隆（九州農業試験場）

現在のカンショ栽培では手作業による苗の移植が行われているため、育苗、挿苗作業の軽労化、省力化の要望は強い。しかし、従来の直播栽培技術は種いもの確保、親いもの肥大等が障害となり、広く普及するに至っていない。そこで、機械移植への適用を前提として塊根小切片を用いた苗の育成技術の開発を行い、ほ場での生育および収量性を検討した。

方法：1個250～300gの塊根（品種コガネセンガン）を用い、一部に皮を残した状態で約10gの小片に切断した。これらの小片をABA 5 ppm水溶液に5時間浸せきした後、30℃で3日間キュアリング処理した。さらに、これらを30℃で約2週間培養し催芽させた。大苗区は3月中旬、小苗区は4月上旬に催芽処理を開始し、萌芽後はセル（210 ml 容紙コップ）に植え替え、自然光下、昼夜25℃で生育させた。萌芽直後区は4月下旬に催芽処理を開始した。各処理区の萌芽率は約30%であった。各苗は5月8日にほ場に定植した。対照区は、3月下旬に伏せ込みして得た約30cmのつるを用い、4～5節に覆土する水平植えとした。大苗区、小苗区も対照区に準じて植え付けた。萌芽直後区は新芽を上にして置き、切片に軽く覆土した。また、定植には黒ボクを充填した深さ1m、面積4m<sup>2</sup>の無底コンクリート枠ほ場を各処理区2枠使用した。各枠とも定植前に深さ40cmまでの耕耘を行い、幅30cm、長さ2mのうね2本を作った。定植直前に1枠当たり200gの化成肥料（N 8 : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12 : K<sub>2</sub>O 20）をうね部に施して土と混和し、1枠当たり10株を植え付けた。生育、収量調査は9月30日に行い、地上部生体重、上イモ数、上イモ収量、イモ形状、イモ長径比、イモ乾物率を調査した。

結果および考察：地上部重は萌芽直後区が最も多く、次いで大苗区、小苗区、対照区の順であった。萌芽直後区は地上部／イモ重比が1.5となり、いわゆるつるぼけ状態を呈した。不定根は覆土中の新芽節部から多数発生しており、切片から直接発生した不定根はまれであった。移植時の覆土が薄い萌芽直後区では新芽の基部から発生した不定根が数本であった。収穫時の切片で肥大したものはなく、多くは腐朽していた。株当たり上イモ数は大苗区が最も多く、次いで対照区、小苗区、萌芽直後区の順であった。10a当たり上イモ収量は大苗区が4.7tで最も多く、次いで対照区、小苗区が3.5t程度、萌芽直後区が約3tであった。乾物率は対照区が約39%で他の処理区に比べて4～5%高かった。紡錘形でくびれや縦溝の少ないイモを良形イモとした場合、大苗区では約90%、小苗区では約70%が良形イモであった。これに対し、萌芽直後区は約50%、対照区は約20%であった。長径比は2～4で萌芽直後区が最も細長く、対照区、小苗区は丸形であった。

以上のように、大苗区は地上部の生育、上イモ収量、イモ形状のいずれにおいても対照区より優れていた。これは、1) 移植時の植え傷みがほとんどなかった、2) 切片からの養分供給により初期生育が促進された、3) 不定根の形成、生長が旺盛であったこと等によると考えられた。従って、塊根小切片を利用したセル苗化は機械移植対応技術として有望である。

## カボチャ根導管液に存在する緑化制御物質に関する研究

筑波大学生物科学研究科 加藤千尋 生物科学系 佐藤忍

高等植物の導管は根で吸収した水や無機栄養素を運ぶ機能に加えて、根で合成された植物ホルモンや糖質、タンパク質などの多様な有機物質を導管液の流れに乗せ、器官間の情報交換や植物個体全体の調節・維持に関わっていることが示唆されている。実験材料として用いたウリ科のカボチャは、強力で効率の良い根系に由来する高い根圧によって、容易に根導管液を採取することが可能である。このカボチャの根導管液中にはタンパク質が約 20  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 含まれているが、これらのタンパク質の果たす生理機能は今のところ不明である。私の所属する研究室ではかねてから、カボチャの根導管液中に存在する高分子性の新規生理活性物質の単離精製を同じウリ科であるキュウリを検定材料として行っている。その結果、分子量約 3,000 ~ 5,000 の画分にキュウリの黄化子葉の緑化を促進する活性が、分子量約 1,400 の画分に緑化阻害活性があることが見いだされている。本研究では、導管を介した地上部と地下部器官の相互作用の機構の一端を明らかにすることを目的に、1) カボチャ植物体に根を介して、様々な環境処理を行うことによって、誘起されてくる導管液に存在する生理活性物質の変動の調査と、2) 導管液中に存在する新規高分子量の緑化促進物質の精製を行った。

1) 温室で鉢植えされたカボチャに、強い乾燥と灌水を繰り返す「乾湿」処理、植木鉢の下に水を張ったバットを敷き、いつも根に水が供給されている状態を保った「連湿」処理、追肥を与えずに育てた「肥料（窒素）欠乏」処理、植物全体を寒冷紗で覆って光量を自然光の 10%にした「遮光」処理を行い、葉の生重量とクロロフィル含量を測定し植物体の状態を調べた。また茎を切断し導管液を採取したところ、遮光処理では液量が他の処理区に比べて激減した。次に、これらの各処理区から得られた導管液をゲル濾過により分画し、キュウリの黄化子葉の緑化のバイオアッセイ系にかけたところ、肥料（窒素）欠乏により新たな緑化阻害性の出現が、また乾湿処理により高分子量の緑化促進物質の増加が観察された。

