

NPO無施肥無農薬栽培調査研究会・平成12年度研究報告会

開催日時：平成13年3月15日（木） 13:30 ～

会 場：無施肥無農薬栽培調査研究会 会議室

表題・報告者

1. 平成12年度無施肥無農薬栽培水稻の収量性と産米の品質について…… 奥 村 俊 勝
2. 生育期間中のSPAD値の変化による長期無施肥無農薬栽培水稻の
識別法の開発 …… 竹 内 史 郎
3. 無施肥無農薬栽培による温州ミカンの品質について …… 水 谷 信 雄
4. 無施肥無農薬栽培でのエンドウの収量と品質について …… 水 谷 信 雄
5. 「黒大豆」の無施肥栽培 …… 田 尻 尚 士
6. 無施肥無農薬田で栽培されたイネの葉身の形態について …… 芦 田 馨
7. 無施肥無農薬栽培水田の土壌分析 …… 森 本 正 則
8. 無施肥無農薬栽培と慣行栽培を行った園芸植物の気孔について… 水谷信雄・芦田 馨

平成13年3月15日

平成12年度無施肥無農薬栽培水稻の収量性と産米の品質について

報告者 奥村俊勝

長年に亘って調査対象であったR B田の平成12年における玄米収量が、例年になく高収となった原因を、本年度と他年度との水稻体収穫物のデータ比較を通して探り、無施肥栽培における増収のための栽培技術的方策を考える。

1. R B田中央部における玄米収量および収量構成要素と収穫物形質量の平成12年産と平成9年産の対比

栽培品種					
ベニアサヒ	1 m ² 当たり玄米収量(g)	1 株穂数 (本)	1 穂粒数 (粒)		
平成12年度産	436.4	10.4	117.7		
平成9年度産	406.7	10.0	113.9		

稔実歩合(%)	玄米1000粒重(g)	稈長(cm)	穂長(cm)	穂重(g)	1 株葉重(g)
96.5	23.8	82.8	20.4	3.06	33.0
93.3	23.4	80.4	21.0	2.93	28.2

1 穂当たり1次枝梗数 (本)	1 穂当たり2次枝梗数 (本)	1 株穂重
9.5	17.2	31.6
10.1	18.9	29.1

昭和55年以降、平成9年までの18年間のR B田における1 m²当たり玄米収量（坪刈り法による）が、毎年平均約400 gで推移してきた。しかるに、平成12年度の収量は436 gとなり、前年までの収量に比して約10%増収結果を示した。栽植株密度や1株植付苗数が前年までと変わらないとして、その増収因を収量構成要素に照らして見ると、1株穂数、1穂粒数、稔実歩合および玄米1000粒重の4要素ともに平成12年度産は、平成9年産より高くなっている。ふつう、これら4要素間には相反する性質をもつが、いずれもが高まって相反が見られない。また、平成9年度は穂長が長くなり、1穂の枝梗数

も多くなる一方で、その他の収穫物形質量、とくに1株藁重などの栄養体量が比較的少なかった。つまり、平成12年度では、玄米粒に関する量的な充実（とくに稔実歩合）が相対的に良好となり、これらのことから平成12年度産の玄米収量を高めたものと思われる。すなわち、平成12年では幼穂分化期以降の生育後期の気象的、土壌由来の養分供給の面が穂の充実にとって優れていたものと言えるだろう。

2. 数ヵ所に所在する無施肥無農薬栽培水稻の平成12年産玄米と平成9年産玄米の食味および玄米1000粒重の対比（両年、同一水田、同一栽培品種）

	水分%	タンパク%	アミロース%	食味スコア点	玄米1000粒重 g
①（栽培地；滋賀県栗東町；ベニアサヒ）					
平成12年産	15.3	7.0	19.6	78.6	23.8
平成9年産	14.3	6.8	20.1	79.0	23.4
②（栽培地；京都府亀岡市；ベニアサヒ）					
平成12年産	14.0	7.2	20.6	77.3	23.5
平成9年産	14.1	6.3	21.1	82.0	23.4
③（栽培地；京都市山科区；農林16号）					
平成12年産	14.6	7.7	20.8	71.6	24.6
平成9年産	14.6	6.8	21.2	76.0	23.5
④（栽培地；京都市山科区；ベニアサヒ）					
平成12年産	14.9	7.5	20.3	73.3	23.9
平成9年産	14.5	6.9	20.9	76.0	23.4
⑤（栽培地；京都市山科区；ベニアサヒ）					
平成12年産	14.7	7.8	20.6	70.3	24.5
平成9年産	14.6	6.9	20.6	77.0	23.5
⑥（栽培地；福井県武生市；コシヒカリ）					
平成12年産	14.5	7.0	18.9	81.0	20.8
平成9年産	15.8	7.6	19.6	73.0	21.9
⑦（栽培地；福井県今庄町；コシヒカリ）					
平成12年産	14.8	7.4	18.9	78.6	21.3
平成9年産	15.2	7.9	20.2	69.0	21.4

前ページよりつづき

⑧（栽培地；奈良県奈良市；日本晴；参考の有肥栽培米）

平成12年産	13.9	7.4	20.3	80.0	22.8
平成9年産	13.9	7.3	20.5	80.0	22.0

水分％、タンパク％、アミロース％および食味スコア点は、両年ともに同一の食味分析計（GS-2000）で調査した値である。ふつう、玄米の水分％は14～15.5％、タンパク％は8.5％以下（少ない方が良い）、アミロース％は20.0％以下（少ない方が良い）および食味スコア点は70点以上（高い方が良い）である。

ベニアサヒの水分％は、平成12年産が平成9年産に比してやや高くなる傾向となったが、コシヒカリでは低くなった。タンパク％は、ベニアサヒでは平成12年産米が比較的多く、コシヒカリでは少なくなった。アミロース％はいずれの品種も平成12年産米が少なくなった。食味スコア点では、ベニアサヒ、農林16号が平成12年産ではかなり低くなったが、コシヒカリは逆に平成9年産よりかなり上昇した。定法によつて調査した玄米1000粒重は、平成12年産ベニアサヒでは平成9年産に比して重くなったが、コシヒカリでは軽くなった。

一般に、玄米の食味は玄米のタンパク％によつて主に決められ、玄米1000粒重は出穂後の穂へのデンプン供給力によつて決定されると考えられている。したがって、生育後期における水稻への窒素供給量が、玄米の質的な食味と量的な玄米1000粒重を決めていると言えるだろう。つまり、平成12年産のコシヒカリでは、幼穂分化以降の窒素供給が制限されたが、ベニアサヒでは、そのような制限がなくて、この時期の窒素供給がかなり有ったものと考えられる。このような品種間差は、それぞれの品種の早晚性と栽培されている地域の生育後期の気象要因の違いによつて生じたものであるだろう。

生育期間中のSPAD値の変化による長期無施肥栽培稲の 識別法の確立（平成12年度）

報告者 竹 内 史 郎

水稻の1枚の葉は茎の先端から出てきて、次第に大きくなって最大の大きさに生長する。この間、葉の緑色は段々濃くなって光合成を盛んに行い、やがて次第に衰え、それとともに緑色も薄くなって、その葉の一生を終え枯れていく。水稻の群落（田圃の稲）を見るときは、普通、この最も濃いときの葉が目立って、その色を見ていることになる。

この生育中の水稻の葉の緑色程度は、根から吸収される主としてチッソ栄養分と、それに伴って展開される地上部の生育の両者の量のバランスによって、かなり大きく変動する。たとえば、有肥田における生育初期（田植え直後約1ヵ月）には、多量に与えられた基肥から吸収される多量のチッソに対し、まだ気温水温が低く地上部の生育量はさほど大きくならないために、葉の緑色程度は急速に濃くなっていく。しかし、分けつ数が増え、したがって、より多くの葉を形成、生長させる生育最盛期にかけては、土壤中の栄養量が次第に減少するのに対して、地上部の生育、とくに葉の生育量が大きくなり、かつ生理的なチッソの必要量も増えるために、葉の色は次第に薄く変化する。

これに対して、長期無施肥無農薬水田では、根が吸収できる栄養分の量が地上部の生育量を支配するために、生育期間中の葉色の変化は比較的少ないと考えられる。

本研究は、このような考え方に基づいて行われているが、本年度は近畿大学農学部におけるポット実験と、過去3年間に行われた現地圃場における実測調査とお併せ実施した。

1. 方 法

1)実 験（近畿大学農学部）

水稻品種ベニアサヒを用いて、平成12年 6月 1日の移植から10月16日の収穫までの本田期間について1/2000アールポットで栽培した。供試した苗は京都市山科区において上田氏が育成されたものを譲り受けた。

試験区 無施肥区；施肥を全く行わない

有機肥料区；汚泥コンポスト（ゆうき百倍）1ポットあたり 200g（基肥）

化学肥料区；1ポットあたり硫安 4.5g, 過石 6.0g, 塩加 2.0g

施肥法（g/ポット）	化学肥料区			有機肥料区		
	N	P	K	N	P	K
基 肥	0.5	1.0	0.5	1.0	2.2	1.2
つなぎ肥	0.1					
穂 肥	0.3		0.5			
計	0.9	1.0	1.0	1.0	2.2	1.2

供試土壌 前年まで水稻のポット栽培に繰り返し用いた土壌で残効養分に富む。

調査項目 1区 6ポットについて定法による生育調査と株内の主稈、低位優勢分けつの各成熟葉のSPAD値を追跡調査し、かつ4回の葉緑素含有量調査を行った。

2) 現地調査

過去3年に調査した京都、滋賀、福井の府県に所在する調査田に若干の新規調査田を加え、計18筆の無施肥無農薬田とそれぞれに対応する対照普通施肥田について、生育期間中4～5回、各調査田、任意の2か所で連続10株の完全展開第3葉のSPAD値を測定した。

2. 結果

1) 実験

生育期間中のSPAD値と1株茎数の変化(図2～4)

