

### 第3章 被覆および耕うん法の相違が数種 作物の生育量と収量および土壌の 物理・化学性へ及ぼす影響

#### 3-1. まえがき

一般的な不耕起栽培は、一連の圃場作業の中から耕うんや整地の行程を省略することで成り立っている。この栽培法がもつ土壌や水の保全効果に加えて、投入労力やエネルギーの節減効果が次第に農家に理解されるようになり、またそのための基礎となる研究成果も、最近では欧米を中心に数多く報告されるようになってきた。

例えば土壌の諸条件に及ぼす影響として、不耕起栽培により土壌が締まって固まり、孔隙率の減少を引き起こしたという報告 (Ehlers, 1973) や、耕うんを数年間やめた後も土壌の締まり具合はほとんど変化しないという報告 (Ellisら, 1976) 等がある。一方、作業機の重量に対する土壌の耐性は、年々耕うんされ続けてきた土壌よりも、数年間耕うんされなかった土壌の方が高いという報告も多い (Baeumer・Bakermans, 1973; Soaneら, 1975; Soane・Pidgeon, 1975)。

このように土壌の物理性に対する影響だけみても不耕起栽培は、そのメリットとデメリットが混在している。くわえて耕うん法の効果は気象条件や土性・土質の差異に著しく影響を受けるため、非常に複雑に要因が絡み合っている。

さらに、これら既往の不耕起栽培は、単に「耕さない」という耕うん技術のみを慣行法に加えた不耕起栽培が多く、また除草剤を前提にしたものや大規模機械化による省力効果を重視したもの (Merwin・Stiles, 1994; 上沢, 1994) 等様々である。これらは筆者のいう小規模・多様・循環・適量生産を意図した技術すべてが結びついた「被覆不耕起栽培」とは大きく異なり、単純に個々の項目を比較するだけでは不十分である。

また不耕起栽培の効果について、Russell (1981) は、直接的効果として、①土壌を攪乱する程度が土壌特性に及ぼす影響と、間接的効果として、②地表に残された植物残渣が土壌に及ぼす影響の2つに分けている。そして、過去の実験の多くは、この2つの効果をはっきり区別して捉えていないとし、これらの効果をそ

れぞれ明確化するための実験を行う必要があるとしている。

本試験では、筑波大学農林技術センター圃場のウメ・カキ樹間内において、1991年春季から耕うん法の異なる試験区を、さらに1993年秋季からは被覆効果を調べる試験区を設定した。そしてこれらの被覆および耕うん法の相違が、作物の生育量・収量、作物根の形態・活力、そして土壌の物理・化学性に及ぼす影響を1995年7月まで調査した結果について検討し、「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」の可能性を考えた。

### 3-2. 試験方法

1) 供試圃場とその前歴および土壌：供試圃場は、筑波大学農林技術センター内にある面積21aの平坦地で、約10年間ツバキ・ツツジ等の花木見本園として、年数回の刈取りを主とする下草管理をしていた（表2-2）。圃場周囲は数十種類のサクラが植栽されており、それに隣接してアカマツや数種の落葉広葉樹の雑木林が位置する。土壌は火山灰土壌で土性は重植土(HC)である。

2) 開設と果樹の栽植：1991年1月、心土をあまり攪乱しないよう配慮して、花木樹をパワーショベルにより抜根し、それより深部の根は深さ40cmの位置で切断しそのまま地中に残した。その後、均平に整地した。

供試果樹は、現在の主要な落葉果樹のうち、比較的病虫害に対する抵抗力の強いとされるウメとカキとした。1991年2月に1年生ウメ‘白加賀’，‘梅郷’，1年生カキ‘富有’，‘平核無’を各48樹ずつ、350cm×175cmの栽植密度で、ウメ・カキ交互に4品種各2列ずつ、計8列栽植した（図2-7）。なお、花木樹の抜根跡と新植位置が重複しないように考慮して配置した。また1樹あたり腐葉土（市販）5l，粉末状の農業用炭素（株）エレクトロン）2lを植え穴に混入した。なお詳細は第2章-2に記した。

#### 3) 試験内容

(I) 試験区の設定：以下のように6試験区を設置した。なお、試験区の概要説明を表3-1に、試験区の配置を図2-7に示す。①鋤込み耕起(IRT)区；間作作物栽培終了後にハンマーナイフモアで細断し、歩行型ロータリで前作残留物ごと耕うん（耕深15cm，果樹栽植列約60cm分は除く，以下同様）し，その約10日後に間作作物を播種する区。②被覆不耕起(MNT)区；同様に間作作物栽培後に刈取った残

リーゴールド‘マサイ’を同時に栽培した。

播種は、基本的に350cmの樹間内に4条、条間60cmで適量（例えばエンバクは5kg/10a）を手作業で行った。また同一場所に条位置が重ならないように作付ごとに左右数cmずつずらす工夫をした。

CS区は毎年10月上旬にハンマーナイフモアで地際まで刈込み後、アカクローバ‘ハミドリ’とシロクローバ‘カリフォルニアラジノ’を各4kg/10a播種した。徐々に被度が減少してきたので、1994年10月には多年生のシロクローバの代わりに1年生のクリムソクローバ（株雪印種苗）を導入した。

4）栽培管理：果樹の栽植直後の1991年3月に、圃場全面に鶏糞主体の有機質肥料（山岸会）540kg/10aおよび粉末状の農業用炭素（果樹の植え穴に混入したものと同一）200kg/10aを散布した。それ以後は無施肥、無農薬、無せん定で管理した。雑草は基本的に年2回、間作作物の作付前の6月と10月に刈敷き被覆した。

5）測定項目：ウメ・カキは樹体調査として樹高、樹幅、切戻し位置（地表からウメは60cm、カキは130cm）の幹径、新梢長を毎年冬に測定した。1995年2月にはウメ‘白加賀’を解体し、部位別乾物重を調べた。地下部については、1992年12月に圃場の短辺に平行に土壤断面を深さ60cmまで作成し、ウメ樹の根系をスケッチをした。また根の活力をみるため、以下のように根の酸素消費量を測定した。適宜レスピロメータ付きの反応容器（O<sub>2</sub>UP TESTER：株大洋科学工業）内にpH 5.5のリン酸バッファ300mlと、根試料（地上部生育量が各試験区で平均的な数個体から採取）を生体重で3.0gずつ入れ、25℃・暗黒条件下で酸素消費量を適宜測定した。収量調査として1994年から結果数と一果実重を測定した。果樹の測定は、地上部調査については各試験区6樹を、地下部および解体調査については地上部生育量が平均的な3樹を用いた。

間作作物は各栽培終了時に草丈は各処理区40個体を、地上部乾物重は各1m<sup>2</sup>ずつ3カ所測定した。地下部については果樹と同様に実施したが、根の活力試験として、色素トリフェニルテトラソリウムクロライド（TTC）による活力測定を分光光度計を用いて併せて測定した（吉田，1996）。

土壤調査として、土壤硬度、土壤pHおよび土壤ECを経時的に測定した。土壤硬度は1991年から1993年の11月にIRT区とMNT区に測定用の深さ70cmの土壤断面

リーゴールド‘マサイ’を同時に栽培した。

播種は、基本的に350cmの樹間内に4条、条間60cmで適量（例えばエンバクは5kg/10a）を手作業で行った。また同一場所に条位置が重ならないように作付ごとに左右数cmずつずらす工夫をした。

CS区は毎年10月上旬にハンマーナイフモアで地際まで刈込み後、アカクローバ‘ハミドリ’とシロクローバ‘カリフォルニアラジノ’を各4kg/10a播種した。徐々に被度が減少してきたので、1994年10月には多年生のシロクローバの代わりに1年生のクリムソンクローバ（株雪印種苗）を導入した。

4）栽培管理：果樹の栽植直後の1991年3月に、圃場全面に鶏糞主体の有機質肥料（山岸会）540kg/10aおよび粉末状の農業用炭素（果樹の植え穴に混入したものと同一）200kg/10aを散布した。それ以後は無施肥、無農薬、無せん定で管理した。雑草は基本的に年2回、間作作物の作付前の6月と10月に刈敷き被覆した。

5）測定項目：ウメ・カキは樹体調査として樹高、樹幅、切戻し位置（地表からウメは60cm、カキは130cm）の幹径、新梢長を毎年冬に測定した。1995年2月にはウメ‘白加賀’を解体し、部位別乾物重を調べた。地下部については、1992年12月に圃場の短辺に平行に土壤断面を深さ60cmまで作成し、ウメ樹の根系をスケッチをした。また根の活力をみるため、以下のように根の酸素消費量を測定した。適宜レスピロメータ付きの反応容器（O<sub>2</sub>UP TESTER：株大洋科学工業）内にpH 5.5のリン酸バッファ300mlと、根試料（地上部生育量が各試験区で平均的な数個体から採取）を生体重で3.0gずつ入れ、25℃・暗黒条件下で酸素消費量を適宜測定した。収量調査として1994年から結果数と一果実重を測定した。果樹の測定は、地上部調査については各試験区6樹を、地下部および解体調査については地上部生育量が平均的な3樹を用いた。

間作作物は各栽培終了時に草丈は各処理区40個体を、地上部乾物重は各1m<sup>2</sup>ずつ3カ所測定した。地下部については果樹と同様に実施したが、根の活力試験として、色素トリフェニルテトラソリウムクロライド（TTC）による活力測定を分光光度計を用いて併せて測定した（吉田，1996）。