2) ゲル濾過で得られた高分子量の緑化促進画分（分子量約 5,000~3,000）を HPLC の逆相カラム(ODS)にかけたところ、活性は 30~40%アセトニトリルで単一ピークとして溶出された。この活性画分を FPLC ゲル濾過（Superdexpeptide HR 10/30）にかけたところ、活性物質は、分子量 2,300 と算定された。また、この画分を熱・TFA で処理しても活性の低下は見られなかったが、プロメラーゼの処理で活性の失活が見られた。

以上の結果から、カボチャの根で生産される導管液中にはキュウリの黄化子葉の緑化を促進/阻害する生理活性物質が存在し、その根における合成が、環境要因によって変動すること、またそのうちの一つの促進物質は、ペプチド性の新規物質であることが示唆された。今後はこの物質の精製を進めるとともに糸の合成量の変動と作用機光を調べることにより、植物個体における生理機能を明らかにしていきたいと考えている。

## *C. spectabilis* のすき込みによる後作コムギの根の生長抑制

大門弘幸\*・琴浦 聡 (大阪府立大学農学部)

*Inhibition of root growth in wheat plant by incorporation of  
Crotalaria spectabilis as green manure.*

Hiroyuki DAIMON and Satoshi KOTOURA

(Department of Plant Science, College of Agriculture, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka 5998531,  
e-mai : daimon@plant.osakafu-u.ac.jp)

熱帯原産のマメ科植物であるクロタリリア属 (*Crotalaria*) 植物は、高い乾物生産能力と窒素固定能力を有し、また土壤中の植物寄生性有害線虫の密度低減効果を持つことから、緑肥作物として野菜畑や水田転換畑への導入が試みられている。演者らは本属植物の緑肥利用に関する研究を特に固定窒素の動態の観点から進めているが、すき込み直後に後作物の初期生育が抑制されることをしばしば認めている。そこで、本研究では、代表的な種である *C. spectabilis* をすき込んだ際の後作コムギの根の生長について調査した。

### 1. 根箱を用いた観察

1998年5月22日に大阪府立大学農学部実験圃場において、異なる播種密度条件 (低密度区: 1g/m<sup>2</sup>, 中密度区: 5g/m<sup>2</sup>, 高密度区: 10g/m<sup>2</sup>) で播種した *C. spectabilis* (品種: ネマクリーン) を9月22日に刈取り、火山灰土壌を充填した根箱 (37×30×3cm) に生重で100gを施用した。施用後30日目にコムギ (品種: 農林61号) を播種し、播種後10, 20, 30日目に根系をOHPシートにトレースした。また、40日目にピンボードを差し込み根箱を解体して地上部および層位別の地下部の乾物重を測定した。各区間における根系発育の差異は、播種後20日目から認められ、30日目および40日目には高密度施用区 (高播種密度で生育させた材料を施用した区) では、根系発育の抑制が観察された。40日目における個体あたり乾物重には密度施用区間に有意な差異は認められず、高密度区における分枝根の発育の抑制が示唆された。

### 2. 器官別のすき込みがコムギの生育に及ぼす影響

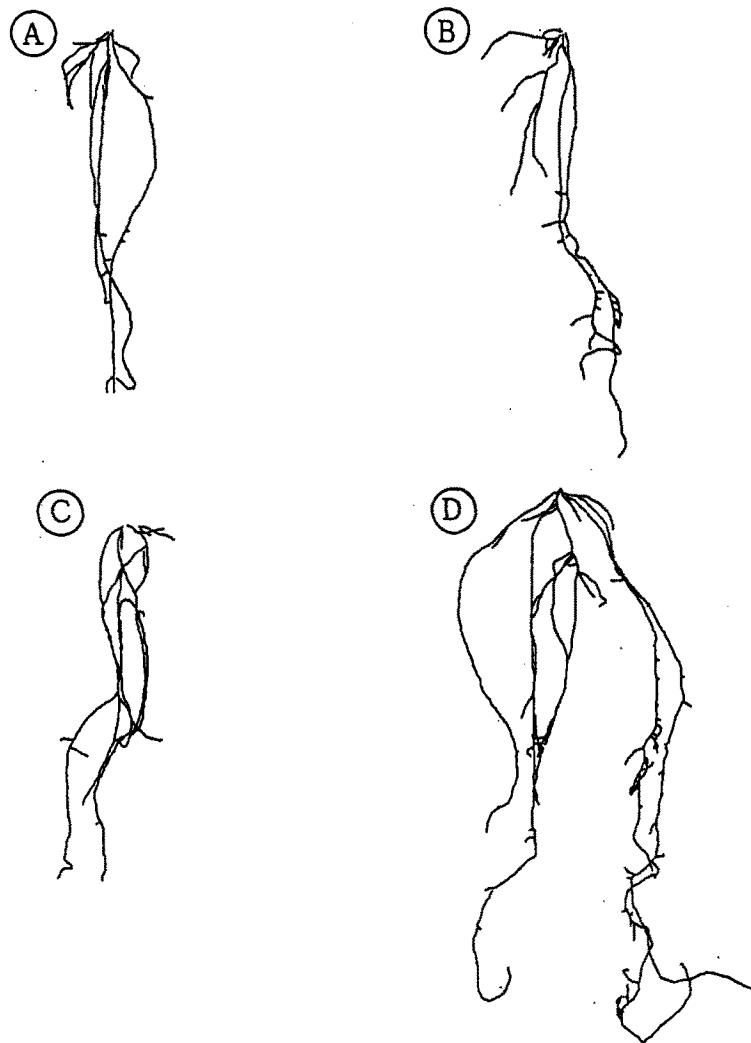
上述と同様に異なる播種密度で栽培したすき込み試料を葉と茎に分け、それぞれ生重で100gを火山灰土壌を充填した1/5000aワグナーポットに施用してコムギを栽培した。播種後60日目における個体あたり乾物重は、葉施用区が茎施用区に比べて低い値となり、茎施用区では高密度施用区において地下部の乾物重が明らかに小さかった。