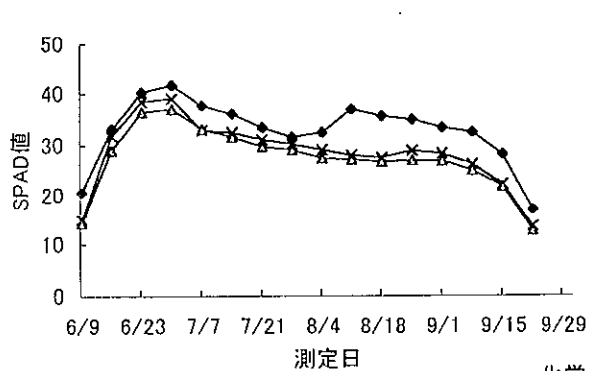


図2、主稈葉のSPAD値の時期的推移

● 化学肥料区
× 有機肥料区
△ 無施肥区

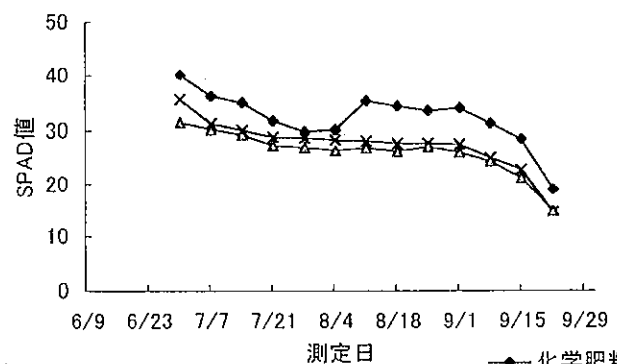


図3、分けつ葉のSPAD値の時期的推移

● 化学肥料区
× 有機肥料区
△ 無施肥区

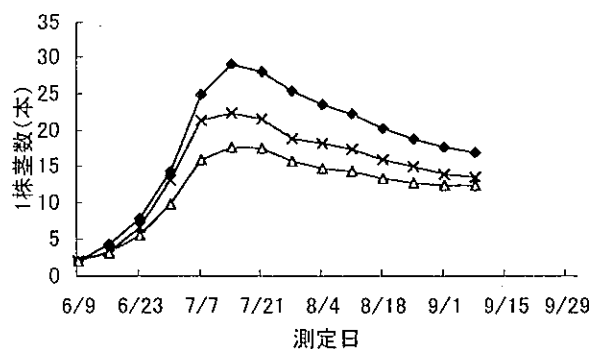


図4、1株茎数の時期的推移

● 化学肥料区
× 有機肥料区
△ 無施肥区

葉中の葉緑素量の変化 (図 6~8, 10)

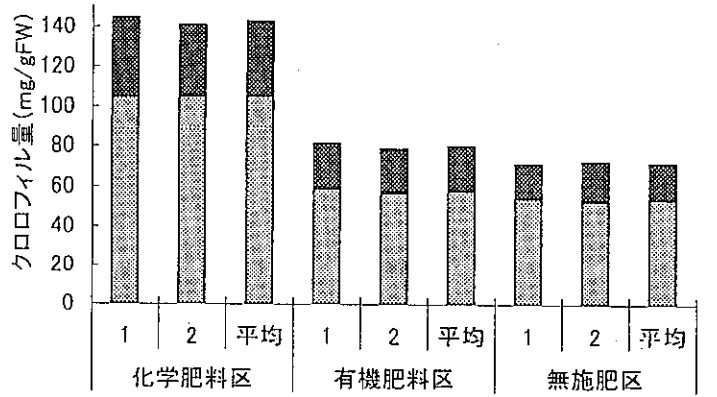


図6、葉中クロロフィルa,b量(調査日7月1日) ■クロロフィルb
▨クロロフィルa

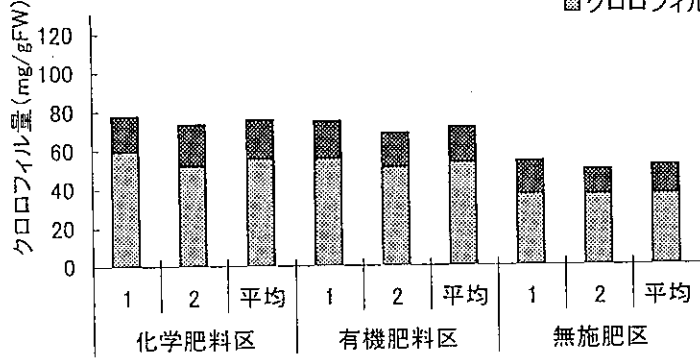


図7、葉中クロロフィルa,b量(調査日7月25日) ■クロロフィルb
▨クロロフィルa

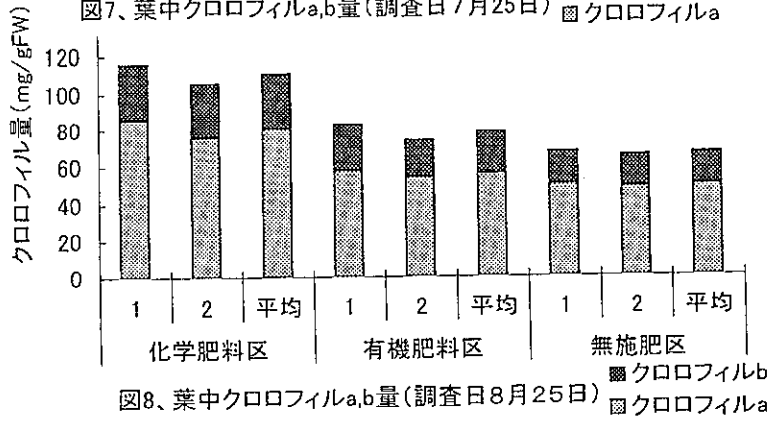


図8、葉中クロロフィルa,b量(調査日8月25日) ■クロロフィルb
▨クロロフィルa

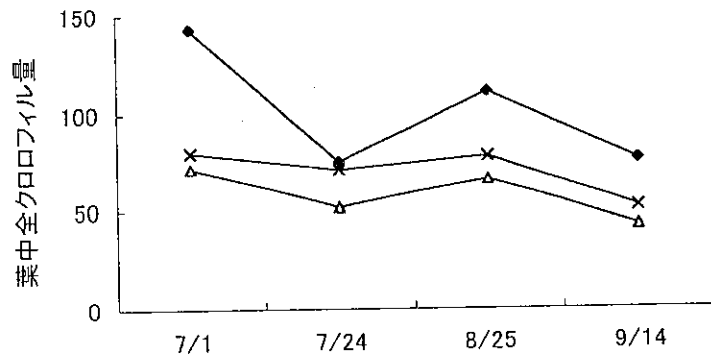


図10、葉中全クロロフィル量の時期的推移 ●化学肥料区
×有機肥料区
△無施肥区

SPAD値と葉緑素量との相関（図12,13）

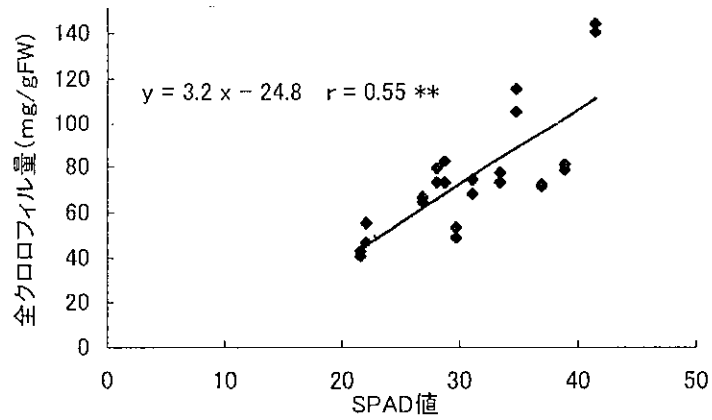
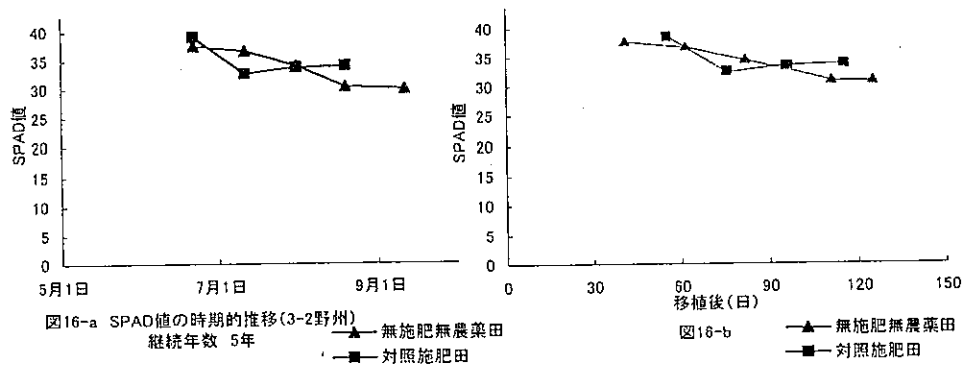
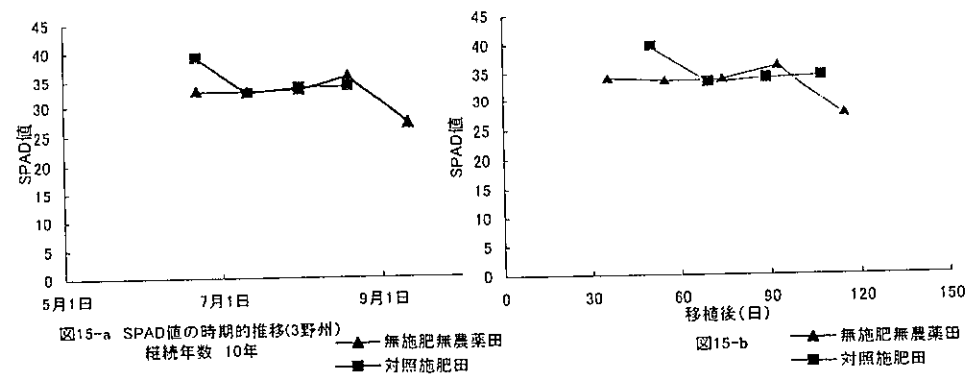
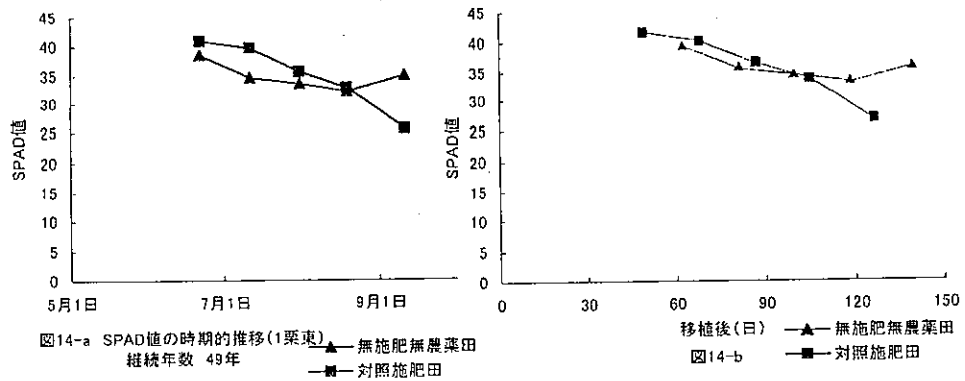