土壤調査として、土壤硬度、土壤pHおよび土壤ECを経時的に測定した。土壤硬度は1991年から1993年の11月にIRT区とMNT区に測定用の深さ70cmの土壤断面



(圃場の短辺と平行)をつくり、地表から10cm, 20cm, 40cmおよび60cmの深度について山中式土壤硬度計を用いて、各位置5点ずつ測定した。土壤pH・ECは毎年5月, 9月, 12月に全試験について、pH(H<sub>2</sub>O)とpH(KCl)をガラス電極pHメータで、土壤ECを電気伝導率計で測定した(第2章-3-1参照)。

また土壤化学分析として1995年6月、間作作物栽培終了時点の全試験区の土壤の上層(0cm~10cm)と下層(15cm~25cm)から各試験区5カ所ずつ採取し、全炭素、全窒素をCNコーダで、CEC, P, Ca, MgおよびKを常法により測定した。

なお、調査項目の中で、土壤を大きく攪乱することが予想される根系、根の酸素消費量および土壤硬度調査については、試験圃場面積に制約があるため、本試験区中とくに注目したIRT区とMNT区の2試験区だけの調査とした。

### 3-3. 結果および考察

1) ウメ・カキの地上部生育量: まず、ウメ樹は致命的な病虫害の発生はなかったものの、展葉期におけるアブラムシは比較的発生が多かった。その発生程度を0から4の5段階評価(0:発生皆無, 4:ほぼ全新梢で発生)で表3-2に示す。1993年に対して1995年は全体的に発生が多かったが、試験区間では両年ともにCS区・WS区の発生が少なく、MNT区がこれに続き、IRT区が一番多発生状態だった。しかし数回のアセピ・ニンニク液の散布により、全樹とも被害を抑えることができた。カキ樹は枯死した樹も多かったが、これは苗木の段階ですでにタンソ病り病樹が多かったためと思われた。とくにMMRT区では生存樹がわずかであったため以下の表には示さなかった。

被覆および耕うん法の相違がウメ‘白加賀’(表3-3), ‘梅郷’(表3-4), カキ‘富有’(表3-5), ‘平核無’(表3-6)の地上部生育量に及ぼす影響をみると、全般的に4年間で少しずつ樹高, 樹幅および幹径が生長している様子がわかる。なお、栽植5年目のウメとカキの生育概況を図3-2に示す。

ウメ・カキ各品種ごとの特徴を比較するため、栽植4年後にあたる1994年冬季の地上部生育量の結果をまとめて表3-7に示したが、‘平核無’を除く‘白加賀’, ‘梅郷’および‘富有’のMNT区の生育量はIRT区と比較して、すべての測定項目で高い傾向にあった。‘平核無’ではMNT区の生育量がIRT区に劣った結果を示し

たが、これは上記したように、処理による要因以上に、明らかに病による影響が個体によって顕著に現れていたためだと考えられ、ここでは考察からは除外する。

つぎに各試験区間の生育量の相違を最も明確に現していると思われる総新梢長について、ウメ・カキ樹の4年間の経時的変化を図3-3に示す。全試験区において総新梢長は4年間を通じて全体的に増加傾向がみられ、とくに1993年から1994年の総新梢長の増加量が著しかった。IRT区、MNT区、CS区およびWS区ではその増加程度は2～5倍前後であり、また‘白加賀’ではMNT区の、‘梅郷’と‘富有’ではCS区の成績が各々優れていた。この4試験区でのウメ2品種とカキ‘富有’について総じてみると、MNT区とCS区における総新梢長に代表される生育量は他の試験区に比べて高い傾向にあり（表3-7）、耕うん法の相違による影響に加えて、クロタラリアやクローバ等のマメ科緑肥作物の導入効果も考えられた。

一方、MMNT区は、その設定直後の1993年冬の総新梢長が‘白加賀’は185cm、‘梅郷’は387cmと他の4試験区に比べて少い傾向にあった。しかし1994年冬には各々1999cm、4377cmへ、ともに10倍以上の急激な増加を示しており、投入した林床有機物被覆による効果が、1年以内に早くも生じたことがわかる。

伊藤ら（1981b）は敷草、敷わらがその分解過程での土壌への溶脱成分を通してモモ実生の生長に及ぼす影響をみたが、総じて地上部で促進効果があったものの、敷草材料によって効果が異なること、またその効果にN養分の関与も無視できないが、他にも大きな影響を及ぼす要因（アレロパシー物質の増加、土壌微生物の増殖等）のあることを推察している。

2) ウメ・カキの地下部生育量：栽植後2年経過した時点の‘梅郷’について、調査したIRT区とMNT区の3樹のうち平均的な根系を代表して図3-4に示す。IRT区は地表からの深さ20cm前後に根が集中して分布し、40cm以下にはほとんど伸長がみられなかった。それに対してMNT区では地表下50cmまでの範囲に根系が充実しており、60cm以下にも根の侵入が観察できた。また‘白加賀’については両試験区間の根系に差はみられなかった。

つぎに栽植5年後の‘白加賀’の部位別乾物重の分配率を図3-5に示す。地上部および地下部乾物重とも4試験区間で明かな相違はなかったが、分配率でみると径5mm以下の細根量の割合がIRT区では4.8%で他試験区の8%前後と比べてかな

り低い特徴が現れた。

千葉（1982）はクリおよびモモ成木の根群の垂直分布に及ぼす土壌管理法の影響をみたが、地表面付近における根群密度はクリでは清耕法に比べて草生区で高いが、モモでは逆に低い結果だった。また伊藤ら（1981a）による数種の雑草草生がリンゴ幼木の根群の発達および分布に及ぼす影響についての調査では、草種により、草生区が裸地区とほぼ同程度の発達を示すものと抑制されるものがあり、また細根量についても草種によって異なった。これらのことから、果樹の樹種や樹齢および雑草の種類によって管理法による影響は異なることがわかる。本試験ではウメ樹の地上部生育量はIRT区とWS区間に大差なく（表3-7）、地下部の細根量の割合の相違は地上部に明確な影響を及ぼしていないようだった。一方、草生法の延長として位置づけられるMNT区でみられた地下部における細根の絶対量の多い特徴は、地上部生育量に好影響をもたらしたと考えられる。

つぎに根の酸素消費量の結果を表3-8に示す。測定時期はウメは7月中旬、カキは10月初旬で、ともに根の発育に2波相あるうちの第2次生長盛期にあたる（大坪，1985；中村，1985）。ウメ・カキの根はともにIRT区よりMNT区の酸素消費量が上回る傾向にあり、根の呼吸がMNT区で活発であったことが推測できる。これは活性が高いとされる細根群がMNT区で充実していた結果と一致した。

3) ウメ・カキの収穫量：1994年と1995年のウメの収量結果を表3-9に示す。一果実重については両年とも‘白加賀’ではMNT区が他の4試験区よりも大きかったが、‘梅郷’では試験区間で顕著な差がみられなかった。また樹当たりの収量については、1995年のMNT区は‘白加賀’で228g，‘梅郷’で439gで、ともに全試験区間で最高収量だった。Merwin・Stiles（1994）は土壌管理の相違によるリンゴ幼木への影響を調査したが、地上部生育量、とくに幹断面積と収量はともに似た傾向を示し、敷わら区が一番優れ、以下、除草剤管理のイネ科牧草草生区、清耕区、刈敷き管理のイネ科牧草草生区の順に低くなった。またWelker・Glenn（1988）によるモモ幼木での試験でも、地上部生育量および収量に及ぼす影響は、Merwin・Stilesの結果とほぼ同様だった。これらと本試験を比較すると、敷わら区をMMNT区、清耕区をIRT区、刈敷き管理の草生区をイネ科雑草の優占するWS区、そして雑草抑制程度が類似している点で除草剤管理の草生区をMNT区と各々仮定すれば、まずMMNT区では多被覆効果が総新梢長等の生育量にはみられたものの、収

量にはその影響は現れていないようだった。それに対して他の試験区では総じてMNT区の収量が高く、生育量の結果と同様に明確な相違がみられなかったIRT区とWS区がこれに続き、ほぼ既往の試験結果と類似した。

ただしウメは両品種とも1994年から結実を始めたばかりで、未結果樹も多かったため樹によるばらつきが大きかった。両品種とも自家不結果性の性質が強く、主要品種である‘白加賀’はとくに花粉量も少なく、一般に受粉樹として‘梅郷’がよく栽植される（土方，1985）。したがって収量に及ぼす影響を詳しく考察するためには、両品種の開花期の一致程度や、収量構成要素としての受粉・受精率等の調査も併せて行う必要があるだろう。

カキについて1994年と1995年の‘富有’樹の収量を表3-10に示す。‘富有’は1993年から結果を開始したが、年次を重ねることに収穫量は少しずつ増加を示した。1994年ではMNT区、CS区およびWS区について比較すると、一果実重はCS区が、樹当たり収穫量はWS区が、そして糖度はMNT区が各々高い傾向を示した。翌1995年には一果実重および糖度について、MNT区が他の4試験区に比べて有意に高い結果となり、被覆効果が考えられた。また樹当たり収量は、樹体ごとのばらつきが大きいものの、全試験区中、MNT区が最高で6308g、IRT区が最低で3503gだった。なお、平核無は1994年まで未結実で、1995年にMNT区の1樹だけ結実（5果実）した。