### 3. グロースパウチを用いた地上部搾汁液施用による影響の評価

異なる播種密度条件で栽培したすき込み試料の栽培期間の違いがコムギの根系の発育に及ぼす影響を検討した。上述と同様に栽培した *C. spectabilis* を播種後60, 80, 100日目に刈取り、葉と茎に分けそれぞれ生重で10gを但野・田中の培養液中で破碎して搾汁液を調整し、グロースパウチに30mlずつ

施用した。コムギの催芽種子をグロースポウチに移植し20日間生育させた後に総根長を測定した。いずれの時期に採取した試料の搾汁液を施用しても、総根長は対照区に比べて低い値を示し、密度区間では高密度施用区で低い傾向が認められた（第1図）。さらに、葉施用区では茎施用区よりも総根長が強く抑制され、また100日目の搾汁液施用区では他の時期の試料施用区に比べて個体あたり乾物重がより小さかった。

以上のように、異なる播種密度で栽培したすき込み試料間でコムギの生育には差異が認められ、高密度施用区における生育抑制物質の存在が示唆された。この現象は茎施用区よりも葉施用区において顕著であり、*C. spectabilis* の生育初期から蓄積され、生育にともなって増加する物質によって引き起こされる可能性が示された。



第1図 異なる播種密度で生育させた*C. spectabilis* の播種後100日目における葉の搾汁液の施用がコムギの根系発育に及ぼす影響。

A：低密度施用区 (1g/m<sup>2</sup>)    B：中密度施用区 (5g/m<sup>2</sup>)  
 C：高密度施用区 (10g/m<sup>2</sup>)    D：対照区 (培養液のみ施用区)

## チャとサザンカ、ツバキにおける 塩類耐性の種間差異について (予報)

松尾喜義 (野菜・茶業試験場茶栽培部)

(連絡先: 428-8501静岡県榛原郡金谷町金谷2769野菜茶試、

TEL: 0542-45-4101(代)、E-mail: matuok@tea.affrc.go.jp)

Inter-specific Difference of Salt-tolerance in Tea (*Camellia sinensis*),

Sasanqua (*C. sasanqua*) and Camellia (*C. camellia*), a preliminary report

Kiyoshi MATSUO (National Research Institute of Vegetables, Ornamental plants and Tea)

玉露など高品質な緑茶は遊離アミノ酸をはじめとする窒素成分の含有率が高いことから、遊離アミノ酸濃度や全窒素濃度が、茶の品質評価基準とされてきた。そのような背景があつて、茶の栽培は通常の作物では例のない多肥栽培 (窒素成分で100kg/10a/年以上) が長年行われてきたため、硝酸性窒素による地下水汚染や亜酸化窒素ガスの揮散など、過剰施肥による環境汚染が顕在化し、早急な施肥量削減が求められている。また、茶園の施肥は、畝間の幅約30cmの範囲に局所施用されるため、多量の施肥によって畝間の吸収根が枯死・消滅して養分吸収効率が低下し、それを補うためなお一層過剰な施肥に陥ってしまうという悪循環が発生している場合が多い。

今後、施肥量を必要最小量に抑えた茶の栽培技術を開発するためには、大きな養分吸収機能を持った根系を配置し、吸収根の近傍に完全に吸収される量の施肥を行って、吸収効率を向上させ、吸収されずに流亡する肥料成分を最少にすることが必要である。その前提として、茶樹根系の養水分吸収機能におよぼす肥料塩類濃度の影響が詳しく解明される必要がある。ここでは、そのための予備検討として、塩類溶液に対するチャとサザンカ、ツバキの塩類耐性の種間差異について比較した。

### <材料と方法>

赤玉土を詰めた容量500mlのポリ容器 (底穴あり) に、1ポットに10株をさし木・育成した3年生さし木苗をポットごと供試した。チャは'やぶきた'を含む4品種で、サザンカとツバキは野菜茶試 (金谷) 場内に植栽された株由来 (品種名不詳) である。1998年9月上旬から、硫酸アンモニウムと硝酸カルシウムの10mM、20mM、30mM、40mM (後者のみ) の溶液に、腰水状態でポットの下部約4cmを浸漬する処理を行った。その後の苗の状態と落葉程度を観察し、1999年4月下旬に萌芽した株を計数して生存株とした。浸漬処理は、深さ約5cmの角型ポリバットに、チャの苗4ポットとサザンカ、ツバキ各1ポットを入れて6ポット同時に行い、2反復とした。蒸散によって失われる水は、処理開始後1回目のみ所定の塩溶液を補給し、その後は水道水を補給した。無処理区は水道水で同様に腰水処理した。処理は無加温のガラス室内で実施した。この処理と並行して8品種のチャ苗 (ポット容量1リットル) について、上記2種の塩類のほか硫酸カリウムについて、30mMと60mMで浸漬処理を行った。