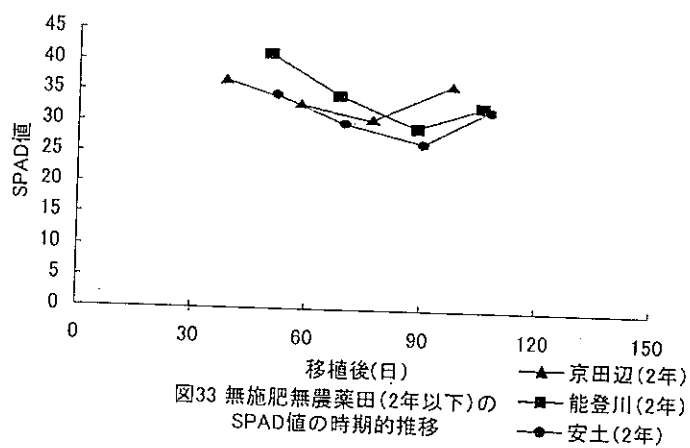
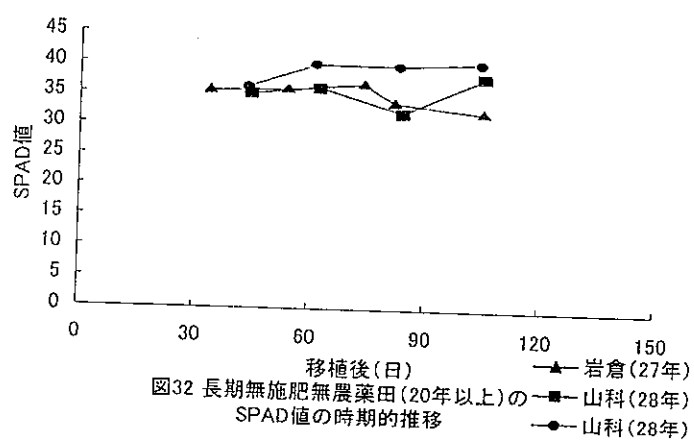
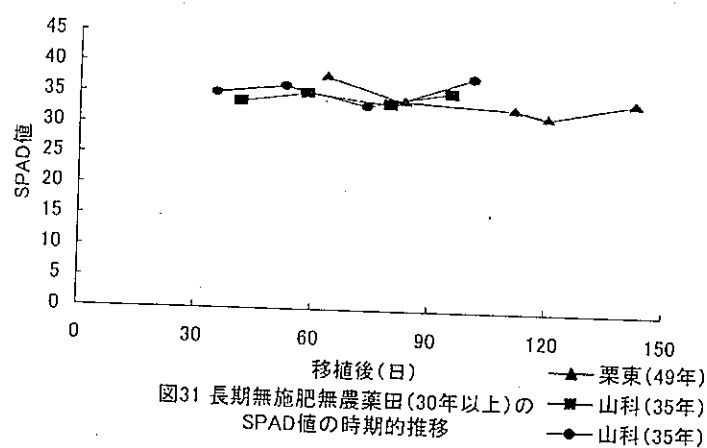
図11、SPAD値と全クロロフィル量の相関図

2) 現地調査

SPAD値の時期的変化（一部の結果を例として図14-a～16-bに示す）



無施肥無農薬栽培の継続年数によって区分した生育中のSPAD値の変化（図31～33）



3. まとめ

1. 生育期間中のSPAD値の変動幅は、実験および現地調査の場合とも無施肥無農薬栽培に方が対照区より少なかった。また、測定値（緑色の濃さ）は、実験では常に、現地調査でもおおむね小さ（緑色が薄い）かった。
2. 実験に供試した土壌は予想された以上に残効養分を含み、そのため無施肥区の生育初期のSPAD値の上昇は化学肥料区、有機肥料区のそれらと平行し、かつその後の低下も他の区と同様であった。同様なことは現地調査の結果にもみられ、これらのことは普通有肥栽培から無施肥無農薬栽培に転換した直後に、暫くの間、生育中のSPAD値の変化が有肥栽培下の変化と類似することを示していると考えられる。
3. 分けつ茎の葉のSPAD値は、常に主稈の値より少なく、また初期の値の急上昇を捕捉しないために主稈葉よりもSPAD値が安定していて、長期無施肥無農薬栽培稲の識別により役立つ場合があり得ることが考えられる。このことはまた、過去3年の調査では主稈分けつの区別なしに測定していたことを反省させた。
4. 現地調査では調査する水田によって移植日（品種も）が異なるため、調査結果の検討に際し、データを暦日で整理するよりも、移植後日数によって整理比較する方が、SPAD値の変動の様相がより類似する傾向がみられた。
5. 無施肥無農薬栽培の継続年数が20年以上（とくに30年以上）経過すると、移植30日以後のSPAD値の変動は少なくなり極めて安定するようである。一方、継続年数2年以下では普通有肥栽培下の変動とほとんど差がみられない。この両者の間の継続年数3～19年の水田の結果は、調査田によって一定した傾向が掴めず明確な差が認められなかった。今後は、現在継続年数10年以内の9水田について、SPAD値およびその変動幅の経年変化の傾向を明らかにすることが必要であろう。

柑橘類には多くの種類があり栽培されてその果実は生食やジュース、ジャムなどに利用されている。これら柑橘類のうち世界的にはオレンジやグレープフルーツ、レモンなどの生産量が多いが、わが国では温州ミカンの生産量が最も多くなっている。また、地域的には夏ミカンやハッサク、ポンカン、伊予カンなどの雑柑類も栽培されている。

一般に柑橘類の品質判定には試験の目的に応じて、果実中の苦味やヘスペリジン、ビタミンC、ペクチンなどの化学成分を調べたり、果汁量の多少や果実の比重、浮皮やすあがりの程度など物理的なものや、果皮の粗滑や果色などが品質判定の基準にもなった。しかし柑橘類では果汁中の糖、酸含量の多少が品質判定に欠かすことのできない要素であるため本報告では昨年に引き続いて佐賀県で無施肥無農薬栽培で収穫された果実の糖、酸含量などを調査した。

なお、参考までに温州ミカンの果汁中に含まれる要素について記載すると全糖8.7%(しょ糖、果糖、ブドウ糖)、酸1.0%(主としてクエン酸、ごくわずかにリンゴ酸)、全窒素0.1%、全フラボノイド150mg%(主としてヘスペリジン)、カロチノイド2.7mg(クリプトキサンチン、カロチン)、ビタミンC35mg%、ペクチン0.07%、セルローズ0.07%、水分90%程度である。今回測定に供した果実は第1図に示したように、30果を選別し大果(10果平均値161.1g)、中果(10果平均値135.3g)、小果(10果平均値99.4g)に分けてそれぞれの糖度及び酸度を測定し糖酸比を求めた。

その結果、第1表に示したように糖度計で測定した糖度の値は小果の10.2%が最も高く、次いで中果の8.6%、大果の8.4%であった。また、酸度の測定は中和滴定法を用いて測定したが、大果の0.69%が最も高く酸味が強かったが次いで小果の0.68%であった。

ミカンの味は果汁中の糖含量と酸含量から糖酸比として表すが、もちろん糖含量が多く、酸含量が少ないと糖酸比が高くなる。一般に味覚は人によって差があり、また味の好みも人それぞれによって異なるが、近年は比較的甘味嗜好が強くなっており、甘味の強い果菜類などを求める傾向もある。温州ミカンも糖度が12~13%台の果実が求められているが適度な酸含量もミカンの味を濃厚にするための要素である。

なお、無農薬栽培であるため、果実の外観は悪くなっているが、いたし方のないものと思われる。

第1表・無施肥無農薬栽培での温州ミカンの品質

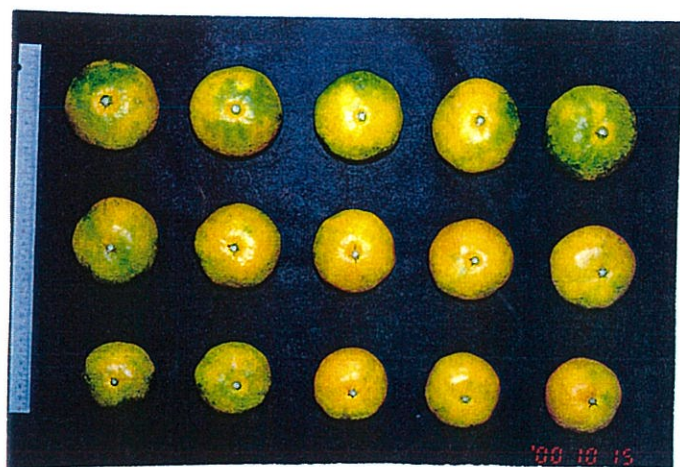
果 実 \ 項 目	1果重(g)	糖度(%)	酸度(%)	糖酸比
大 果	161.1	8.4	0.69	12.2
中 果	135.3	8.6	0.65	13.2
小 果	99.4	10.2	0.68	15.0