IRT区とMNT区について、ウメとカキの収穫果実の結果をまとめて考えると、一果実重には明確な相違はみられなかったが、樹当たり収量はMNT区の方が全体的に高くなる傾向が考えられた。

4) 間作作物の地上部生育量：IRT区とMNT区における4年9作の間作作物の地上部生育量の結果と各栽培期間中の降水量を表3-11に示す。試験区を設定して約1年後にあたる3作目ライムギ（図3-6）以降すべての作物において、草丈と地上部乾物重ともにMNT区の方がIRT区よりも上回った。この結果はとくに、IRT区の間作作物の生育が著しく悪化しているためであると考えられ、今後もその傾向は強くなることが推測される。一般に不耕起栽培での生育量や収量をプラウ耕やロータリ耕と比べた場合、圃場条件によりその優劣は様々である（坂井 1988）。坂井ら（1994）は土性の異なる3種土壌での収量を比較し、ロータリ耕区と不耕起区についてみると、SiC土壌ではトウモロコシ・オオムギとも不耕起区の収量が

高く、他のLおよびLS土壌では逆にロータリ耕区が高い傾向であったとしている。他の試験例でも、粘土含有率の高い土壌の多くでは不耕起栽培の高収量性がみられ、HC土壌である本試験圃場の結果と一致する。

さらに不耕起栽培で一般に生育不良や減収の原因とされる、播種機に起因する出芽率低下と雑草との競合について考えると、本試験では手作業による播種だったこともあり、出芽率は良好だった。雑草競合については、初期生育の速いクロタリア等の緑肥作物中心の作付だったため、問題になるほどの雑草害は確認されなかった。なお、ここ数年異常気象が世界的に問題となっているが、降水量については作期ごとに大きく変化した。しかし両試験区とも土壌含水比は40%前後に維持され、間作作物の生育との関連もみられなかった。

またIRT区と同様、MNT区でも生育量は徐々に減少傾向を示したため、イネ・マメ科と異種のキク科作物を94年夏作に作付した他、有機物の導入を図った。つまり、圃場外の隣接マツ林から林床有機物を移入し、その被覆効果を間作作物の生育結果でみたのが表3-12である。多被覆後、約半年経過した93年冬作以降、94年冬作エンバクの乾物重を除いて、MMNT区がMMRT区より高い生育量を示しており、ここでも不耕起栽培が上回った結果となった。またMMNT区とMNT区、MMRT区とIRT区をそれぞれ比較すると被覆物を加えた方がともに生育量が多く、被覆効果も同えた。この傾向は94年冬作コムギの穀粒収量でも同様に現れた。生育量の年次変化に注目すると、91年冬作ライムギのMNT区が地上部乾物重で1322g、93年冬作ライムギのMMNT区が824gであり、また92年冬作エンバクのMNT区が322g、94年冬作エンバクのMMNT区が298gだった（表3-11、表3-12）。これはMMNT区が、2年前の生育量近くまで回復したとも考えられ、土壌養分循環の点だけに限ってみれば、年間で300kg/10aの被覆物投入から還元された成分が、空气中へ放出した、あるいは深層部へ溶脱した養分量をある程度補ったと推測できる。

5) 間作作物の地下部生育量：間作作物の根の形態について、収穫期直前の播種96日後のクロタリアと播種203日後のライムギを図3-7に示す。ウメと同様にMNT区がIRT区に比べて、明らかに細根量の多い特徴が観察できた。また代表して94年冬作のエンバクおよびコムギの地下部乾物重を地上部乾物重と比較して表3-13に示す。地上部と同様に地下部についても乾物重は両作物ともにMMNT区が一番高く、MMRT区・MNT区、IRT区の順に低くなった。地上部と地下部乾物重の比率で

あるT-R率でみると、IRT区は他の3試験区と比較してエンバクは9.4%と低かったが、コムギでは逆に18.3%で著しく高かった。

既往の報告では、根長密度 (Root length density: 単位は $m/cm^3$ ) についてみると、不耕起区は耕起区に比べて根長密度が低いというオオムギの例 (Ball・O'Sullivan, 1987; O'Sullivan, 1985) や、逆に不耕起区の方が根長密度が高いというキャッサバの例 (Opara-nadi・Lal, 1987), あるいは深さ0~15cmでは不耕起区の根長密度の方が高いが、それ以下の層では耕起区の方が高いというダイズの例 (NeSmithら 1987) 等、耕起区と不耕起区間の根の生育傾向は必ずしも一定していない。また、コーンの根については、Barber (1975) が、不耕起栽培における根はその多くが表層部分に分布し、しかも本数が少なく1本が肥大するという特徴があると報告している。本試験のクロタラリアの形態的特徴は、「表層部の根長密度が高かった」という同じマメ科のダイズの事例と類似している。

つぎにIRT区とMNT区のクロタラリアの各生育段階およびライムギの生育初期における根の酸素消費量の結果をみると (表3-14), いずれもMNT区がIRT区を有意に上回り、MNT区の根の活性が高いことが推察される。さらに比較試験として実施したTTC還元力の測定によるクロタラリアの根の活力は、IRT区ではMNT区の約56%だった。この呼吸能は根の活力そのものとは言えないが、ある環境条件下にある一次生長根の活力として概括的に捉える場合、呼吸能の測定は非常に有効である (吉田, 1966)。金田 (1991) による低湿重粘土水田での耕うん法の相違による水稻根重とその活力の調査では、不耕起区の根は深根性で根量も多く、 $\alpha$ -ナフチルアミン酸化量の測定による根の活力も、不耕起区で高いことを示している。本試験でも同様にMNT区における根群、とくに細根の発達した根の高い活性が示され、MNT区の根の健全性が確認された。

6) 土壌硬度: 土壌硬度の結果を図3-8に示す。図中の値は1991~1993年の測定値を深さ別にまとめた平均値である。表層部10cmではIRT区はMNT区よりも低い値であったが、20cm以下では両区はほぼ同様な変化を示した。既往の文献でも、耕起 (プラウ耕) 区と比較して不耕起区の方が、表層部 (深さ0~10cmあるいは0~20cm) の硬度は高いが、深さ15~30cmになると両者に差が認められなくなる場合が数例みられる (坂井, 1988; Whiteley・Dexter, 1982)。またIRT区の耕うん処理約1カ月後の測定であり、その耕深が約15cmであることから、物理的に耕う

んされた部分が低い値であった他は試験区間に違いはなく、また硬度レベルも大きく上回っていなかった。

土壌圧縮による物理性悪化を測定評価することは、問題の把握と改良対策のため重要であり、土壌硬度や浸透能、かさ密度（仮比重）、気相率、ガス拡散計数等がよく測定されるが、これらは圧縮土の物理性の一面を個々に評価するものであって、総合的な評価にはならない問題がある（岩間，1991）。土壌硬度は土壌水分やかさ密度と関係が深く、とくに測定時の土壌水分状態により一定しないといわれる。本試験では、表層土の土壌水分含量を乾熱法により測定したが、IRT区よりMNT区の方が、冬季では平均約1%、夏季では平均約3%上回っていた。しかし両区とも平均含水比は約40%であり、また本試験の土壌硬度の測定は冬季に行ったことから、土壌水分の影響は少なかったと考えられる。

最近、Leley（1985）は物理性機能をより総合的に表現するものとして非制限有効水分域を提案しているが、現在はこれらの指標を用いて、作物生育の場としての土壌圧縮評価と問題点が解明されつつある段階である（遅沢ら，1990）。

7) 土壌pH・EC：IRT区，MNT区およびWS区の1991～1995年の土壌pHの経時的变化を図3-9に示す。全体的にみると3試験区とも秋から冬に土壌pHが上昇する傾向がみられたが，1993年冬以降はほぼ5.5～6.0の範囲で安定した。試験区間別では4年間を通じてWS区が一番高い傾向にあり，以下MNT区，IRT区の順に低く推移した。なおCS区は図には表さなかったが，ほぼWS区と同様な年次変化を示した。

つぎに全6試験区間について1993年冬以降の土壌pHの経時的变化を表3-15に示す。総じてCS区とWS区が6.0前後を示して高い傾向にあり，MMNT区，MNT区が続ぎ，MMRT区とIRT区が5.6付近を推移した。すなわち，間作作物を栽培していないCS区とWS区の土壌pHが高く，不耕起であるMMNT区とMNT区が中程度で，耕うんを施したMMRT区とIRT区が本供試作物では適正範囲内であるものの，相対的に低い値であった。したがって耕うんや播種作業等の土壌攪乱の度合いが大きいほど土壌pHは低下する傾向があると考えられる。坂井ら（1989）は不耕起栽培コムギは耕起栽培に比べて，収量と土壌pHの低下がみられ，石灰施用効果がpHと収量への寄与として把握されたことから，適正収量を阻害する要因として，低土壌pHが関与している可能性が高いとしている。これとは反対に本試験では耕うん処

理した区よりも被覆不耕起管理の区の方が、とくに間作作物の生育量・収量が高く、また土壌pHも高く推移したが、低生育量・収量と低土壌pHの関連は坂井らと同様に考えられた。

つづいて全6試験区間について、同じように1993年冬以降の土壌ECの経時的変化を表3-16に示す。全体的に各々の試験区内では変化の幅は小さく、低土壌EC値で一定した推移を示した。平均値でみると、MMNT区が61.0 $\mu$ S/cmで最高値を示し、以下MNT区・MMRT区、CS区と続き、WS区・IRT区が37~38 $\mu$ S/cmで低値であった。土壌ECは土壌中のマイナス電荷の量を表すが、一般的に土壌ECが低いということは硝酸( $\text{NO}_3^-$ )が土壌中に少ないことが考えられる。つまり、本供試圃場は全体的に、肥料養分量が少ないこと、さらにMMNT区やMMRT区が比較的高い土壌ECを示したことは、投入被覆物からの養分の溶出が影響したことが予想される。