### <結果と考察>

塩溶液の処理濃度は、溶液調整時の濃度であり、実際の根系近傍の濃度は、水分蒸散による濃縮、樹体による吸収、そのほかの外部要因によって変動していると考えられるが、測定は行わなかった。

チャでは、処理開始から1カ月日以降に成葉が褐変落葉しはじめ、3ヶ月後には多くの株で生存葉が少なくなった。成葉の枯死は、塩溶液の濃度が高いほど早く起こり生存葉も少なかった。一方、サザンカとツバキでは、成葉の枯死はチャに比べて明らかに少なく、特にツバキで顕著であった。サザンカでは、厳寒期に葉が紫色に変色する株が、高濃度処理区で多かった。成葉の枯死落葉の程度と株の生存とは密接に関連し、より早い時期により多くの成葉が落葉した処理区で枯死株が多かった。チャの品種系統間で差異は明らかではなかったが、硫酸カリウム処理では他の2塩類より生存率が高かった。

以上から、チャに比べてサザンカとツバキでは塩類浸漬処理に対する抵抗力が大きいことが明らかになったが、耐性の差異をもたらす原因についてさらに追跡する必要がある。

表1、チャ、サザンカとツバキにおける生存率

塩の種類	濃度mM	生存株率 (%)		
		チャ	サザンカ	ツバキ
硝酸カルシウム	10	40	95	100
	20	23	75	70
	30	9	55	75
	40	3	45	95
硫酸アンモニウム	10	31	85	95
	20	18	75	70
	30	15	80	80
無処理 (水道水)	-	49	80	85

表2、チャの生存率におよぼす塩類の影響

塩の種類	濃度mM	生存株率 (%)
硝酸カルシウム	30	21
	60	1
硫酸アンモニウム	30	19
	60	3
硫酸カリウム	30	55
	60	35
無処理 (水道水)	-	62

注) 生存率は、さし木本数を母数とした2反復の合算値である。

## 茶樹根の電位と呼吸活性との関係

○本間知夫・畑 康久 (野菜茶試・茶栽培部)

(Tel : 0547-45-4654 E-mail : homma@tea.affrc.go.jp)

### 【はじめに】

演者らは生体電位計測による根の機能評価法に関する一連の研究を行っており、本研究集会においても根の障害と電位変化の関係について報告してきた。根の機能(障害程度)を表す指標として根の呼吸活性に着目し、酸素電極法、O<sub>2</sub>アップテスター法で測定してきた。特にO<sub>2</sub>アップテスター法は根の呼吸活性をそのまま測れることから適当な方法と考えていたが、坂本らの報告<sup>1)</sup>から測定条件によってかなり活性値が左右されることが明らかとなっている。そこで本研究では、O<sub>2</sub>アップテスターによる茶樹根の呼吸活性測定の際の諸条件について検討すると共に、根の電位と呼吸活性の関係について検討した結果を報告する。

### 【方法】

1. 材料: 1年生鉢植苗、1年生水耕苗、2年生鉢植苗(品種‘やぶきた’)を供試した。
2. 電位測定: 1年生水耕苗を基部下部より切断して根だけとし、切断部を基準電極液(10mMKH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>+K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 10mMNH<sub>4</sub>Cl, pH6.5)に浸し、この基準電極液にAg/AgCl電極を入れた。根は水耕液に浸し、基準電極が塩橋を介して水耕液に置き、両電極間の電位すなわち根全体の電位を測定した。また、水耕苗より白色根を3cm先端より切り取り、切り口を基準電極液に浸し、根全体の電位測定と同様の方法で根1本の電位を測定した。
3. 呼吸活性測定: 各材料の根及び根全体の電位を測定したサンプルについては、O<sub>2</sub>アップテスターにより呼吸活性を測定した。根1本については、酸素電極法で呼吸活性を測定した。いずれの根も測定後、80°Cで16時間乾燥し、 $\mu\text{molO}_2/\text{gDW}/\text{h}$ で酸素消費量を算出した。

### 【結果及び考察】

O<sub>2</sub>アップテスターにより測定した各苗の呼吸活性は1年生鉢植苗:  $13.85 \pm 2.04$  (n=11)、1年生水耕苗:  $30.60 \pm 7.65$  (n=15)、2年生鉢植苗:  $8.77 \pm 0.73$  (n=10)となった。この呼吸活性値の違いは苗のエージの違いが原因とも考えられたが、図1に示すように根重(乾燥重)が大きくなると活性値が小さくなったことから、反応容器中の根への酸素供給が問題となっているものと思われ、測定時口は根量を揃えることが必要と考えられた。

電位と呼吸活性の関係については、図2に示すように、現在のところ特に明確な関係は見出せなかったが、電位がマイナスになるほど呼吸活性が大きくなる傾向はあるようだった。今回用いた水耕苗の根は根変化した根が多かったのに対し、根1本で電位測定する際は白色根を選んで測定したので、この違いが、電位値の違いとなっているようにも思われた(根全体の電位:  $-18.84 \pm 6.16\text{mV}$  (n=14)、根1本の電位:  $-31.76 \pm 7.22\text{mV}$  (n=8))。今後は更に根の抵抗値測定等の電気的特性測定を進め、根の機能を電気的手法により評価する方法の確立を目指す。