(10果平均値)

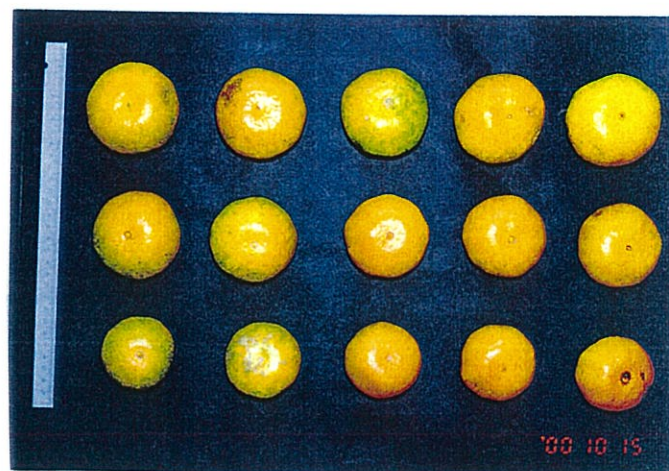


第1図・無施肥無農薬で栽培した温州ミカン

佐賀県産



上 面



下 面

無施肥無農薬栽培でのエンドウの収量と品質について

水谷 信雄

本調査は京都市山科区の上田氏が行っている無施肥無農薬栽培のエンドウについて、その収量と品質を調べとりまとめたものである。

調査は2000年の春から行ったが、現地では無施肥無農薬の栽培歴が29年、栽培している種実は自家採種で28年の歴史があるが、今回調査対象とした畑は水田から4年前に転換した畑で連続してエンドウを栽培している畑である。本年度は11月3日から12月6日まで数回に分けては種し、栽培管理がなされたもので栽培された株数は353株であった。

収穫は2000年5月17日から6月6日までの21日間行い、その総収量は50.2kgで、1株の平均収量は0.14kgであった。そのうち一莢内に6粒から8粒を含む“上物”が38.9kg(全収量の77.5%)と非常に高く、莢内に3粒~4粒程度の“並物”が11.3kg(22.5%)であった。

本調査ではこれらの品質をみるため収穫物の中から無作為に123莢と対照として慣行栽培のエンドウ94莢について莢のサイズ及び1莢内の粒数と粒重などを調べた。その結果、慣行栽培のエンドウでは一番大きなLサイズ(7g以上)の莢が31.9%であったのに対して無施肥無農薬栽培のエンドウでは55.3%と1.7倍も多かった。またMサイズ(4.0~6.9g)は慣行栽培の莢では32.5%に対して無施肥無農薬栽培では55.3%であった。また、Lサイズの莢内には慣行栽培のものでは6.8粒、無施肥無農薬栽培のものは7.4粒が含まれ、同じサイズの莢でも莢中の粒数が少なかった。

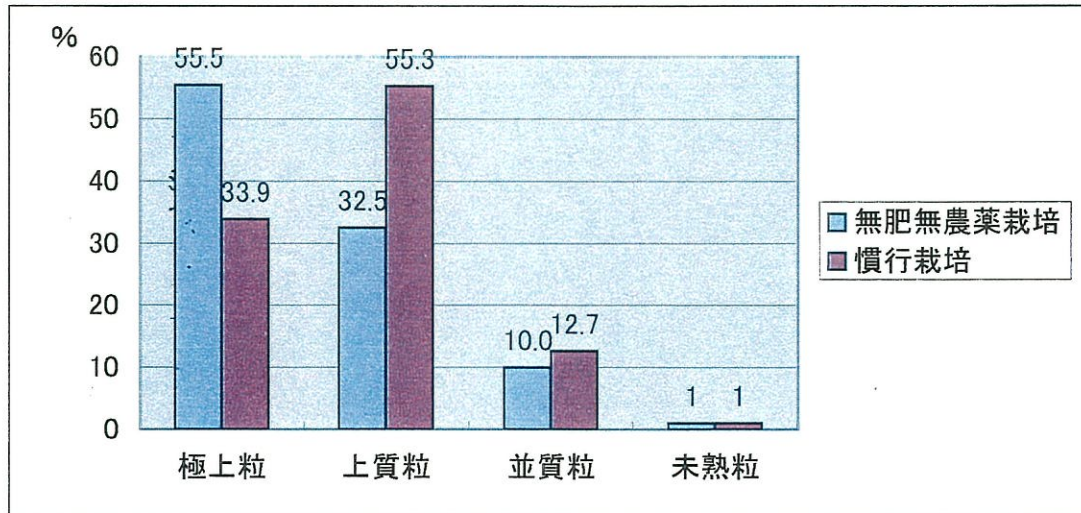
次にエンドウ種実の品質について調べた。エンドウの種実は熟度が進むほどでん粉が増加し、比重が大きくなって糖分が減り、品質が悪くなる。熟度進行の状態は粒の比重の変化に現れ、Fancy(極上)(比重 $1 < d < 1.04$)が最もすぐれ、Standard(上)(比重 $1.04 < d < 1.07$)がこれについて良品とされ、Second(並)(比重 $1.07 < d$)が一番品質が劣る。

第1図~第3図に同時期に採種したエンドウの種実の調査結果を示した。無施肥無農薬栽培の種実では56%がFancyであったのに対して慣行栽培の種実では34%であり、またStandardは無施肥無農薬栽培が33%であったが、慣行栽培では55%と種子の半数を占めていた。このように無施肥無農薬栽培では、Fancyが半数以上を占めていたのに対して慣行栽培の種実はStandardが半数を占めていた。以上のようにエンドウでは無施肥無農薬栽培では慣行栽培に比べて収量は大幅に減少するが、品質的には良品の割合が高いことが明らかになった。

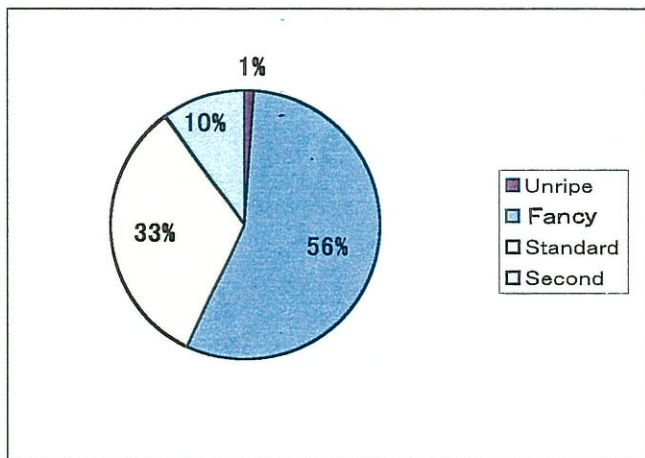
第1表・エンドウにおける無肥・無農薬栽培と慣行栽培の収量及び品質

区 項目 サイズ	無肥・無農薬栽培			慣行栽培		
	莢数(莢)	1莢平均 粒数(粒)	1莢平均 粒重(g)	莢数(莢)	1莢平均 粒数(粒)	1莢平均 粒重(g)
L	68	7.4	6.1	30	6.8	4.1
M	40	4.4	2.6	52	5.0	2.9
S	15	2.1	1.3	12	2.3	1.3
合計	123	—	—	94	—	—

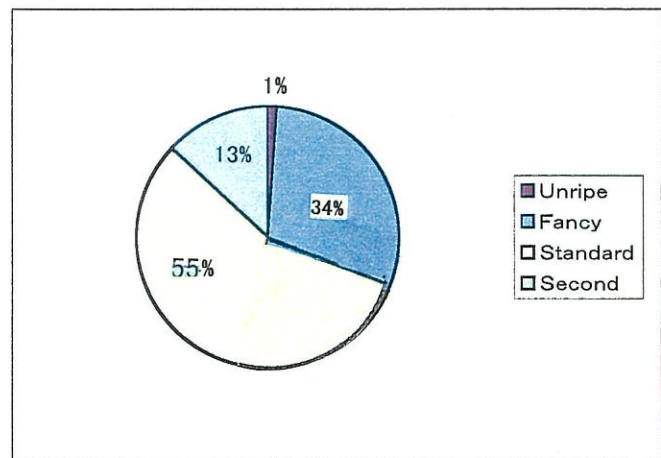
(注) L: 7.0g以上
M: 4.0~6.9g
S: 4.0g未満



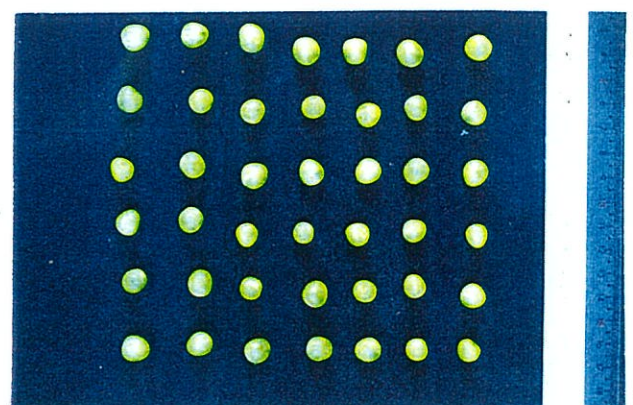
第1図・エンドウにおける無肥・無農薬栽培と慣行栽培の品質



第2図 無肥・無農薬栽培におけるエンドウの品質



第3図 慣行栽培におけるエンドウの品質



第4図 無肥無農薬栽培でのエンドウ果実

平成13年3月15日

「黒大豆」の無施肥栽培

田 尻 尚 士

1. 栽培田

- A) 地籍：兵庫県加東郡東条町岡本、念仏105 栽培面積：10.2a
- B) 概要：平成3年～平成9年に至り転作（休耕田：自給用野菜畑として2-3年毎に輪作）、平成10年より無施肥にて「黒大豆：丹波光（秋型-晩生種）」を栽培
- C) 地籍環境：西北部は小高い山林、東南部平坦で日当たりよく、水田地区の最上部に位置し、灌漑用水等による他の水田の肥沃水は流入しない。基盤整備（昭和55年）以前は畑地で粟、茶、柿等を栽培一深さ約1.5m削除し水田表土を深さ35cm覆土