8) 土壌の化学分析：極端な少施肥条件で管理した開設後5年目にあたる1995年6月の土壌の化学分析結果を表3-17に示す。まず全体的にみると、腐植含量(全炭素)は上層・下層部とも多く、全窒素量とCEC値も比較的高いことから、良好な保水・保肥力があることが推察される。しかし置換性塩基の含有量はいずれも少なく、また可給態リン酸も著しく低値だった。置換性塩基について単位をmg当量に直し、その飽和度と組成を表3-18に示す。塩基飽和度は全般的に10%と非常に低く、最高のMMNT区でも約20%程度だった。なお、塩基組成はCa:Mg:K=5:2:1が適正バランスであるとされるが、カリウムの割合が少し高いもののほぼこの比率だった。

試験区間の傾向としては、CS区の全炭素・窒素が両層ともに高い含有量であり、還元有機物量の豊富さやクローバによる窒素固定が指摘できる。またMMNT区の上層部で可給態リン酸および置換性塩基、とくにカリウムの含有量が他の試験区と比べて明らかに多かった。数種の植物残渣被覆によるダイズ生育量への影響をみたKitou・Yoshida(1994)の報告によると、植物残渣からの溶脱により、土壌中の置換性塩基と可給態リン酸含有量の増加や土壌pHの上昇が生じ、ダイズの生育量の促進に有効に働くとしているが、これと類似した結果がMMNT区では確認されたことになる。すなわち、土壌有機物の投入が土壌養分保持能・保持量の増加をもたらし、その結果として生育量・収量増に結びついたと考えられる。



しかしIRT区とMNT区についてみると、MNT区は全体的に養分含有量が低く、作物生育量の劣っていたIRT区がいずれの項目も上回る結果となった。第2章-3-2の作付前歴試験でみたように前後作の関係は非常に重要で、とくにイネ科作物の連作により生育量が極端に低下した試験区に、一度のマメ科作物の導入で生育レベルが復元した結果（表2-19）は、養分の過不足とバランスでは説明しがたい。また植物残渣等による被覆栽培では、作物の養分吸収機能は多大な影響を受け、従来の土壤養分の診断基準とは異なる水準が適切な養分環境になるとも考えられる（上沢，1994）。したがってIRT区とMNT区に現れた作物生育量・収量の相違については、土壤pHをはじめとする土壤の化学分析結果の見直しとともに、アレロパシーも含めた総合的な化学的アプローチや、雑草植生および土壤の微生物・小動物相といった生物性調査等も併せて考える必要があるだろう。

最近、熱帯地域のアグロフォレストリーの一形態として、マメ科を中心とする樹木の間で、その残渣被覆を有効に利用して各種作物を栽培する「alley cropping」と呼ばれる作物生産方式が各国で研究されている（例えばMureithiら，1994）。以上のように、この樹木作物をより常在性の高く、永年生物の利点を大いに期待できる果樹に置き換えた形の本作付方式の5年間の調査結果を示したが、ウメ・カキおよび間作作物の地上部生育量と収量は、耕うんの有無および被覆の有無・多少に大きく影響を受けたことがわかり、温暖湿潤なわが国でも「樹」を取入れた作付体系の創出の意味が考えられた。しかしこれらの結果と土壤の個々の化学成分とは明確な因果関係はみいだせなかった。換言すれば、この土壤の化学分析の数値は、本圃場の土壤のもつ基本的な性格と作付の歴史によってつくられた結果であり、細分化された要素の集合である土壤の化学分析を単に作物の生育量や収量と結びつけるのは危険であると捉えることもできる。土質・気候、そして作物・雑草等の植生や土壤動物等の種々の生物の連鎖によって作りだされた土壤を、その生物相について次章で報告し、「果樹作を中心とした被覆不耕起栽培」の有効性をさらに多面的に考えたい。

#### 3-4. 要約

果樹作を中心とした被覆不耕起栽培の評価を検討するため、1991年1月より試験圃場を開設し、被覆および耕うん法の影響を調査した。

1) ウメ・カキおよびクロタラリアやライムギ等の各種間作作物の地上部生育量には、概して被覆および不耕起の効果がみられた。

2) 地下部についても被覆不耕起の根の深根性で細根量が豊富な特徴、そして呼吸量の高いことが確認された。

3) 果樹の収量では、結実を開始して間のないため樹によるばらつきが大きかったが、ウメとカキについて全体的にみると、一果実重では明確な差はみられなかったが、樹当たり収穫量では被覆不耕起の方が多くなる傾向が現れた。

4) 土壌硬度は表層部では被覆不耕起の方が高かった。しかし、20cm～60cmの深層部では被覆および耕うん法の相違による影響はなかった。

5) 表土の土壌pHは土壌攪乱の程度との関連がみられ、耕うん・播種作業の度合いが強くなるほど土壌pHは低下した。

6) 被覆不耕起栽培のより適正な土壌環境条件下で、土壌養分が有効に働くのではないかと推察されたが、土壌の化学分析結果と作物の生育量・収量との間に明確な関連性はみいだせなかった。

表3-1 被覆および耕うん法試験における各試験区の概要説明  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1995年)

試験区名	略記	英名	処理			面積	設定開始
			被覆	耕うん	作物栽培		
鋤込み耕起	IRT	Incorporated Rotary Tillage	無被覆	耕起	条播栽培	1.4 a	1991年4月
被覆不耕起	MNT	Mulch No-tillage	普通量被覆	不耕起	条播栽培	1.4 a	1991年4月
クローバ草生	CS	Clover Sod	普通量被覆	不耕起	散播栽培	1.4 a	1991年4月
雑草草生	WS	Weed Sod	普通量被覆	不耕起	無栽培	1.4 a	1991年4月
多被覆耕起	MMRT	Much-Mulch Rotary Tillage	多量被覆	耕起	条播栽培	0.7 a	1993年10月
多被覆不耕起	MMNT	Much-Mulch No-Tillage	多量被覆	不耕起	条播栽培	0.7 a	1993年10月
隣接雑木林	AG	Adjoining Grove	普通量被覆	不耕起	無栽培	1.4 a	1993年10月

試験区はウメ・カキ（栽植密度350cm × 175cm）の樹間内に設定した（AG区は除く）。

被覆処理：普通被覆は作物・雑草を刈敷き，被覆した状態で，無被覆は耕うん時にその植物残差を鋤込み，さらに多量被覆はAG区の林床有機物を毎年12月に300kg/10a 移入した。

耕うん処理：耕深15cm，果樹栽植列約60cm分は除く。

作物栽培：条播栽培は基本的に樹間350cm内に4条，条間60cmでイネ・マメ科の緑肥作物を中心に作付した。

散播栽培はクローバ2品種を適宜混播した。

MMRT・MMNT区は1993年10月以前はMNT区と同様な管理を行っていた（作付前作試験のCP(Corn・Potato)区の跡地）。

AG区は第4章（雑草植生および土壌動物相）においてのみ，参考として設置した。

表3-2 被覆および耕起法の相違によるウメ樹のアブラムシ発生程度の変化  
(筑波大学農林技術センター圃場：1993，1995年6月)

			‘白加賀’	‘梅郷’
鋤込み耕起	IRT	93	1.1 ± 0.5	2.5 ± 0.5
		95	3.6 ± 0.2	2.8 ± 0.3
被覆不耕起	MNT	93	0.9 ± 0.3	1.9 ± 0.5
		95	3.1 ± 0.1	2.9 ± 0.2
牧草草生	CS	93	0.4 ± 0.4	0.8 ± 0.8
		95	2.8 ± 0.7	1.5 ± 0.9
雑草草生	WS	93	0.9 ± 0.5	1.7 ± 0.8
		95	2.0 ± 0.4	2.6 ± 0.5

数値は5段階評価値(0：被害皆無～4：被害甚大) ± S.E.

表3-3 被覆および耕うん法の相違がウメ‘白加賀’の生育へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1994年冬季)

	年	樹高cm	樹幅cm	幹径mm	総新梢長cm	平均新梢長cm	
多被覆不耕起	91	81±3	39±3	10.6±0.4	279±26	15±1	
	MMNT	92	90±4	49±3	12.8±1.0	109±36	15±4
	93	101±8	56±6	18.5±1.1	185±55	9±1	
	94	184±9	119±15	27.5±2.2	1999±427	25±3	
鋤込み耕起	91	83±3	37±3	10.7±0.5	267±29	14±1	
	IRT	92	132±9	79±7	15.6±0.8	479±121	26±3
	93	148±11	106±9	23.1±0.8	579±121	10±1	
	94	169±9	128±10	27.9±1.8	1167±278	12±1	
被覆不耕起	91	92±2	44±2	11.8±0.4	349±25	15±1	
	MNT	92	152±10	88±7	18.2±0.9	664±81	32±3
	93	161±8	114±7	24.2±1.1	755±139	12±1	
	94	189±6	147±8	31.9±2.2	2051±335	19±4	
牧草草生	91	92±7	34±4	11.7±0.3	224±42	13±2	
	CS	92	146±18	71±11	16.4±1.3	637±132	32±5
	93	150±17	88±15	22.3±1.8	284±125	7±1	
	94	188±12.3	108±17	26.4±3.4	1340±479	21±4	
雑草草生	91	99±6	42±4	11.7±0.3	294±36	14±1	
	WS	92	147±11	79±6	19.2±0.7	736±87	48±5
	93	160±15	108±10	24.7±1.4	703±192	10±1	
	94	168±15	120±16	27.3±2.9	1331±691	9±1	

各数値は平均値±S.E.