1) 坂本・渡邊・岡野: 培養液の攪拌速度がトマト根の呼吸及びイオン吸収速度に与える影響、根の研究、7(4), 123(1998)

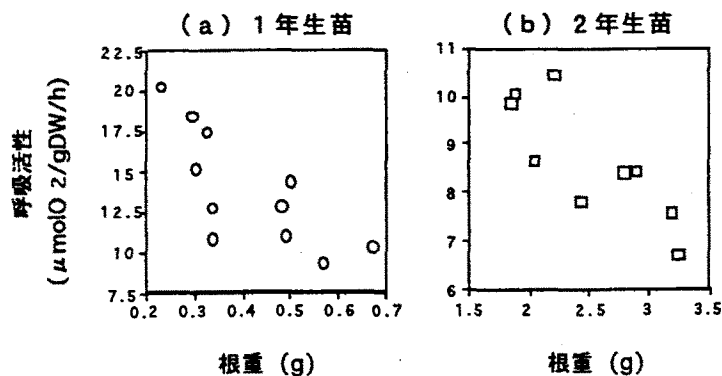


図1 根量と呼吸活性の関係

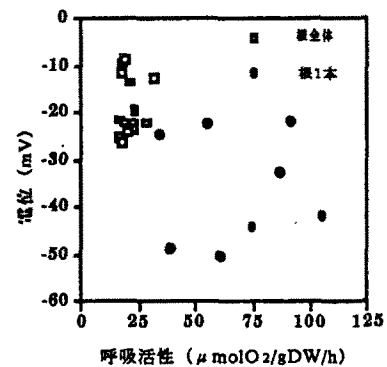


図2 電位と呼吸活性の関係

施肥法の違いによるニンジンの根系分布  
片山勝之・三浦憲蔵・皆川望（農研センター）

肥料の利用効率を高めるために緩効性肥料の施用や局所施肥が行われる。根菜類では種子の直下に施肥すると岐根が多くなることから、本試験では種子の側条下に局所施肥を行い、根系分布及び正品収量を標準施肥栽培と比較した。[材料と方法]1998年8月1日に播種機を条間15cm、株間8cm、播種深度2cmに調節してコト種子(向陽2号; 特選種苗)を3粒ずつ播種した。畦幅が1.1mの4条平畦栽培で、間引き後に33,333株/10aとした。処理は化成標準量全面全層施用区(化全区)、化成半量全面全層施用区(化半全区)、化成半量条間帯施用区(化半帯区)及び化成半量条間溝施用区(10cm深)(化半溝区)とした。施肥は化成とLPコト70を用い、化全区は10a当たり25Nkg, 15P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>kg, 25K<sub>2</sub>Okg(茨城県施肥基準)、他の区は窒素とリン酸のみ半量として7月27日に施用した。収穫時(11月27日)に収量及び外観品質を調査した。また、播種後77日に改良モリス法で根系を採取して根系分布を調査した(文献1)。[結果と考察]化全区、化半全区、化半帯区では作土層に根が多く、その下層にも根の分布が認められたが、化半溝区では施肥中心部(第1表の2)を避けて根の分布が多くあった(第1表)。この施肥中心部の土壌のアンモニア態窒素濃度は1.47mg/100g乾土と他の処理区に比べおよそ2倍高かったことから、局所施肥により肥料濃度が高くなり硝化作用が停滞してアンモニア態窒素のまま土壌中に残っていたことが推察される。アンモニア態窒素が多くなるとニンジンの生育は劣ることが報告されており(文献2)、化半溝区では高濃度のアンモニア態窒素によって根の発達が抑制されたものと思われる。また、化半溝区では沍腐れや根腐れの障害が多く、正品収量は他の処理区に比べ最も少なかった(第2表)。沍腐れや根腐れは病菌だけでなく、施肥過多によっても起こることから局所施肥による影響が考えられる。[引用文献]1. Murakami and Yoneyama 1988. Plant Soil 105, 287-289. 2. 大沢 1965. 大阪府大紀要. B16, 13-57.

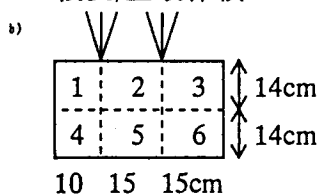
第1表 播種77日後のニンジンの根長密度。

処理	根長密度 (cm/cm <sup>3</sup> ) <sup>a)</sup>					
	1 <sup>b)</sup>	2	3	4	5	6
化全	0.23	0.22	0.20	0.15	0.17	0.12
化半全	0.08	0.19	0.18	0.18	0.16	0.13
化半帯	0.10	0.20	0.13	0.10	0.10	0.08
化半溝	0.14	0.09	0.12	0.11	0.28	0.13

第2表 正品収量及び障害別にみたニンジンの全体に占める割合。

処理	正品収量 kg/10a	障害別 (%)				
		屑	岐根	裂根	沍・腐	曲根
化全	2855	8.4	1.6	5.4	5.8	5.9
化半全	2795	4.2	0.8	7.0	2.5	5.7
化半帯	2398	9.2	4.0	6.7	7.4	12.0
化半溝	2016	10.6	3.6	8.6	14.8	6.0

a) 根長/土壌体積





異なるリン酸パッチサイズに対するダイズ根の形態反応  
久米 貴志\*・矢野 勝也・山内 章・飯嶋 盛雄・巽 二郎  
(名古屋大学大学院生命農学研究科)