2. 栽培と管理

- A) 播種：平成12年6月15日 1穴（D5-7cm X φ6-8cm） 2粒
（種子を15-20℃下で5-6時間浸漬催芽後に置床：直播き）
- B) 栽培密度：畝幅80cm/株間30cm = 3.3m²当たりの栽植株数23
- C) 輪作：大豆栽培＝6月中旬-11月中旬、
中国野菜ターサイ＝11月下旬-3月上旬
春菊・萵＝3月中旬-5月下旬
- D) 摘心：置床後25-30日に本葉の出始め期に第一複葉下部より摘心
秋型光黒大豆は分枝性に富むため、やや疎植栽培とし中央部から上下に平均的に開花するために、開花1-1.5週前に主茎80cm前後に上部を刈り取る
- E) 土寄せ：第1回＝第1本葉が展開時に子葉まで土寄せ
第2回＝3葉期（初生葉まで）第3回＝5葉期（第1本葉まで）
- F) 莢の発達と成熟：開花後1.5週が最も結莢性が高い一開花後50日前後で成熟一水分が大きく減少一種子がやや縮小
- G) 間断灌水：栽培色から収穫前の2週までは、2.5週毎に間断灌水を行う
一特に夏期では栽培土が常にやや湿った状態になるように留意
- H) 収穫：収穫日＝11月13日一落葉が僅かに認められ始めると収穫一遅れると裂莢、品質低下一ビーンハーベスタで刈り取り、脱粒し、藁筵上で7-10日天日乾燥（水分12-14%）

I) 収穫量 : 353.4kg

AV=1株当たりの莢数160, 100粒重 : 22.5g

Table 1

異なる栽培法と収量比較

栽培法	3.3m ² 株数	1株 莢数	百粒重 (M:13%)	収量 10a/kg	収量 比率%
無施肥栽培	23	160	22.5	353.4	100
ゆうき百倍	23	175	24.4	396.5	112
有機(合成)	23	172	23.5	394.7	111
化学合成	23	164	21.8	380.2	108

J) 子実の大きさ

Table 2

子実の大きさ

栽培法	胴厚	胴長	胴幅
無施肥栽培	0.8cm	1.2cm	1.1cm
ゆうき百倍	1.1	1.4	1.3
有機合成	0.9	1.4	1.3
化学合成	0.8	1.3	1.2

K) 子実の化学組成

Table3

子実の化学成分含有量 (%)

-高速液クロ分析-

栽培法と分析区		炭水化物	粗蛋白	粗脂肪	灰分	水分
無施肥栽培	粒	17.8	41.5	19.8	5.1	14.1
	胚	18.1	38.7	11.5	4.3	12.4
ゆうき百倍	粒	18.2	41.8	21.5	6.1	14.0
	胚	18.6	39.1	12.6	4.7	11.9
有機合成	粒	18.0	41.6	20.2	6.1	14.0
	胚	18.7	39.3	11.9	4.3	12.6
化学合成	粒	17.7	41.6	20.1	5.9	14.2
	胚	17.9	38.8	10.7	4.4	12.9

*粒=全粒

*炭水化物は食品分析規定法により、全重量より各含有成分計を除いて算出

無施肥無農薬田で栽培されたイネの葉身の形態について

報告者： 芦 田 馨

植物の表皮系は、植物体内と外界とを結ぶ境界面であり、その内部組織を物理的、化学的および生物的なストレスより保護する組織である。通常は一層の細胞によって隙間なく覆われており、その表皮細胞の外側には、ワックスなどによるクチクラ層が発達している。さらに表皮細胞には気孔があり、外界との CO_2 、 O_2 の出入りや水分蒸散の調節が孔辺細胞によって行われている。また、その他にイネ科植物には、珣酸質の角状突起やいぼ状突起、シリカ小体などの組織が見られ、害虫や病気などから植物体を保護している。本研究では、無施肥無農薬田で栽培されたイネの葉身表皮における気孔装置や各突起などの形態や密度の特性を調べ、慣行栽培田との比較でどのように異なっているかを調べた。

なお、イネの葉身の表皮細胞（上表皮、下表皮）や横断面、気孔装置などの走査型電子顕微鏡写真や模式図は、図－3、4、5、6に示した。

試料採集および測定方法：2000年8月31日に表－1に示す地点よりイネの1株を地下部と共に採集を行った（但し、水田番号0は近畿大学農学部の圃場のポットで栽培されていた植物体で9月4日採集）。8区については、一枚の水田内で生育の違いが見られたために、水田の水口と中央部の2カ所より採集を行った。各区の株より止葉から下位葉を順次採集し、各々の葉身長、葉身幅、葉身の厚さを測定した。また、形態観察のために下位2または3葉を走査型電子顕微鏡観察のための試料としてF A Aで固定をしたものと、スンプ法で観察のための試料としてプラスチック板に陰画を撮った。

結果：止葉から下位への葉身の長さを見ると移植日の遅いベニアサヒの3種は、下位5葉までが健全葉であった。各葉身の長さが止葉から下位4葉まで最も短い区は、8区の水口と中央であった。

各区で栽培されたイネの葉身における上・下表皮の気孔密度を図－1に示した。全ての区で気孔は、下表皮に多く分布していた。上・下表皮の合計で見るとコシヒカリでは、9-2区が最も少なく315個/ mm^2 、最も多い10区は591個/ mm^2 で1.9倍となり、大きなバラツキが見られた。慣行区の3区（8, 9, 10）では約 428 ± 37.2 個/ mm^2 であった。ベニアズマの継続年数が最も長い1区は、557/ mm^2 と高い分布密度であった。

各区で栽培されたイネの葉身における気孔装置の長径、短径（図－6参照）を図－2に示した。ベニアサヒは無施肥無農薬田と慣行田での差がなくほとんど同じ大きさであった。また、コシヒカリでは9-2、10区が最も大であった。

これらの結果より、初年度の調査においては、無施肥無農薬田と慣行田における気孔装置などの形態的な違いは認められなかった。

表-1 調査地点 (2000年8月31日採集)

水田番号	所在地	栽培品種	継続年数(年)	移植日(2000年)
1	滋賀 栗東	ベニアサヒ	4 9	5月19日
3-2	滋賀 野洲	"	5	5月19日
0 N	奈良 近畿大農	"	慣行	6月1日
8(和)	福井 今庄	コシヒカリ	1 3	5月21日
8(中)	"	"	1 3	5月21日
8' N	"	"	慣行	5月4日
9	福井 武生	"	3	5月5日
9-2	"	"	2	5月5日
9' N	"	"	慣行	5月3日
10	福井 今立	"	2	5月21日
10' N	"	"	慣行	5月5日

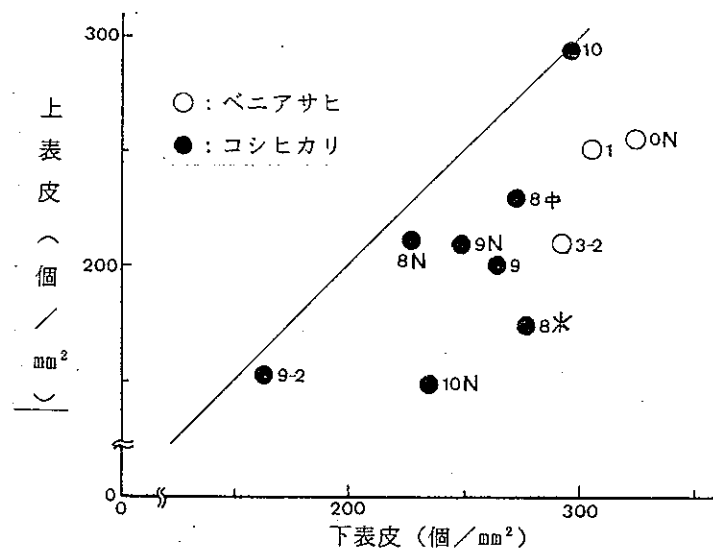


図-1 各区で栽培されたイネの葉身における上・下表皮の気孔密度 (図中の数字は水田番号)