表3-4 被覆および耕うん法の相違がウメ‘梅郷’の生育へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1994年冬季)

	年	樹高cm	樹幅cm	幹径mm	総新梢長cm	平均新梢長cm	
多被覆不耕起	91	85±3	38±2	8.8±0.3	252±31	12±1	
	MMNT	92	98±9	55±6	12.1±1.0	210±75	15±3
	93	123±11	75±7	20.6±1.5	387±140	12±4	
	94	216±21	142±15	31.0±3.0	4377±1564	25±1	
鋤込み耕起	91	92±5	36±2	9.2±0.3	286±23	13±1	
	IRT	92	139±11	71±6	14.8±0.7	501±86	29±3
	93	146±10	90±6	19.9±0.6	501±82	10±1	
	94	167±7	106±6	23.8±1.3	832±168	11±1	
被覆不耕起	91	97±8	38±4	9.2±3.0	325±51	14±1	
	MNT	92	146±13	83±10	14.2±0.8	650±119	27±3
	93	157±11	95±10	19.7±0.9	361±65	10±1	
	94	195±12	114±8	27.1±1.2	1075±192	21±6	
牧草草生	91	99±7	45±5	09.0±0.8	385±053	14±1	
	CS	92	150±37	084±08	14.9±2.0	625±293	32±8
	93	149±40	094±17	21.0±2.4	482±448	9±3	
	94	208±17	124±24	28.7±4.5	1841±576	29±8	
雑草草生	91	102±06	045±04	09.4±0.4	299±019	12±1	
	WS	92	139±08	077±03	15.2±0.7	590±073	40±3
	93	145±08	093±06	20.4±1.1	393±158	9±1	
	94	162±09	107±09	20.2±1.3	638±143	11±2	

各数値は平均値±S.E.

表3-5 被覆および耕うん法の相違がカキ‘富有’の生育へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1994年冬季)

	年	樹高 cm	樹幅 cm	幹径 mm	総新梢長 cm	平均新梢長 cm	
鋤込み耕起	91	160±5	30±3	10.8±0.4	179±29	17±2	
	IRT	92	183±7	53±5	16.6±1.2	371±75	13±1
		93	196±19	91±16	27.1±3.3	618±322	11±2
		94	243±30	130±24	31.3±4.7	1727±504	13±1
被覆不耕起	91	159±3	32±3	11.4±0.3	198±18	18±1	
	MNT	92	193±6	64±5	19.6±0.7	502±53	16±1
		93	209±6	100±10	31.2±1.5	540±70	12±1
		94	264±11	148±12	34.6±1.8	1903±237	15±1
牧草草生	91	158±6	26±3	11.9±0.6	181±34	15±2	
	CS	92	189±10	52±5	19.9±1.1	453±78	16±2
		93	222±19	83±10	31.2±2.1	781±252	16±3
		94	277±21	130±16	33.5±3.4	2251±581	17±1
雑草草生	91	164±6	30±3	10.9±0.5	179±31	15±2	
	WS	92	185±9	60±7	18.4±2.1	462±149	15±3
		93	234±12	112±16	35.1±2.1	1341±433	18±2
		94	272±10	145±27	33.8±3.8	1704±620	12±1

各数値は平均値±S.E.

表3-6 被覆および耕うん法の相違がカキ‘平核無’の生育へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991～1994年冬季)

	年	樹高 cm	樹幅 cm	幹径 mm	総新梢長 cm	平均新梢長 cm	
鋤込み耕起	91	134±5	25±2	10.0±0.5	122±11	15±2	
	IRT	92	149±5	39±3	15.8±0.7	199±40	12±3
		93	155±9	57±8	21.1±1.7	267±91	10±1
		94	197±29	94±14	27.8±4.3	1002±373	11±1
被覆不耕起	91	135±3	34±2	10.7±0.4	172±13	17±1	
	MNT	92	144±3	45±2	16.8±0.5	260±25	12±1
		93	143±4	56±5	22.1±1.2	206±49	9±1
		94	169±13	75±11	25.7±2.0	506±207	9±1
牧草草生	91	132±5	36±4	10.6±0.9	235±30	19±2	
	CS	92	149±4	53±5	20.3±0.7	442±33	14±2
		93	166±2	75±4	29.2±1.4	561±36	13±1
		94	213±28	101±8	33.6±2.7	1325±393	14±3
雑草草生	91	127±3	28±2	10.0±0.4	165±22	15±2	
	WS	92	138±5	45±4	16.7±0.8	262±37	11±1
		93	153±6	61±8	23.7±1.4	219±57	10±1
		94	156±7	69±5	22.4±1.5	189±64	7±1

各数値は平均値±S.E.

表3-7 被覆および耕うん法の相違がウメ・カキ樹の地上部生育量へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1994年12月)

		樹高 (cm)	樹幅 (cm)	幹径 (mm)	総新梢長 (cm)	平均新梢長 (cm)
‘白加賀’	IRT	169 ± 9	128 ± 10	27.9 ± 1.8	1167 ± 278	12 ± 1
	MNT	189 ± 6	147 ± 8	31.9 ± 2.2	2051 ± 335	19 ± 4
	CS	188 ± 12	108 ± 17	26.4 ± 3.4	1340 ± 479	21 ± 4
	WS	168 ± 15	120 ± 16	27.3 ± 2.9	1331 ± 691	9 ± 1
	MMNT	184 ± 9	119 ± 15	27.5 ± 2.2	1999 ± 427	25 ± 3
‘梅郷’	IRT	167 ± 7	106 ± 6	23.8 ± 1.3	832 ± 168	11 ± 1
	MNT	195 ± 12	114 ± 8	27.1 ± 1.2	1075 ± 192	21 ± 6
	CS	208 ± 17	124 ± 24	28.7 ± 4.5	1841 ± 576	29 ± 8
	WS	162 ± 09	107 ± 09	20.2 ± 1.3	638 ± 143	11 ± 2
	MMNT	216 ± 21	142 ± 15	31.0 ± 3.0	4377 ± 1564	25 ± 1
‘富有’	IRT	243 ± 30	130 ± 24	31.3 ± 4.7	1727 ± 504	13 ± 1
	MNT	264 ± 11	148 ± 12	34.6 ± 1.8	1903 ± 237	15 ± 1
	CS	277 ± 21	130 ± 16	33.5 ± 3.4	2251 ± 581	17 ± 1
	WS	272 ± 10	145 ± 27	33.8 ± 3.8	1704 ± 620	12 ± 1
‘平核無’	IRT	197 ± 29	94 ± 14	27.8 ± 4.3	1002 ± 373	11 ± 1
	MNT	169 ± 13	75 ± 11	25.7 ± 2.0	506 ± 207	9 ± 1
	CS	213 ± 28	101 ± 8	33.6 ± 2.7	1325 ± 393	14 ± 3
	WS	156 ± 7	69 ± 5	22.4 ± 1.5	189 ± 64	7 ± 1

IRT；鋤込み耕起区，MNT；被覆不耕起区，CS；クローバ草生区，WS；雑草草生区，MMNT；多被覆不耕起区。  
幹径；ウメは地表から60cm，カキは130cmの位置で測定。  
各数値は平均値±S.E.

表3-8 被覆および耕うん法の相違がウメ・カキの根の酸素消費量へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991，1995年)

		酸素消費量 (μl/g/h)		
		‘白加賀’ 1995年7月	‘梅郷’ 1995年7月	‘富有’ 1991年10月
鋤込み耕起	IRT	100 ± 10	26 ± 4	85 ± 3
被覆不耕起	MNT	157 ± 10	30 ± 3	98 ± 10

各数値は平均値±S.E.

表3-9 被覆および耕うん法の相違がウメの収量へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター園場：1994，1995年6月中旬)

			‘白加賀’		‘梅郷’	
			一果実重 (g)	樹当たり収量 (g)	一果実重 (g)	樹当たり収量 (g)
1994年	鋤込み耕起	IRT	18.9 ± 0.9	85 ± 50	19.5 ± 0.7	98 ± 14
	被覆不耕起	MNT	23.2 ± 0.9	107 ± 37	18.4 ± 0.5	92 ± 21
	クローバ草生	CS	15.4 ± 1.0	127 ± 57	15.3 ± 1.0	92 ± 61
	雑草草生	WS	16.8 ± 1.0	99 ± 18	18.3 ± 0.8	140 ± 43
	多被覆不耕起	MMNT	16.0 ± 0.9	32 ± 12	19.5 ± 0.6	80 ± 30
1995年	鋤込み耕起	IRT	12.0 ± 0.8	55 ± 34	17.3 ± 0.4	368 ± 161
	被覆不耕起	MNT	16.8 ± 0.3	228 ± 76	15.8 ± 0.3	439 ± 142
	クローバ草生	CS	16.0 ± 1.8	123 ± 41	19.2 ± 0.7	326 ± 180
	雑草草生	WS	14.2 ± 0.8	120 ± 60	14.3 ± 0.3	276 ± 190
	多被覆不耕起	MMNT	14.6 ± 0.9	135 ± 24	11.5 ± 2.5	242 ± 162

各数値は平均値 ± S.E.