Morphological responses of soybean roots as affected by sizes of phosphate-patches  
Takashi KUME, Katsuya YANO, Akira YAMAUCHI, Morio IJIMA and Jiro TATSUMI  
( Graduate School of Bioagricultural Sciences, Nagoya University )

局所的に養分濃度の高い土壌空間（養分パッチ）で、植物の根が特異的に発達することはよく知られており、養分獲得のための適応反応と考えられている。しかし、この反応には少なからずコストが伴う。従ってパッチサイズが小さい場合には、パッチ外部で根が発達する確率が高くなりコスト過剰に陥ることも予想される。そこで本研究では、パッチ状にリン酸を施用した土壌条件下で、パッチサイズとパッチ内外部に存在するダイズ根の外部形態との関係を調査した。

材料と方法

コンテナ容器（内径30cm×30cm、高さ10cm）に赤玉土を充填し、第1図のように土壌表層を4分割、16分割、36分割したそれぞれ半分の分割のみに過リン酸石灰を施用した（それぞれ2/4P、8/16P、18/36P区）。同時に、全面に均一に過リン酸石灰を施用する処理区も設けた。なお、いずれの処理区においても、容器当たりの過リン酸石灰施用量（1.5g）は全て等しかった。また、硫酸・塩化カリはそれぞれ容器当たり0.5gを全面に均一に施用した。このように調整したコンテナ容器で、ダイズ（品種：フクユタカ）を栽培した。播種後8週目に、ピンボードを用いて根系構造をできるだけ乱さないようサンプリングを行った。サンプリングした根系をリン酸パッチ内部と外部とに切り分けて、それぞれ乾物重および根長測定に供試した。根長は、木村（1998）の画像解析法に従って、直径別に測定した。

結果と考察

ダイズの根はリン酸パッチの内部でより発達した。根系全体の乾物重は2/4P区で最も小さく、パッチサイズが小さくなるにつれて増加する傾向がみられた。一方、パッチ内部に占める乾物重の割合では、2/4P区が約70%と最も大きかった（第1表）。つまり、2/4P区は根系全体への乾物投資が最も少なく、その少ない投資をパッチ内部により優先して分配していたことになる。しかし、パッチサイズが小さくなるにつれて、パッチ外部での乾物が増加し、根系全体の乾物重も増加していった。また、根系全体の総根長は乾物重が最も少ない2/4P区で最も大きかった（第1表）。しかし、パッチサイズが小さくなるにつれて、両者の差は小さくなった。パッチ内部での比根長も、パッチサイズが小さくなるにつれて減少した。さらに根の直径別に根長を調査した結果（第2図）、直径が0.3mm前後の細い根がパッチ内部で特異的に増加していた。しかし、ここでもパッチサイズが小さくなるに従って、パッチ内外部の差が小さくなる傾向が認められた。

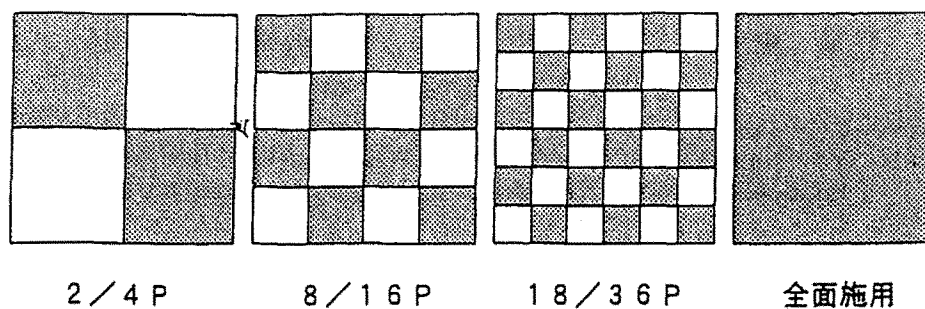
以上の結果から、ダイズにおいては、直径0.3mm前後の細い根がリン酸パッチに鋭敏に反応して根長を増加させるが、パッチサイズの減少に伴ってパッチ外部にはみ出す根が増加し、コスト増加を引き起こす可能性が示された。

謝辞

本研究では、東北大学大学院農学研究科の木村和彦氏が作成した根長測定用マクロプログラムを使用させていただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

引用文献

木村和彦 1998. 画像解析による根長と根の直径の測定—その1. 実践編— 根の研究7: 8-11.