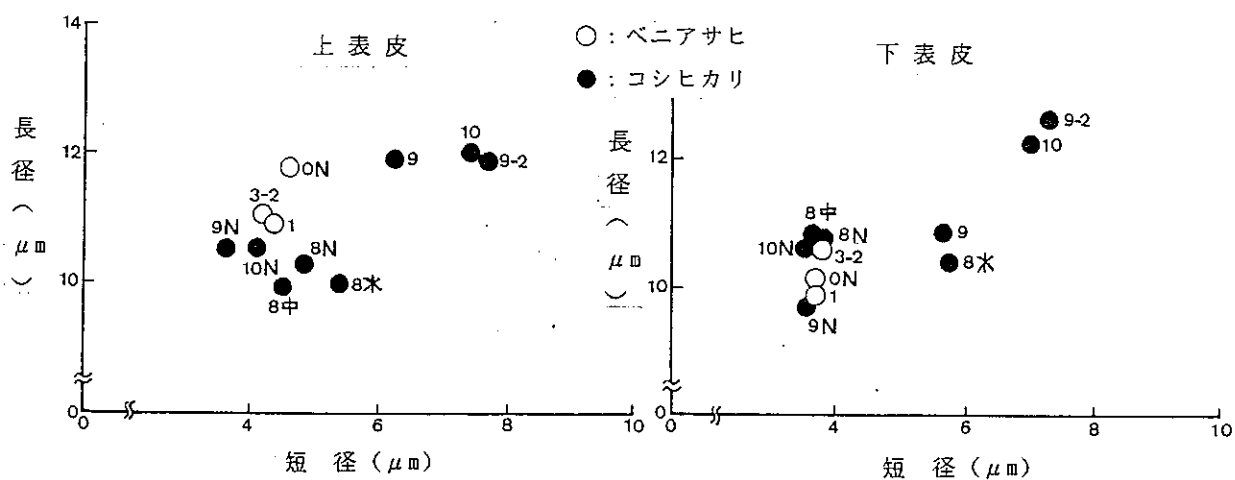
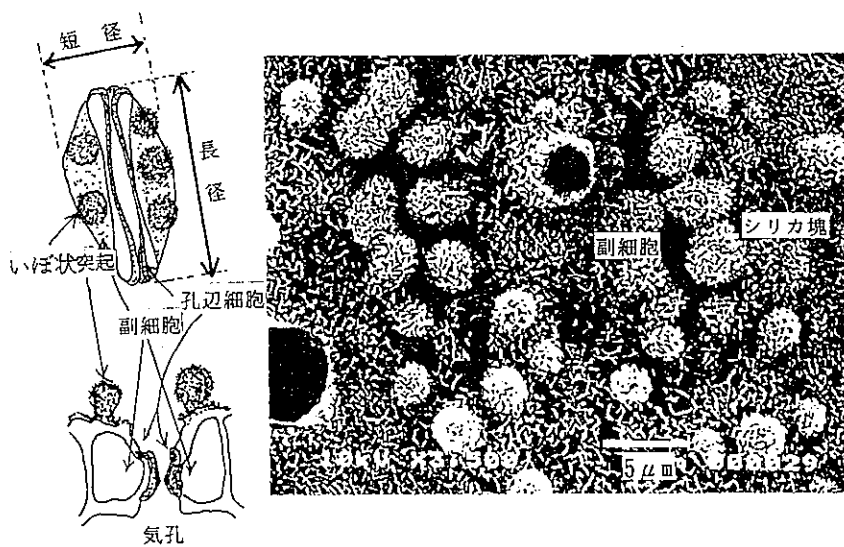
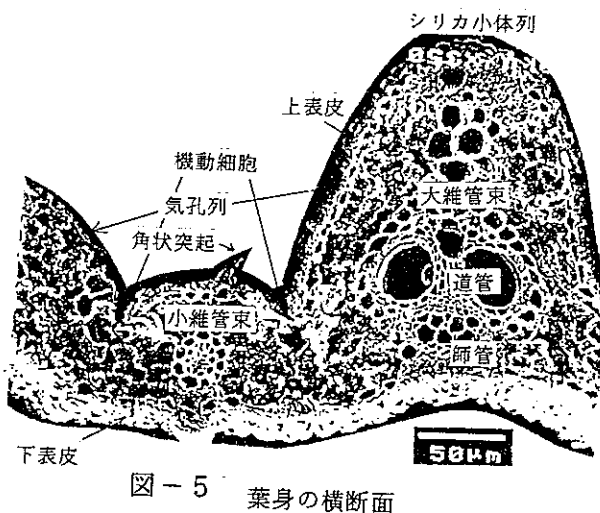
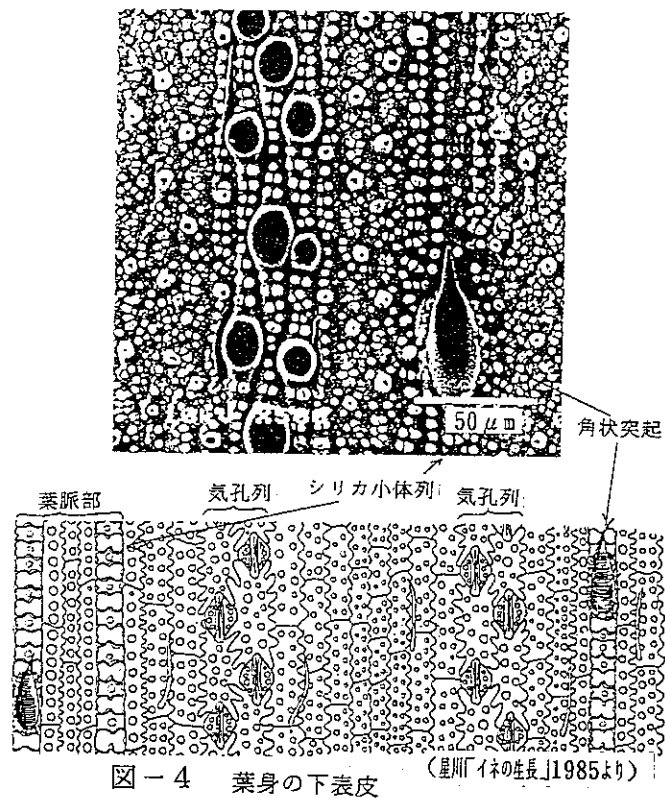
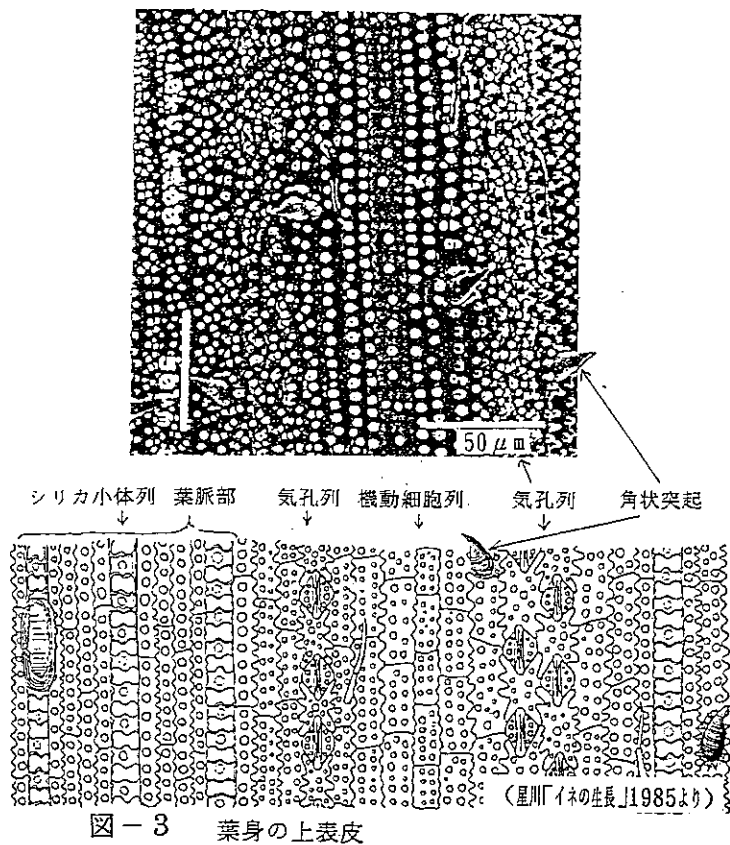


図-2 各区で栽培されたイネの葉身における気孔装置の長径、短径 (図中の数字は水田番号)



無施肥無農薬栽培水田の土壌分析

近畿大学農学部 農芸化学科農薬化学研究室 森本正則

無施肥無農薬栽培による水稻栽培に取り組んでいる水田土壌の特質を明確にし慣行農法との違いを決定できる因子を明確にすることを目的とした。近年、大量の農業薬剤の投入による農耕地の地力低下、残留薬剤による人畜への影響が懸念されている。その様な中で堆肥などの有機質資材を利用した農法が脚光を浴びるようになってきた。しかし、現在の農作物の品質、供給量を維持するためには広義での農薬使用が必要であることも事実である。この様な様々な問題を抱える近代農法において標題の農法は自然農法であると位置づけることができる。今回は昨年度の畑地ではなく水田土壌において、継続的な自然農法によって土壌の性質がどのように変化し、またそれらを利用することで自然農法的な土壌とはどのようなものであるかを特徴づける要因を明確することによってより有効な土壌管理技術への適応ができれば幸いである。

[方法]

（１）土壌微生物相について

衛生試験用に開発された 3M 社製ペトリフィルムを用いて土壌菌数測定を行った。各圃場にて採取した生土は乾燥させずに 10 倍量の生理食塩水（0.8% 食塩水）にて抽出を行い、10 倍段階希釈によって、それぞれの濃度の糸状菌*（カビ）と細菌**（バクテリア）の数を計測した。一般的に健全な土壌は糸状菌（カビ）の数が低く抑えられている傾向があり、その様な土壌では細菌（バクテリア）の数が多いたことが示される。また、土壌環境中の微生物相の多様性（種類の多さ）はその土壌の健全さを示し、植物病が蔓延している農耕地においては糸状菌数の増加または細菌（バクテリア）数の減少が認められる。この様なことから細菌（バクテリア）数を糸状菌（カビ）数で割ったものを BF 値（Bacteria / Fungi）として用いその土壌を特徴づける試みがなされている。この値が高いほど健全な土壌であることが多い。落水後の水田土壌においては表層付近には畑地よりも多くの好気性微生物が存在し、水田土壌学（講談社）川口桂三郎著によると、その平均は $30 \times 10^6/\text{g}$ であり畑地土壌では $22 \times 10^6/\text{g}$ である。

*、**昨年度の資料を参考にしてください。

(2) 土壌水溶性イオン類の比較

各水田土壌の生土は室内で乾燥後、2 mm のふるいを通したものを分析用サンプルとした。水素イオン濃度 (pH) は土壌：水 (1：1)、電気伝導度 (EC) は1：5 水浸出法によってそれぞれ計測した。電気伝導度測定にて抽出したサンプルを島津社製イオンクロマトグラフィーによって分析を行い、陰イオン、陽イオン濃度を測定した。各土壌のリン、アンモニア態窒素、硝酸体窒素、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、硫酸イオン、塩素イオンの9成分を測定後、耕作年数、EC 値と共に主成分分析によって統計解析を行った。ただし慣行農法は耕作年数0とした。表3の数値は土壌1 gを5 mlの水に懸濁させたときの濃度を示している。(土壌1 k gあたりに換算するには、10ppmを示している場合 50mg/kg となる)

[結果]

