

第5章 総合考察

愛媛県のカンキツ栽培面積は明治中期以降から全県的に増加傾向を示し、藩制時代から開墾されていた階段畑や山林荒地の新規開墾畑にウンシュウミカンが植栽されて発展し、その後、紆余曲折を経ながら現在に至っている。その間のミカン樹に対する施肥窒素量は、それぞれの時代背景や生産指向を反映して様々に変遷してきた。特に、第二次大戦後の1950年以降は肥料が豊富に入手可能となり、増産期でもあったため50kg/10a以上の窒素量が投入されていた。しかし、多肥の影響によって著しい土壌の酸性化を招き、異常落葉を引き起こした。1960年代後半以降になるとウンシュウミカンは生産過剰となり、量から質への転換を余儀なくされた。このため、施肥窒素量は激減し、一時期は15kg/10a以下にまで減少したが、今度は樹勢低下と隔年結果性の増大を引き起こす結果となった。その後、施肥窒素量は徐々に増加傾向を示しながら現在の水準に至っている。

このように、ミカン樹の施肥窒素量はいつの時代も生産者側の視点に立ち、常に生産性と果実品質の向上のみを追求して決定されてきた。しかし、現在は社会情勢の変化から、周辺環境を十分に配慮する必要性が生じている。また、第1章で述べたように雑草管理法の変化、あるいは労働力不足によってミカン園の土壌条件は施肥窒素の樹体による吸収を促進させる方向へは向かっていない。さらに、近年の原料価格高騰は肥料費を徐々に増加させつつある。従って、今後の肥培管理は、生産性や品質を低下させないことを前提に、施肥窒素の利用効率を向上させて土壌への投入窒素量を削減することが可能であり、しかも省力的

な方法へ改善する必要がある。このような背景から、本研究ではナギナタガヤを利用した草生栽培、春季の葉面散布や土壌施肥、肥効調節型肥料の利用法などについて個々に検討を重ねてきた。ここでは各章および各節において得られた結果を相互に関連付けて、各技術の効果・利点や発展方向および生産現場へ導入する際の問題点や留意点について考察した。

土壌管理法の改善を目標に検討を行ったナギナタガヤ草生栽培に関してみると、年間の施肥窒素の収支は第61図のようになる。すなわち、春肥および秋肥として10a当たり各10kgの窒素を施用すると、ミカン樹による吸収量は3.6kg、ナギナタガヤは7.6kgを吸収し、両者の加算値である11.2kgが草生園の吸収量となる。裸地園での吸収量は8.3kgであるため、ナギナタガヤの導入によって年間の施肥窒素吸収量が2.9kg増加し、利用率は14.5%向上することが示された。施肥窒素の未吸収量は草生園が8.8kg、裸地園では11.7kgとなり、これらは土壌残存量と溶脱量（一部脱窒）の合計値である。ウンシュウミカン園からの施肥窒素の溶脱率は、裸地条件下で無機質肥料を施用した場合、ライシメーター試験から25～57%と報告されている（船引ら，1963；坂本，1963；山崎，1981；吉川・高橋，2005）。このことから、未吸収分については、溶脱量の方が土壌残存量よりもはるかに多いと推測され、除草剤の連用などで保肥力が低下している裸地園ほど、その差が大きくなると考えられる。ナギナタガヤ草生園では、ナギナタガヤによる施肥窒素の吸収に加え、草生を継続した場合は有機物の還元による土壌改良効果が期待

され、土壌の化学性の面でもCECの増加によって溶脱窒素量が減少する可能性がある。

ナギナタガヤによる施肥窒素の吸収量は多く、年間の利用率は38.2%であった。本種による発芽から枯死までの全窒素吸収量を石川・木村（2006）の結果から9.5kg/10aとすると、施肥窒素の¹⁵N寄与率は約80%であり、残りの20%は地力窒素に由来するものと考えられる。しかし、一旦ナギナタガヤに有機物として保持されたこれらの窒素は消失する訳ではなく、枯死後から1年間に保持している全窒素量の5.5%、すなわち0.52kg/10aが樹体に吸収され、同時に再発生したナギナタガヤにも5.4%に相当する0.51kg/10aが利用される。このため、枯死1年後には両者に吸収されなかった8.47kg/10aから溶脱した分量を差し引いた窒素量が園内に残存するものと考えられる。枯死ナギナタガヤは2年目以降も、分解・無機化・再有機化・再無機化の過程を繰り返しながら、その残存窒素量を減少させていくと推測される。一方で、再発生したナギナタガヤが枯死し、新たに9.5kg/10a程度の窒素量が徐々に還元されるため、園内の枯死ナギナタガヤに由来する有機態窒素量は徐々に増加傾向を辿ると考えられる。

ナギナタガヤ草生ミカン園における導入年の樹体の施肥窒素吸収量は、第61図のように裸地園に比べて著しく低下する。しかし、ナギナタガヤ導入2年目からは、枯死ナギナタガヤ由来窒素の供給が開始されるため、吸収窒素量は徐々に増加して行くと推測される。第62図に枯死ナギナタガヤから放出される窒素の樹体・再発生ナギナタガヤなどへの利用量の予測式を示した。樹体への吸収量については、前述のように導入2年目には0.52kg/10aが吸収される。導入3年目には、枯死ナギナタガヤ由来窒素の樹体への利用率が毎年同率と仮定し溶脱量を見做すと、導入2年目の枯死分から0.52kg/10a、1年目の枯死分から0.47kg/10a、