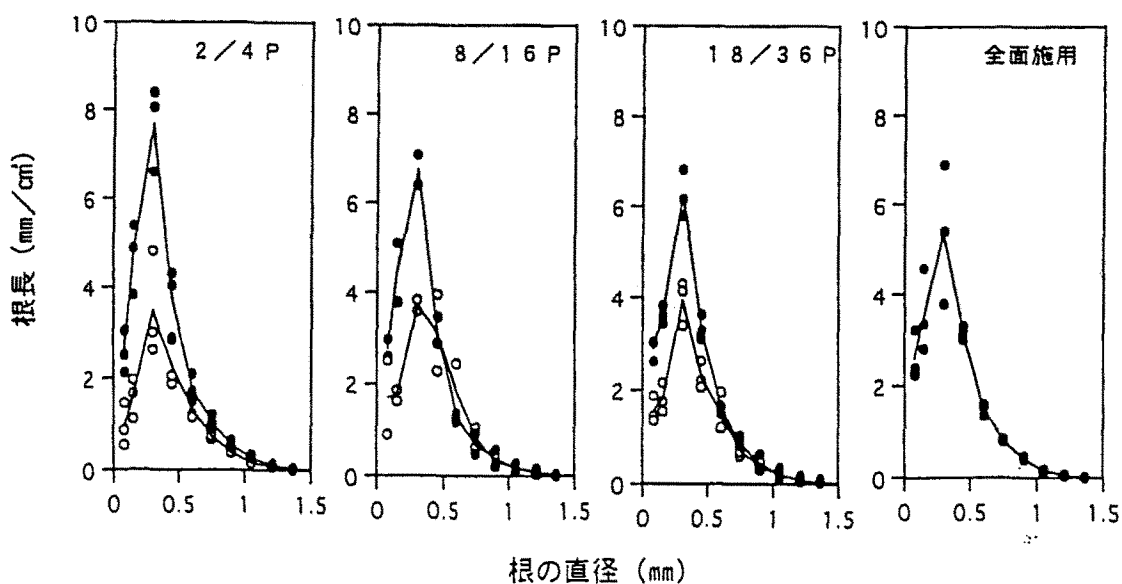


第1図 各処理区のリン酸施肥様式。  
黒く塗りつぶした部分にのみリン酸を施用した。

第1表 異なるリン酸パッチサイズにおけるダイズ根の乾物重，根長および比根長。

	根乾物重 (g/個体)			根長 (m/個体)			比根長 (m/g)		
	パッチ内部	パッチ外部	根系全体	パッチ内部	パッチ外部	根系全体	パッチ内部	パッチ外部	根系全体
2/4 P	0.86 (67)	0.43 (33)	1.29	107 (68)	50 (32)	158	125	117	122
8/16 P	0.71 (55)	0.59 (45)	1.30	89 (64)	49 (36)	137	124	82	105
18/36 P	0.89 (60)	0.60 (40)	1.49	89 (62)	53 (38)	142	100	88	95
全面施用	1.59 (100)		1.59	116 (100)		116	73		73

カッコの中の数値は根系全体に対するパッチ内部，外部のパーセンテージを示す。



第2図 各処理区における根の直径別根長。  
黒丸はリン酸パッチ内部，白丸はパッチ外部の根長を表す。  
実線は3個体（8/16は2個体）の平均を表す。

## 蛍光色素を用いた根系における水移動経路の推定

端場純子\*・山内章・飯嶋盛雄・矢野勝也・巽二郎

(名古屋大学大学院生命農学研究科)

植物根における放射方向の水の移動経路はアポプラストとシンプラストとに大きく分けられる。そしてアポプラストの経路はカスバリー帯によって遮断され、そこから水はシンプラストへ移行すると考えられている。本研究では、アポプラストのトレーサーである蛍光色素 Sulphorhodamine G、PTS の水溶液をインタクトな根系から吸収させ、表皮から導管に至るまでの経路において、これらの色素が蓄積する部位で水がアポプラストからシンプラストへ移行すると考え、水移動経路を特定しようとした。この吸収実験では下皮と内皮にカスバリー帯をもつトウモロコシとイネ、内皮にのみカスバリー帯をもつコムギを比較した。また、トレーサーとしての性質が特定されていない Rhodamine B についてもその移行性を調べた。

### <材料と方法>

トウモロコシ (品種; ホワイトポップ)、コムギ (品種; 農林 61 号)、イネ (品種; 日本晴) を人工気象室 (28℃、相対湿度約 70%、12 時間日長) 内でそれぞれ水耕栽培した。播種後 7 日目に Rhodamine B (分子量 479)、Sulphorhodamine G (分子量 552)、PTS (分子量 524) をそれぞれ溶解させた水耕液 (濃度 0.5mmol/l) に植物体を移植し、数時間後に根系を採取した。種子根軸の基部から向頂的に数ヶ所の徒手横断切片を作製し、光学および蛍光顕微鏡による観察を行った。しかし、これらの色素は水溶性であり、徒手切片作製中に移動する可能性がある。そこで、色素がサンプリング時から横断切片作製時までまったく動かないようにするために、採取した根系をただちに液体窒素で凍結させ、凍結置換法により Supper 樹脂に包埋し、準超薄切片を作製しあわせて観察した。またこの方法によれば、徒手切片法では不可能であった側根の横断切片も作製可能であった。

### <結果と考察>

種子根軸において、Sulphorhodamine G はコムギでは皮層柔組織まで移行した場合が認められ、少なくとも皮層柔組織まではアポプラストの経路が続いている場合があると考えられた。さらに導管内に Sulphorhodamine G の蛍光が観察されることもあった。このことは、表皮から導管に至る連続したアポプラストが存在することを意味する。この経路として、種子根軸に比べて構造が単純な側根経由と、カスバリー帯がまだ未発達な種子根軸の根端経由が考えられる。これまでに種子根軸のさまざまな部位やそこから発生している側根の観察をしてきたが、これらの経路の存在を確認する結果はまだ得られていない。