(1) 土壌微生物相について

昨年度の山科のトマト作付け土壌では好気性微生物量は 63×10^6 /g であったが、今回の水田土壌では灌水条件という水田もあり、少ないもので 1.5×10^4 /g、多い水田では 18.5×10^6 /g と 1000 倍程度の開きがあった。いずれの土壌にも糸状菌の存在は低密度 (密度の高いものでも 4×10^3 /g) であり、これは一般的な水田土壌 (8.5×10^4 /g) と同様な傾向であった。若干慣行農法の方が糸状菌密度が高い傾向が認められた (表1)。

(2) 土壌水溶性イオン類の比較

各水田の水溶性イオンを測定した結果は、表に示すとおりであり (表2, 3)。主成分分析を行った結果、3主成分に分離された (表4, 5)。水素イオン濃度では各土壌に大きな差は認められず、交換性水素イオン濃度 pH (KCl) (通常の pH 測定よりも一定する) もそれほど差は認められず、肥料過多の場合大きくなるとされる Δ pH-pH (KCl) も 1 程度と安定していた。電気伝導度 (EC) は地域による変動が大きく、一概にこれを自然農法判断にの指標とすることは難しいことがわかった。これは、上水道や地下水などの塩類濃度の地域差が大きいためであると推測される。すなわち、水道水中の塩素や地下水中のミネラルの影響によってかなり変動するということを示唆している。しかし、同地区においては慣行農地の方が EC 値は高値を示す傾向があり、これらは肥料成分によるものと思われる。

この EC 値のもととなっているものが各種のイオン種である。これらのイオン種別な分析結果を表3に示した (ここでは太字ゴシック体が自然農法を示している)。このような成分分析によって明らかとなったことは、慣行農法においてカルシウム、マグネシウム、硫酸イオンの量が多く、自然農法ではこれらのイオンは少量に抑えられている。また、水口から水尻までの田面水の移行過程によって、その溶解成分が土壌に保持されるか、土壌から溶脱するのかはその

量の差をもってうかがい知ることが出来るかもしれない。各イオン種の差をみると慣行農法では土壌より溶脱が起こり、水尻での濃度が高くなっている部分がみうけられた。自然農法では逆に流れ込みに溶解しているイオンを積極的に土壌または植物が吸収しているようにも思える。一般的に施肥を行わなくても灌水中には多くのイオンが存在しているのでこれらをうまく利用することで作物は生育可能であるといわれている。また、水田中の植物プランクトンや藻類などの死骸から、微生物によって分解された窒素源やカリウムは植物にとって重要な自然栄養供給源となっているに違いない。しかし、これらの量は施肥量に比べると低い量的なレベルになっているに違いないが、現在詳細な資料は手元にはない。このようなことから、自然農法を特徴づけるイオン分析としては水尻での硫酸イオンを 10ppm 以下、カルシウムイオンを 5ppm 以下という基準が設定できるかもしれない。しかし、水田の局所的な違いが大きくなるためにこれらの基準がすべて適応できないと事も予想されるため、数種の要因に絞って季節的な量的変動や局所的な差を把握する必要がある。一例として、栗東水田と慣行農法を行っている船井郡の水田中での EC 値の変動を示した（付録）。このようにかなりなばらつきがあるため、先程述べた各種イオン種についても相当のばらつきがあることが予想され、さらなる検討が必要である。

今回、イオン分析によって 11 要因をもとに分析を行ったが、これらのそれぞれの関係を示すことが必要である。そこでこれらの要因を解析するために因子分析を行った（表 4, 5）。太字ゴシック体で示された部分は関係の深いことを示している。ここでの係数は相関係数と呼ばれ完全に相関のある場合 1 を示し、その数字が 0 に近づくほど関係は薄くなり、マイナス側は負の相関関係を示している。例えばリンゴの重さと体積は正の相関を示し 0.95 程度をとるが、その重さと甘さの相関係数は 0.34 を示し、さらに色の濃さはマイナス 0.85 であった場合、「重いリンゴは大きいがその甘さには関係がない、しかし、小さいものは色が濃い」となる。これはすなわち、物事を量的に測るのに都合がよい。これを表にしたものが相関行列である（表 4）。これによると、耕作年数は EC 値と 0.007 と全く相関がない、このことは EC 値で耕作年数を表現することは困難であることを示している。その EC 値はマグネシウム (0.479)、カルシウム (0.543)、硫酸イオン (0.808) に依存していることがわかる。この結果は先の結果と矛盾するが、これはあくまで全体的な数値の解析になっており、水田中での物質の収支などは考慮されていない。しかし、これは逆に非常に単純化されているとも考えられることから評価基準にしやすいのかもしれない。またアンモニア態窒素は硝酸イオン (0.703) や塩化物イオン (0.65) と正の相関がありこれは肥料成分がこれらのイオンに解離することを示している。また主成分分析から得られた 3 つの要因は第一主成分は耕作年数は負にその他の成分はすべて正に寄与しており、その中でも EC 値に大きく寄与するイオンに重心がおかれることから、この成分は水溶性イオン (EC 値) 要因と定義できる。さらに、第 2 成分はアンモニア態窒素、硝酸態窒素などが正にマグネシウムやリ

ン酸が負に寄与していることから窒素肥料要因と定義できる。第3成分は耕作年が正に対して植物系有機質の投入によって増加するカリウムが負に寄与することから土地の有機質含有量を示していると思われる。ここまでの累積寄与率は76.2%と若干低めであった。

さらに、これらの因子分析にイネの草姿、収穫高、耐病害虫性、食味などの要因を加え再解析するとまた違った側面が見えてくる可能性がある。

参考文献

土壤環境分析法 土壤環境分析法編集委員会編、博友社

水田土壌学 山口桂三郎 講談社

土壤微生物と肥料のはたらき 山根一郎 農文協

付録

11月における自然農法水田慣行農法水田のEC値の分布

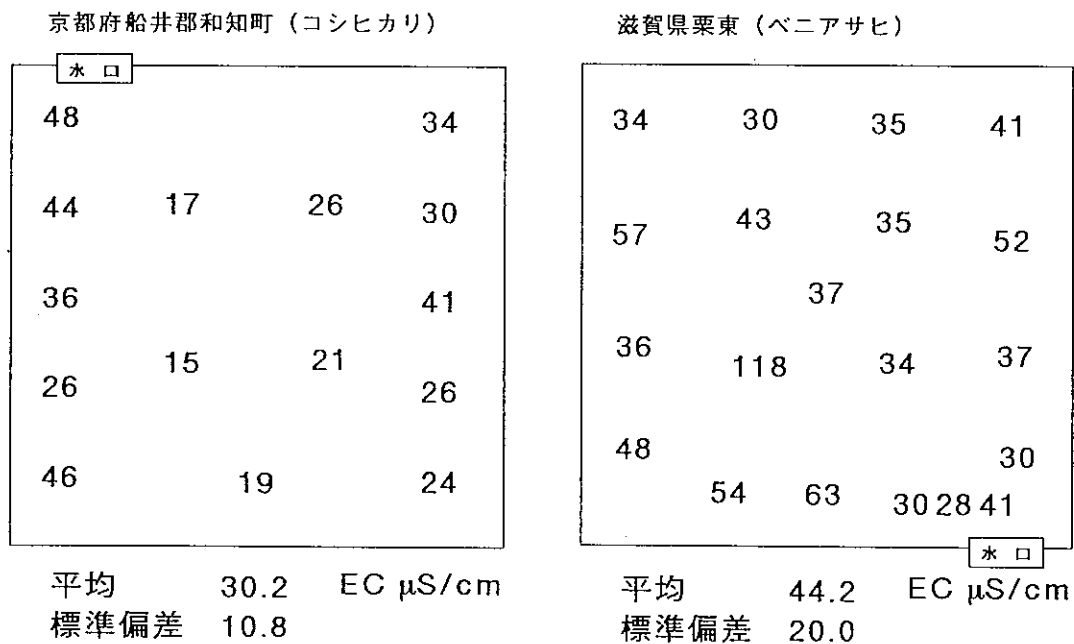


表1 水田土壌の微生物相

採集土壌	耕作者			好気性細菌*	カビ・酵母**
福井県南条郡今庄町	赤沢さん	自然	水口	17	0
		自然	水尻	2	0
		慣行	水口	133	5.5
		慣行	水尻	49	1.5
福井県武生市	三田村さん	自然	水口	48	1
		慣行	水口	62	7.5
滋賀県神崎郡能登川町	湯ノ口さん	自然	水口	48	4
		自然	水尻	63	4

(* x 10⁴/g ** x 10³/g)

表2 水田土壌水溶性酸素イオン量、電気伝導度の比較

採集土壌	耕作者	耕作年数		EC (μS)	pH (KCl)	pH	△pH
滋賀県栗東	田中さん	49	水口	106	5.1	6.0	0.9
		慣行	水口	109	4.3	5.3	1.0
滋賀県野洲	黎明教会	10	水口	47	4.8	5.9	1.1
		10	水尻	32	4.0	5.2	1.2
		慣行	水口	110	4.5	5.4	1.1
		慣行	水尻	123	4.7	5.7	1.0
福井県今庄	赤沢さん	13	水口	41	4.7	6.2	1.5
		13	水尻	30	4.7	6.1	1.4
		慣行	水口	81	5.2	6.3	1.1
		慣行	水尻	52	5.1	6.3	1.2
福井県武生	三田村さん	3	水口	78	6.4	5.9	-0.5(?)
		3	水尻	22	4.5	6.0	1.5
		慣行	水口	93	4.5	5.9	1.4
		慣行	水尻	50	4.9	6.1	1.2
福井県今立	永木さん	3	----	40	4.2	5.8	1.6
		慣行	水口	104	4.8	7.1	2.3
		慣行	水尻	95	5	6.2	1.2
滋賀県	澤さん	2	水口	95	4.7	6.1	1.4
能登川町		2	水尻	48	5.0	6.1	1.1
滋賀県	湯の口さん	2	水口	30	4.8	6.0	1.2
能登川町		2	水尻	79	5.0	6.1	1.1
滋賀県	北林さん	2	水口	77	4.6	5.8	1.2
安土町		2	水尻	55	4.6	5.8	1.2

表3 水田土壌水溶性イオン量の比較 (mg/litter : ppm)