表3-10 被覆および耕うん法の相違がカキ‘富有’樹の収量へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター園場：1994，1995年11月中旬)

			一果実重 (g)	樹当たり収量 (g)	糖度 (Brix)
1994年	鋤込み耕起	IRT	---	0	---
	被覆不耕起	MNT	175 ± 6	1090 ± 360	16.6 ± 0.2
	牧草草生	CS	201 ± 6	1005 ± 300	16.0 ± 0.1
	雑草草生	WS	154 ± 4	1746 ± 440	15.7 ± 0.1
	多被覆耕起	MMRT	---	0	---
1995年	鋤込み耕起	IRT	152 ± 7	3503 ± 1523	13.8 ± 0.5
	被覆不耕起	MNT	154 ± 6	6308 ± 2133	14.0 ± 0.4
	牧草草生	CS	158 ± 9	4558 ± 1330	14.8 ± 0.6
	雑草草生	WS	155 ± 5	5126 ± 1420	12.6 ± 0.4
	多被覆耕起	MMRT	190 ± 5	4570 ± 1480	16.1 ± 0.1

各数値は平均値 ± S.E.

表3-11 樹間内の間作作物の栽培期間とその期間中の降水量，ならびに被覆および耕うん法の相違が  
間作作物の地上部生育量へ及ぼす影響（筑波大学農林技術センター圃場：1991～1995年）

		1作目	2作目	3作目	4作目	5作目	6作目	7作目	8作目	9作目
		インパク	クロタリフ	ライムギ	セバニフ	インパク	クロタリフ	ライムギ	ヒマワリ	インパク
播種日		91.04.09	91.07.18	91.11.05	92.07.28	92.11.09	93.07.17	93.10.27	94.07.13	94.11.08
収穫日		91.06.22	91.10.10	92.06.12	92.10.28	93.06.22	93.10.13	94.06.16	94.09.21	95.06.19
栽培期間中の降水量		160	792	577	329	511	500	286	403	627
鋤込み耕起 IRT	草丈	79 ± 1	195 ± 2	163 ± 1	47 ± 3	87 ± 1	120 ± 5	109 ± 2	114 ± 3	81 ± 2
	乾物重		820 ± 42	433 ± 5	80 ± 7	250 ± 5	114 ± 10	157 ± 21	120 ± 17	96 ± 15
被覆不耕起 MNT	草丈	80 ± 1	197 ± 2	191 ± 1	59 ± 2	92 ± 1	155 ± 2	159 ± 2	130 ± 3	89 ± 2
	乾物重		951 ± 40	1322 ± 49	115 ± 7	322 ± 7	388 ± 31	333 ± 47	180 ± 16	161 ± 27

降水量；mm，草丈；cm，乾物重；kg/10 a  
各数値は平均値±S.E.

表3-12 被覆および耕うん法の相違が各種間作作物の生育・収量へ及ぼす影響  
（筑波大学農林技術センター圃場：1993～1995年）

		93年夏作		93年冬作		94年夏作		94年冬作	
		クロタリフ	ライムギ	ヒマワリ	マリゴールト	インパク	コムギ		
鋤込み耕起 IRT	草丈	120 ± 5	109 ± 2	114 ± 3	42 ± 2	81 ± 2	64 ± 1		
	地上部乾物重	114 ± 10	157 ± 21	120 ± 17	68 ± 10	96 ± 15	110 ± 21		
	穀粒収量						27 ± 6		
被覆不耕起 MNT	草丈	155 ± 2	159 ± 2	130 ± 3	81 ± 2	89 ± 2	74 ± 1		
	地上部乾物重	388 ± 31	333 ± 47	180 ± 16	196 ± 10	161 ± 27	182 ± 27		
	穀粒収量						49 ± 7		
多被覆耕起 MMRT	草丈	171 ± 2	153 ± 2	171 ± 5	95 ± 2	94 ± 1	72 ± 1		
	地上部乾物重	720 ± 44	561 ± 38	602 ± 42	250 ± 24	298 ± 4	234 ± 29		
	穀粒収量						60 ± 8		
多被覆不耕起 MMNT	草丈	170 ± 3	170 ± 2	201 ± 5	104 ± 2	101 ± 3	82 ± 1		
	地上部乾物重	716 ± 42	824 ± 74	792 ± 81	352 ± 29	298 ± 15	324 ± 22		
	穀粒収量						101 ± 7		

MMRT；多被覆耕起区  
草丈；cm，地上部乾物重・穀粒収量；kg/10 a  
各数値は平均値±S.E.



表3-13 被覆および耕うん法の相違が間作ムギ類の生育量とT-R率へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1995年6月)

		エンバク			コムギ		
		地上部乾物重 (g/個体)	地下部乾物重 (g/個体)	T-R率 (%)	地上部乾物重 (g/個体)	地下部乾物重 (g/個体)	T-R率 (%)
鋤込み耕起	IRT	0.86 ± 0.17	0.09 ± 0.02	9.4	0.72 ± 0.06	0.04 ± 0.01	18.3
被覆不耕起	MNT	1.59 ± 0.29	0.13 ± 0.02	12.4	0.92 ± 0.19	0.09 ± 0.02	9.8
多被覆耕起	MMRT	1.57 ± 0.21	0.13 ± 0.02	12.5	1.07 ± 0.08	0.11 ± 0.01	9.9
多被覆不耕起	MMNT	2.66 ± 0.60	0.25 ± 0.05	10.8	1.34 ± 0.24	0.11 ± 0.02	12.0

各数値は平均値 ± S.E.

表3-14 被覆および耕うん法の相違が間作作物の根の酸素消費量へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1991年)

		酸素消費量 (μl/g/h)			
		クロタラリア			ライムギ
		播種後7日	播種後43日	播種後74日	播種後48日
鋤込み耕起	IRT	110 ± 10	73 ± 3	80 ± 3	300 ± 10
被覆不耕起	MNT	147 ± 10	90 ± 7	120 ± 13	370 ± 30

各数値は平均値 ± S.E.

表3-15 被覆および耕うん法の相違が土壌pHの年次変化に及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1993～1995年)

		93冬	94春	94秋	94冬	95春	平均値
鋤込み耕起	IRT	5.8	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
被覆不耕起	MNT	5.9	5.7	5.9	6.0	5.7	5.8
クローバ草生	CS	6.1	5.9	6.0	6.1	5.7	6.0
雑草草生	WS	6.1	5.8	5.9	6.1	5.9	6.0
多被覆耕起	MMRT	5.8	5.6	5.6	5.7	5.5	5.6
多被覆不耕起	MMNT	5.8	5.8	6.0	5.9	5.9	5.9

平均値は計5回の測定値について求めた。

表3-16 被覆および耕うん法の相違が土壌ECの年次変化に及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1993～1995年)

		土壌EC ( $\mu\text{S/cm}$ )					平均値
		93冬	94春	94秋	94冬	95春	
鋤込み耕起	IRT	33	44	31	37	42	37.4
被覆不耕起	MNT	47	51	39	75	50	52.4
クローバ草生	CS	46	57	41	47	31	44.4
雑草草生	WS	27	49	43	41	32	38.4
多被覆耕起	MMRT	55	53	50	47	54	51.8
多被覆不耕起	MMNT	55	58	53	66	73	61.0

平均値は計5回の測定値について求めた。

表3-17 被覆および耕うん法の相違が土壌化学性へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1995年6月上旬)

			pH	pH	EC	CEC	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	totalC	totalN	C/N
			(H <sub>2</sub> O)	(KCl)	( $\mu$ s/cm)	(me/100g)	(mg/100g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
鋤込み耕起	IRT	上層	5.5	5.1	32.3	23.8	0.27	47.5	25.9	46.8	3.96	0.31	12.8
		下層	5.5	5.1	38.4	21.4	0.12	41.6	21.6	22.3	2.92	0.23	12.7
被覆不耕起	MNT	上層	5.6	5.0	34.9	21.6	0.15	42.0	21.0	23.5	2.97	0.24	12.4
		下層	5.4	5.0	29.3	23.0	0.12	36.3	18.6	10.8	3.07	0.24	12.8
クローバ草生	CS	上層	5.5	4.8	35.7	25.4	0.17	45.3	21.9	54.2	4.57	0.35	13.1
		下層	5.3	4.8	33.0	24.7	0.17	47.2	25.1	23.4	3.69	0.27	13.7
雑草草生	WS	上層	5.6	5.0	28.7	22.0	0.30	34.0	14.4	19.2	3.79	0.29	13.1
		下層	5.3	4.8	30.2	23.7	0.15	34.5	14.7	11.2	3.33	0.24	13.9
多被覆耕起	MMRT	上層	5.4	5.0	44.3	22.8	0.17	45.2	18.4	25.9	3.55	0.28	12.7
		下層	5.4	5.0	44.0	22.3	0.23	44.4	17.2	23.9	3.12	0.25	12.5
多被覆不耕起	MMNT	上層	5.9	5.2	77.6	26.1	0.80	99.3	30.4	97.8	4.02	0.32	12.6
		下層	5.5	5.1	50.9	23.1	0.13	50.9	19.0	22.0	3.07	0.26	11.8