イネでは大部分の切片において表皮または下皮の辺りで色素の移行は止まっていたが、種子根軸基部寄りの切片において、下皮より内側の皮層内厚壁組織に蓄積が認められるものがあった。このことは下皮のカスバリー帯の発達が均一ではなく、皮層内厚壁組織の内側から初めて水がシンプラストに入る経路が存在する可能性を示唆している。

一方、トウモロコシにおいては、下皮より内側まで同色素が移行する場合は一例も観察されなかった。

Rhodamine B は、トウモロコシやイネにおいても皮層柔組織だけではなく、導管にまで移行していることが観察され、インタクトな根で吸収されシンプラストを通過する数少ない蛍光色素の 1 つである可能性が示唆された。PTS はアポプラストのトレーサーとして知られているが、Rhodamine B と同様にトウモロコシやイネの皮層柔組織にまで侵入することが観察された。

側根については、Rhodamine B がトウモロコシ、イネ、コムギのいずれにおいても表皮から皮層、導管まで侵入しているのが認められたが、他の色素についてはまだ不明である。

## 根域内で局所分布する窒素に対するトウモロコシ根系の発育反応

田中佐知子\*・山内 章・飯嶋盛雄・矢野勝也・巽 二郎 (名古屋大学大学院生命農学研究科)

作物の根は土壤中に不均一に分布している養分に対して、可塑的に根系を変化させて反応する。また、根系は異った形態・性質を持つ数種類の根から構成されており、根圏環境に対してそれぞれが異なった反応をすることも明らかになってきている。

本研究は、根域内の窒素分布および根系構成のヘテロ性に着目し、それらの相互作用で決定される根系構造を定量的に明らかにし、最終的には、根系形成のためのコストとその根系によって得られるベネフィットの関係に基づき、根系の理想型を考察をしようとして着手したものである。前回(第10回根研究集会)では、窒素の根域内での存在位置によって、根系は特異的な反応を示すことを報告した。しかし、その実験で使用した培地は窒素のみを含み、他の養分を含まなかったため、根系の示した反応が、窒素の存在によって引き起こされたのか、あるいは窒素吸収に伴って生じた急激な培地のpHの変化によるものなのか明瞭に区別することができなかった。そこで本研究ではpHの急激な変化が生じない培地において、培地の下半分のみ窒素が存在する場合の根系生長反応および窒素吸収量を調べた。この結果より、根系が可塑的な生長反応を示したことによる窒素獲得効率の変化を定量的に評価した。

【材料と方法】直径3.1cm、長さ10cmの2本の透明のパイプに、0.5%寒天を充填し、厚さ2mmのワックス層を挟み、接着した。寒天はMES緩衝液を20mMとなるように添加し、窒素を含まないもの(NF)、2mM-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、2mM-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>をそれぞれ含むもの(NO、NH)の3種類を作成した(なお、窒素以外の養分はいずれにも充分与えた)。上層にはいずれの場合もNFを、下層にはNF、NO、NHの3種類を用いて3処理区を設けた。供試材料としてトウモロコシ(Robust; タキイ)を用いた。あらかじめ催芽した種子を培地に播き、30℃、12時間日長下で栽培した。反復は3とし、播種後10日にサンプリングした。

## 【結果の概要】

地上部乾物重はNO区>NH区≒NF区(それぞれ59.1, 46.6, 44.7mg/個体)であった。全根長はNF区>NO区>NH区(3070, 2801, 2129mm/個体)で、根長を下層への分配割合(下層に存在する根長/全根長)で見ると、NO区>NH区>NF区(0.51, 0.46, 0.29)であった。これは側根数・長(特に長さ)が下層で大きくなった結果である。また地上部の窒素量獲得量は個体当たりで、NO区1.12, NH区0.57mg/個体であった。

ここで、根系が窒素の局所施肥に対して反応せず、根長分配割合を変えなかった(つまりNF区と同じ割合だった)と仮定すると、下層での総根長はNO区812, NH区617mmとなる。地上部の窒素獲得量を窒素の存在する層(下層)の根長で除して求めた、単位根長当たりの窒素吸収量はNO区0.78, NH区0.57 μg/mmであったことから、根が可塑的に反応しなかったと仮定した場合の個体当たりの窒素獲得量はNO区0.63, NH区0.35mg/個体と計算される。このことから、根系が可塑性を発揮したことにより、個体当たりの窒素の獲得量はNO区で77%(1.12/0.63)、NH区で63%(0.57/0.35)増加したと言える。

【考察および今後の課題】窒素が下層に存在することにより、下層の根系発達が促進されるだけでなく、存在しない上層でも影響を受けて、根系発達が抑制されることが明らかになった。トウモロコシの根系は乾物を効率よく窒素の存在する層に分配し、窒素を獲得したと言える。また、前回の実験で見られた7pH態窒素処理区での根の伸長抑制は、pHの急激な変化によって生じたもので、7pH態窒素そのものは根の伸長生長を抑制しないと見える。

窒素獲得の効率についてより厳密に議論するためには、根系および種子に含まれる窒素量を計測する必要がある。また、培地中の窒素量が処理区間で異なること、またその影響によると思われる地上部乾物の絶対量にも差異があることなど、比較・評価する上でまだ不十分な点がある。そこで、同じ資源量が均一に分布する場合および不均一に分布する場合の比較をする必要がある。さらに、長い時間観察できる実験系を試作中である。その系を利用して、資源獲得に要する時間のファクターを加味したコストベネフィット関係の定量的評価を行う予定である。