採集土壌		Na	K	Ca	Mg	P	NH4	NO3	SO4
滋賀県栗東	水口	5.55	微量	4.42	0.79	0.02	1.43	0.41	17.7
	水尻	4.94	4.83	6.46	1.10	0.08	3.56	1.78	22.9
滋賀県野洲	水口	2.42	1.57	4.33	0.53	0.21	1.02	0.16	10.4
	水尻	2.05	0.98	2.10	0.28	1.42	0.49	0.66	5.90
	△	0.37	0.59	2.23	0.25	-1.21	0.53	-0.50	4.53
	水口	4.07	0.95	9.53	1.19	0.29	0.83	0.13	30.0
	水尻	1.38	2.46	10.50	3.96	23.2	1.11	0.22	34.7
	△	2.69	-1.51	-1.00	-2.77	-22.9	-0.28	-0.09	-4.70
福井県今庄	水口	3.12	0	4.52	0.73	0.16	0.64	0.27	3.07
	水尻	3.17	0	2.37	0.36	0	0.29	0	3.37
	△	0.05	0	2.15	0.37	0.16	0.35	0.27	-0.30
	水口	4.52	微量	11.70	3.11	6.04	1.52	0	8.56
	水尻	2.98	6.69	7.47	1.92	3.12	1.57	0.05	7.45
	△	1.54	-6.69	4.23	1.19	2.92	-0.05	-0.05	1.11
福井県武生	水口	2.17	1.54	8.11	1.4	1.26	0.56	0.07	10.6
	水尻	4.96	0	4.04	0.67	----	0.80	----	----
	△	-2.79	1.54	4.07	0.73	----	-0.24	----	----
	水口	3.29	0	7.01	1.28	3.68	0.63	0	11.90
	水尻	2.90	3.42	9.99	2.68	20.30	1.37	0.11	9.08
	△	0.39	-3.42	-2.98	-1.40	-16.6	-0.74	-0.11	2.82
福井県今立	----	2.94	0.87	4.4	1.15	1.55	1.13	0.48	12.30
	水口	5.11	1.28	13.1	2.07	6.19	1.74	0.13	23.50
	水尻	3.05	1.26	3.35	0.82	0.16	1.59	0.12	7.12
滋賀県	水口	3.12	0.96	4.05	0.79	0	1.57	1.24	8.63
能登川町	水尻	3.11	1.75	13.0	2.08	5.29	2.21	0.04	26.20
滋賀県	水口	2.34	2.53	5.27	1.46	0.53	1.37	0.08	4.78
能登川町	水尻	2.69	2.56	7.93	0.11	1.5	1.8	0.46	9.64
滋賀県	水口	----	----	----	----	----	----	----	----
安土町	水尻	3.44	1.45	4.20	0.92	0.90	1.23	0.10	14.9
平均	自然	2.92	1.01	4.49	0.74	0.43	0.88	0.19	9.33
	慣行	3.54	2.01	8.31	1.61	4.45	1.34	0.26	15.90

(----- データなし)

表4 水溶性イオンと自然農法耕作年数の相関行列

	年	EC	Na	K	NH4	Mg	Ca	P	Cl	N03	S04
年	1.000										
EC	.007	1.000									
Na	.316	.280	1.000								
K	-.346	-.095	-.147	1.000							
NH4	-.136	.177	.527	.559	1.000						
Mg	-.418	.479	-.086	.251	.184	1.000					
Ca	-.441	.543	.187	.236	.252	.791	1.000				
P	-.316	.274	-.296	.215	.030	.846	.533	1.000			
Cl	.041	.458	.741	.339	.650	.248	.488	.046	1.000		
N03	.047	.048	.275	.328	.703	-.239	-.221	-.187	.264	1.000	
S04	-.114	.808	.168	.171	.340	.441	.556	.356	.502	.239	1.000

表5 水田土壌の水溶性イオン分析を基にした主成分分析

因子	成分1	成分2	成分3
年	-.344	.445	.515
EC	.697	-.002	.535
Na	.328	.728	.385
K	.430	-.0.08	-.765
NH4	.606	.608	-.411
Mg	.758	-.552	-.003
Ca	.629	-.320	.129
P	.557	-.631	-.091
Cl	.717	.521	.130
N03	.194	.690	-.419
S04	.780	-.0.04	.238
累積寄与率	36.3 %	60.5 %	76.2 %

成分1 水溶性イオン濃度 (EC 値)

成分2 窒素肥料要因

成分3 土地の低有機物含有率

無施肥無農薬栽培と慣行栽培を行つた園芸植物の気孔について

水 谷 信 雄

芦 田 馨

植物は光合成のための炭素源として大部分大気中の CO_2 を利用する。 CO_2 は葉の表面の気孔(stoma)から吸収されるが、吸収の難易は気孔の数や大きさ、位置(表面に露出しているか、へこんだ所にあるか)などによつても左右されるが、気孔の開度によつて、もつとも影響をうける。気孔がよく開いておれば CO_2 の吸収はよく行なわれ光合成量も大きくなるが、一方蒸散によつて水の消費も大きくなり、植物の生活に適当な水分状態を維持することが困難になつてくる。したがつて光合成を行うとき以外は気孔が敏速に閉じること、また水の消費が少ないわりに CO_2 吸収が大きいことが植物の生活上重要な条件になる。

一般に植物の組織とくに葉の組織は表皮組織や基本組織、通道組織とよばれる組織から構成されているが、そのうち葉の表面をおおっている表皮組織には多くの気孔が散在している(第1図)。

本調査は無施肥無農薬栽培と慣行栽培を行つているキュウリとトマトの葉にみられる気孔数と大きさ、分布状態などを調べ、それらとキュウリ及びトマトなどの生育とのかかわりを探つた。調査は生育中のキュウリ及びトマトの3葉目と6葉目の葉を対象にスンプセットを使つて気孔の数や分布状態を調べさらに電子顕微鏡で気孔の大きさなどを測定し第1表及び第1図にしめした。

一般に高等植物の葉などにみられる気孔はソラマメ型かまたは半月型の孔辺細胞という1対の特殊な細胞で囲まれた孔である(第3図)。この1対の半月型の孔辺細胞は内部の膨圧の変化で開閉運動が行われる。また孔辺細胞はふつうの表皮細胞にはない葉緑粒や澱粉粒がふくまれている。また気孔は植物の種類によつていろいろであるが、一般的には 1mm^2 に40~300個ほど散在するが、野菜類では40~100個程度のものが多いとされている。また気孔の大きさはカボチャやヘチマなどで長径が 6μ 、短径が 3μ 程度とされている。

本調査では第1表に示したようにキュウリの6葉目で気孔数が55個ともつとも多く、気孔の大きさも長径6.8、短径3.1と最大であつた。またトマトについても6葉目で53個と気孔数は多かつた。また慣行栽培で得た葉の気孔数及び大きさはいずれも無施肥栽培より少なく大きさも小さかつた。この時期同時にそれぞれの生育調査も行つており同化作用をつかさどる気孔の分布や大きさが無施肥栽培の生育などにかかわつているのかどうかを調査している。

第1表・葉面にみられる気孔の大きさと気孔数

種 類	気孔の大きさ		気孔数(1mm ²)
	長 径(μm)	短 径(μm)	
キュウリ3葉目	5.3	2.5	45
キュウリ6葉目	6.8	3.1	55
トマト 3葉目	5.1	2.1	40
トマト 6葉目	6.0	2.3	53
キュウリ(有肥)	5.1	2.0	42
トマト (有肥)	5.0	2.1	33



トマト(3葉目)



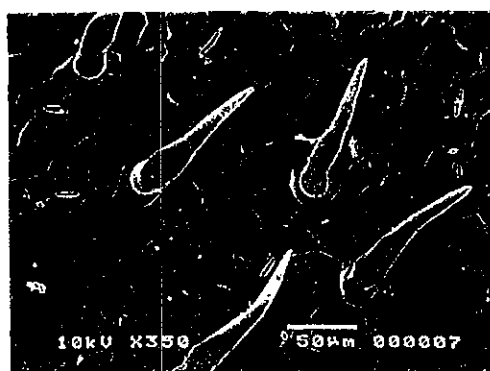
キュウリ(3葉目)



トマト(6葉目)



キュウリ(6葉目)

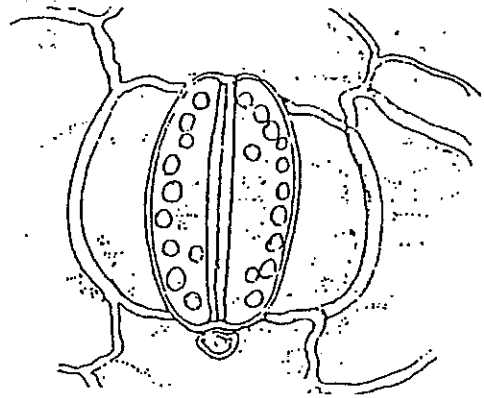
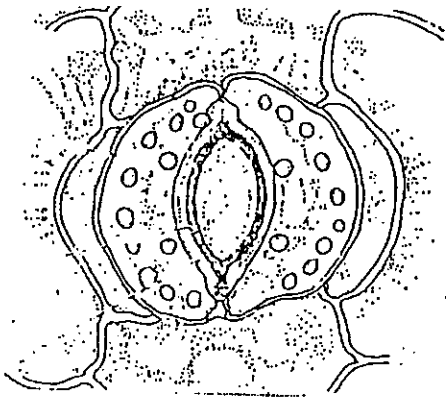
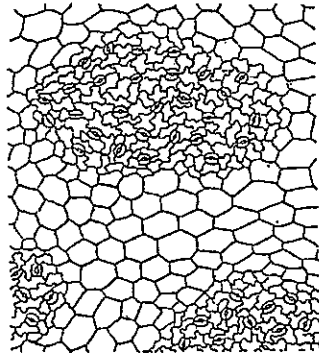


トマト(有肥6葉目)



キュウリ(有肥6葉目)

第1図・キュウリ及びトマトの気孔の大きさとその分布



第2図 気孔の拡大図