上層：0~10cm, 下層：15~25cm

表3-18 被覆および耕うん法の相違が土壌の塩基状態へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1995年6月上旬)

			pH	pH	CEC	置換性塩基			塩基飽和度	塩基組成		
			(H <sub>2</sub> O)	(KCl)		Ca	Mg	K <sub>2</sub>		Ca	Mg	K <sub>2</sub>
					(me/100g)	(me/100g)			(%)	(%)		
鋤込み耕起	IRT	上層	5.5	5.1	23.8	1.21	0.78	0.82	11.8	43	28	29
		下層	5.5	5.1	21.4	1.06	0.65	0.39	9.8	50	31	19
被覆不耕起	MNT	上層	5.6	5.0	21.6	1.07	0.63	0.41	9.8	51	30	20
		下層	5.4	5.0	23.0	0.93	0.56	0.19	7.3	55	33	11
クローバ草生	CS	上層	5.5	4.8	25.4	1.15	0.66	0.96	10.9	42	24	35
		下層	5.3	4.8	24.7	1.20	0.75	0.41	9.6	51	32	17
雑草草生	WS	上層	5.6	5.0	22.0	0.87	0.43	0.34	7.4	53	26	21
		下層	5.3	4.8	23.7	0.88	0.44	0.20	6.4	58	29	13
多被覆耕起	MMRT	上層	5.4	5.0	22.8	1.15	0.55	0.46	9.5	53	26	21
		下層	5.4	5.0	22.3	1.13	0.51	0.42	9.3	55	25	20
多被覆不耕起	MMNT	上層	5.9	5.2	26.1	2.53	0.91	1.72	19.8	49	18	33
		下層	5.5	5.1	23.1	1.30	0.57	0.39	9.8	58	25	17

上層：0~10cm, 下層：15~25cm



図3-1 被覆および耕うん試験区における夏作物栽培終了時の状況：作物残査を鋤込んだIRT区と刈敷き状態のMNT区が交互に配置している。（筑波大学農林技術センター圃場：1991年10月下旬）



図3-2 栽植5年目のウメ(左)とカキ(右)の様子：冬作のエンバクとコムギを地上部約50cm部分を残して刈敷いた状況（MNT区）。（筑波大学農林技術センター圃場：1995年6月下旬）

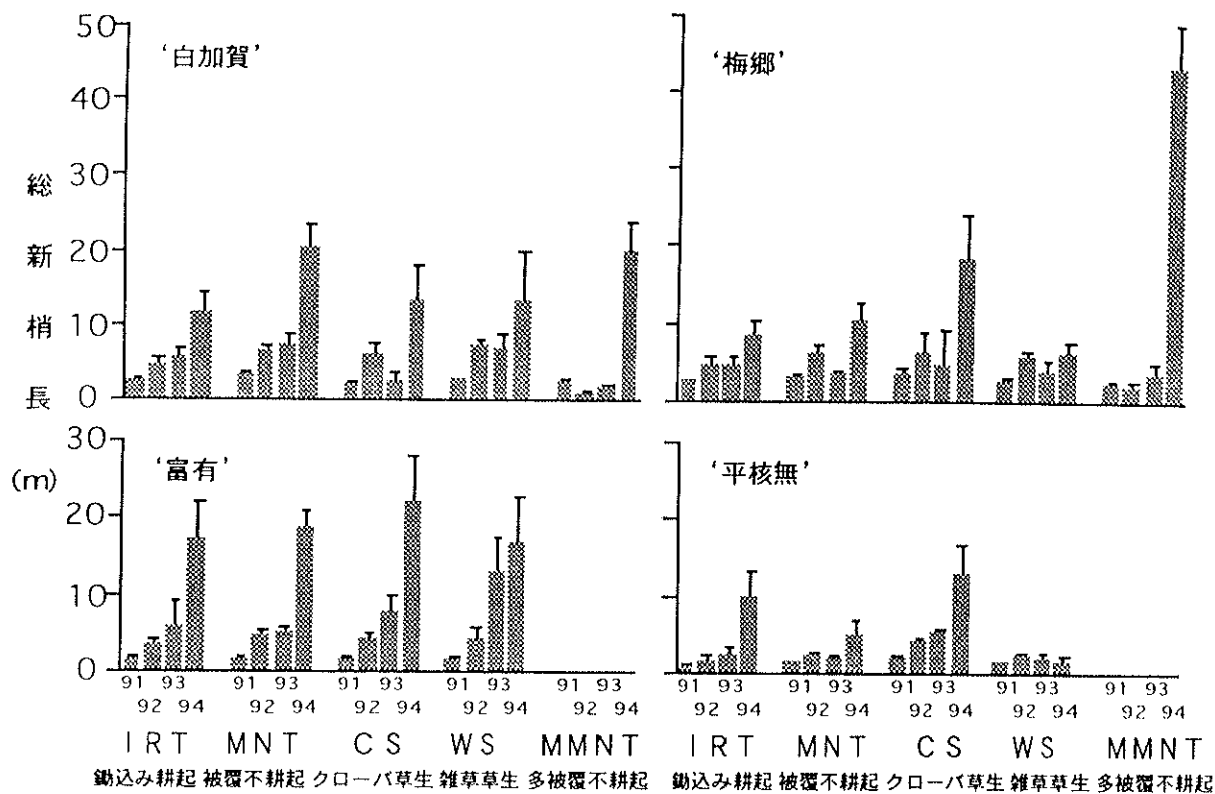


図 3-3 被覆および耕うん法の相違がウメ・カキ樹の総新梢長へ及ぼす影響 (筑波大学農林技術センター圃場：1991～1994年冬)

MMNT区は1993年10月までMNT区と同様に管理し、それ以降、多被覆不耕起とし、ウメ樹のみの栽植区とした。  
縦線はS.E.を表わす。



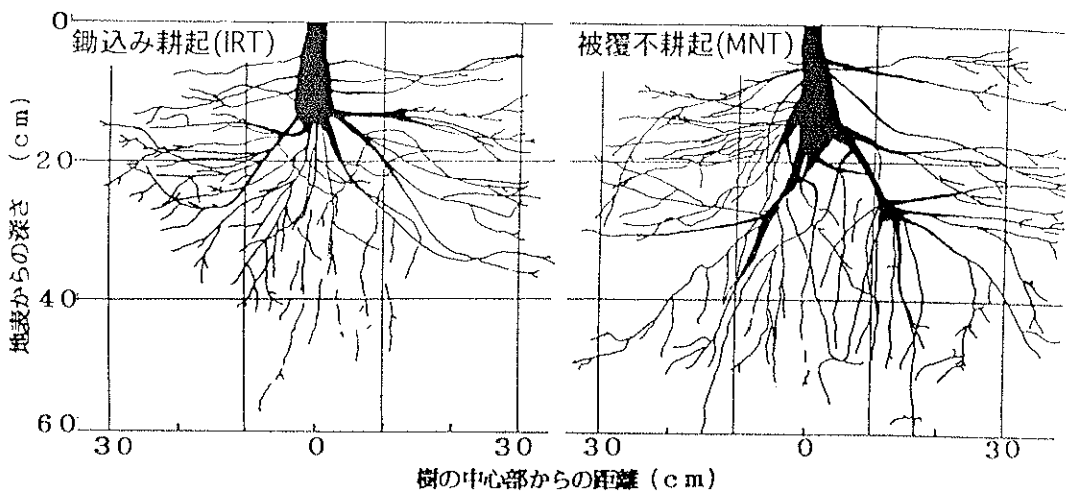


図3-4 被覆および耕うん法の相違が3年生ウメ‘梅郷’の根系へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1992年12月)

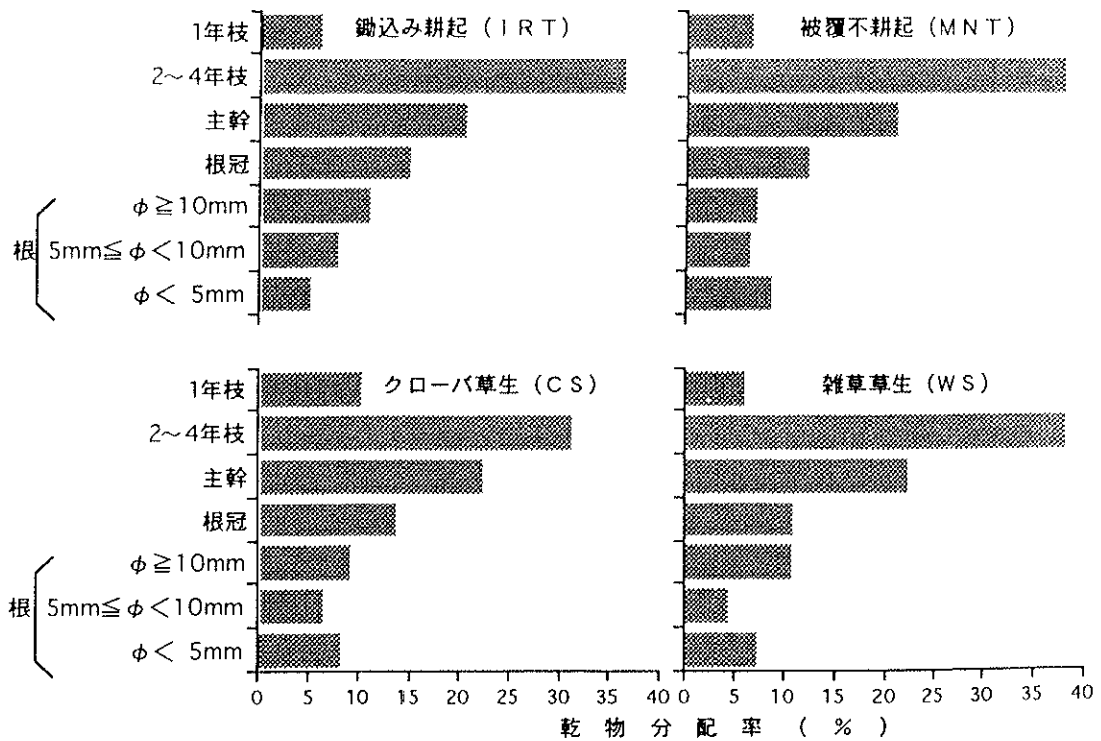


図3-5 被覆および耕うん法の相違が5年生ウメ‘白加賀’の乾物分配率へ及ぼす影響  
(筑波大学農林技術センター圃場：1995年2月)

A



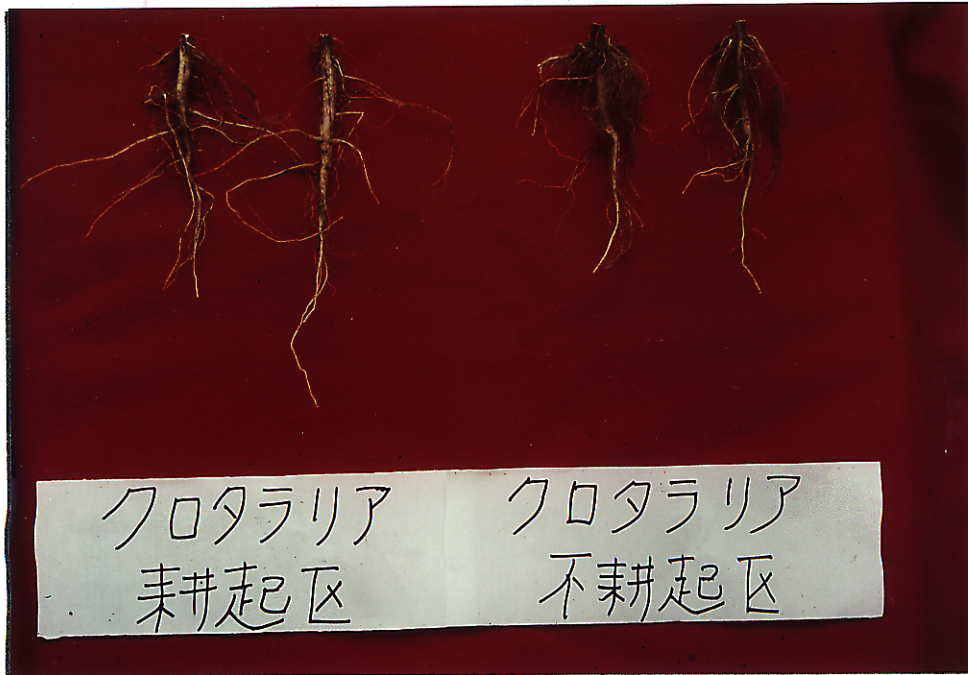
B



図3-6 被覆および耕うん法の相違がライムギの生育量に及ぼす影響：ウメ・カキ樹間内における、鋤込み耕起(IRT)区(右側)と被覆不耕起(MNT)区(左側)のA；播種162日後，B；播種195日後のライムギの生育状況。ともに被覆不耕起区の生育量が優れている。(筑波大学農林技術センター圃場：1991年4月中旬・5月中旬)



A



(筑波大学農林技術センター園場：1991～1993年の平均値  
 記録より) (単位なし)

B



図3-7 被覆および耨うん法の相違が間作作物の根の形態に及ぼす影響：A；播種96日後のクロタラリアの根，B；播種203日後のライムギの根。鋤込み耨起(IRT)区と比較して，被覆不耨起(MNT)区の方が細根量が多い特徴がみられる。(筑波大学農林技術センター園場：1991年10月中旬・1993年5月下旬)



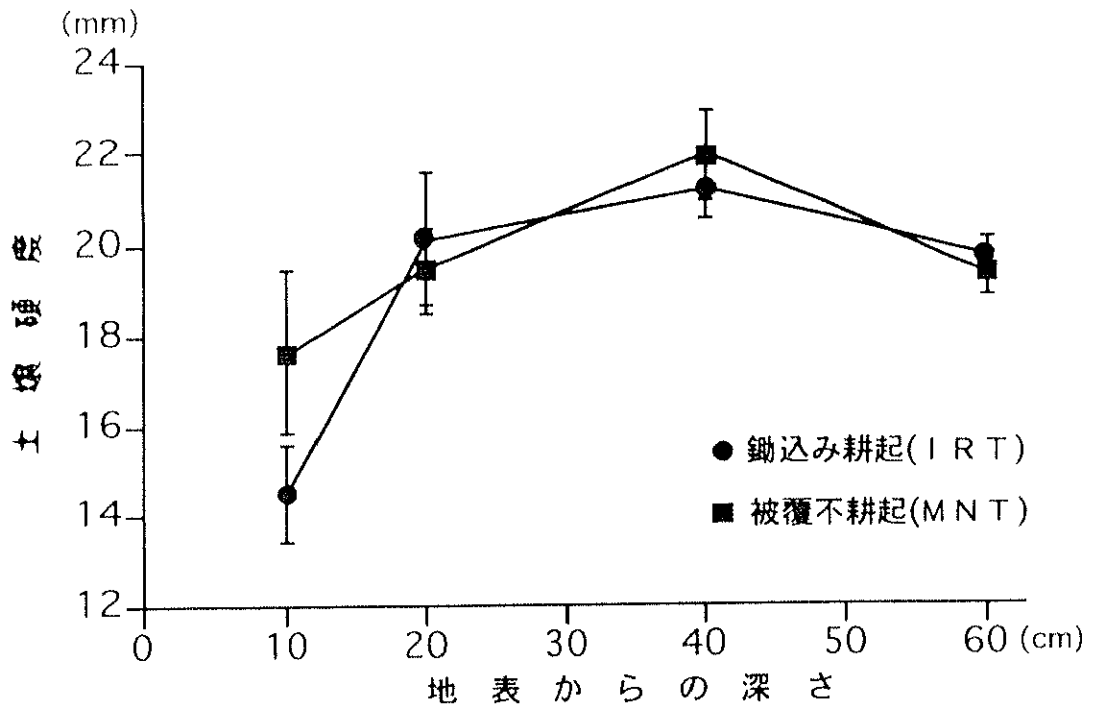


図3-8 被覆および耕うん法の相違が土壌硬度へ及ぼす影響  
 (筑波大学農林技術センター圃場：1991～1993年の平均値)  
 縦線はS.E.を表す。

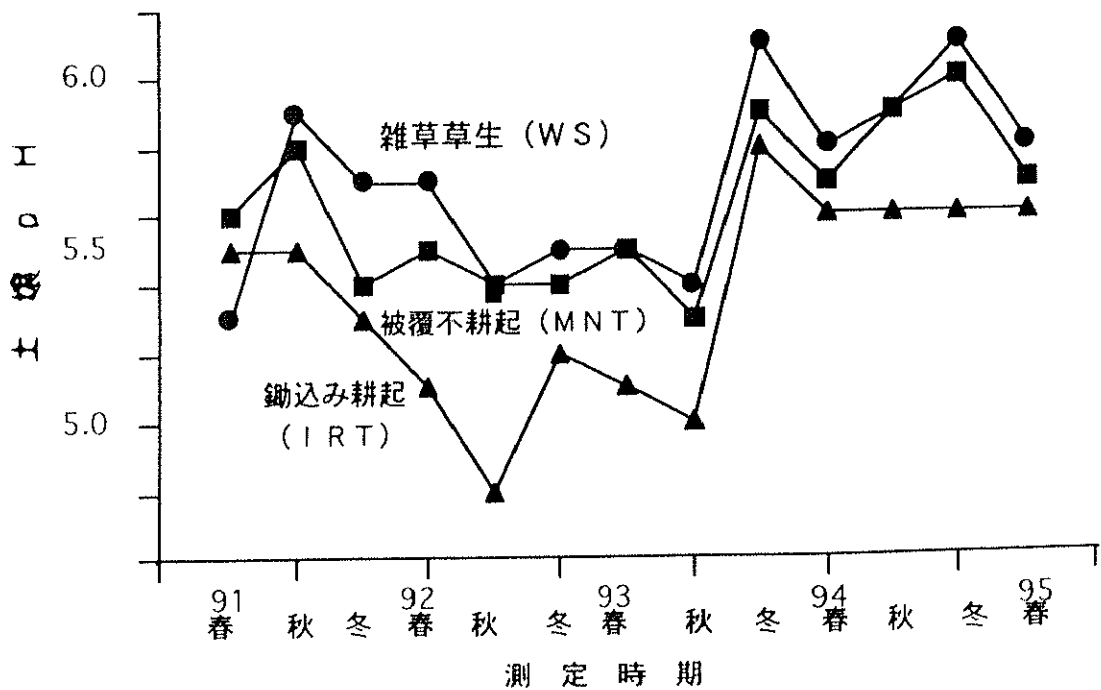


図3-9 被覆および耕うん法の相違による土壌pHの年時変化  
 (筑波大学農林技術センター圃場：1991～1995年)