両者の加算値で0.99kg/10aの窒素が樹体に流入すると推定される。このため、ナギナタガヤ草生園における吸収窒素量は、樹体による施肥窒素の吸収量が毎年一定と仮定すると、導入2年目には施肥窒素の吸収量に対して14%、3年目には27%の増加が見込まれるため、その分量に相当する施肥量を削減できる可能性がある。

しかし、裸地園との施肥窒素の吸収量の差からも明らかなように、導入初期からの施肥量削減は樹体の低下した窒素レベルを回復させず、幼木園では樹勢低下を招く恐れがある。ナギナタガヤ草生園において樹体の吸収窒素量が、枯死ナギナタガヤからの供給窒素によって裸地園のものと同量になる年は、施肥窒素と枯死ナギナタガヤ由来窒素の樹体への利用率が毎年一定であり、枯死ナギナタガヤからの溶脱量を見做すると仮定した場合、第62図の予測式から算出すると導入約11年目であろうと推定される。これには多くの前提条件が付随するため正確な予測とは断定し難いが、ある程度の目安になると考えられる。ただし、本研究においてはナギナタガヤの生育期に施用される春肥と秋肥を対象に検討し、本種が枯死している間に施用される夏肥については、裸地園よりも利用率が低下することはないと判断して調査を行わなかった。一般に早生ウンシュウミカンは夏肥の施用を行わないが、普通ウンシュウミカンでは初夏に年間施肥量の約20%程度を夏肥として施用する。ナギナタガヤ草生園での夏肥の肥効は、この時期に敷き草マルチ状態となっている枯死ナギナタガヤの効果によって利用率が向上する可能性がある。また、草生の継続による土壌改良効果は、春肥や秋肥、さらに枯死ナギナタガヤ由来窒素の利用率を増加させる可能性もある。志賀(1988)は、C/N比が50~60程度の稲ワラ類からの窒素放出は2年目以降に多くなることを報告しており、有機物の分解は地表面施用の

ように土壌と有機物の混合割合が小さいときは遅くなることも指摘されている(藤原, 1986). 枯死ナギナタガヤのC/N比は38程度と比較的高く, 地上部は土壌表面に倒伏した状態で分解されるため, 枯死2年目以降に無機化量が増加し, 樹体による利用率が1年目より向上する可能性も否定できない. これらのことから, ナギナタガヤ草生園における施肥量削減は, 予測値よりも早期から実施できる可能性がある.

貯蔵窒素の蓄積が進んでいる成木のミカン園にナギナタガヤを導入した場合は, 春季の葉中窒素含有率が裸地よりも減少する傾向を示したものの, 導入5年目には夏秋季の土壌中の無機態窒素含量が裸地よりも増加する傾向がみられ, この時期の葉中窒素の低下は解消されていた. また, 収量や果実品質の低下は認められず, むしろ導入7年目以降は裸地よりも収量が増加した. この結果を加味してナギナタガヤ草生園における施肥量の削減開始時期を推考すると, 成木園の場合は導入6年目以降から11年目の間には削減開始が可能であろうと推測される. 勿論, その時期は樹勢や樹体の栄養状態を客観的に観察して判断する必要がある. 施肥の削減は枯死ナギナタガヤの窒素放出特性から, 普通ウンシュウミカンは夏肥から, イヨカンなどの中晩柑では夏肥および初秋肥から実施することが望ましいと考えられる. 早生ウンシュウミカンについては, 地温の低い春季よりも秋季の方が枯死ナギナタガヤ由来窒素を吸収し易いと考えられるため, 削減は秋肥を中心として徐々に実施する方法が適していると推察される.

一方, 本研究で3年生の幼木を用いた結果では, 春季に新葉の発生量や1葉重の減少が確認され, 2年生樹からスタートした吉川・高橋(2005)もナギナタガヤ草生によってミカン樹の生育が抑制されたことを報告している. このような貯蔵窒素の少ない幼木期におけるナギナタガヤ草生園では, ナギナタガヤとの

窒素競合が激しい時期には, むしろ樹体への窒素補給を行う必要がある. 土壌施用による窒素補給について推考すると, 春季におけるナギナタガヤ草生園の樹体による春肥窒素利用率は17%であり, 裸地園に比べて1/2程度にまで低下していた. このため, 裸地園の樹体に対する不足分を窒素量に換算すると1.8kg/10aとなる. この不足分を春肥の施用量の増加によって補完しようとする, 利用率が変化しないことを前提にしても10.6kg/10aもの窒素量を上乘せする必要があるため, 元の施用分との加算値は20.6kg/10aとなり, その施用は極めて非現実的である. 従って, 環境負荷軽減の観点からも窒素補給対策は土壌を介さない方法, すなわち葉面散布が有効であると判断される.

春季の発芽期前後における葉面散布尿素の利用率は, 散布回数や散布濃度を問わず1回当たり36~45%程度であった. これに対して, 土壌施用による春肥窒素の利用率は24~35%とされていることから(赤尾ら, 1978; 井田ら, 1982; 石川・木村, 2006; 久保田ら, 1976a), 春季においては葉面散布の方が約10%高効率である. カンキツ園では, ミカンハダニのように葉裏にも多く生息する害虫防除のためには, 600L/10a程度の薬剤散布量が必要とされている(真梶, 1996). この散布量を基準に春季の葉面散布の利用率を40%として尿素散布1回当たりの窒素吸収量を算出すると, 0.33%液で0.37kg/10a, 0.50%液では0.55kg/10a, 1.00%液になると1.10kg/10a程度の吸収が見込まれる. このため, ナギナタガヤ草生園における春季の樹体への窒素補給は条件が良ければ, 尿素0.33%液の4.9回(実質5回)散布, 1.00%液では1.6回(実質2回)散布によって不足分を補完できるものと考えられる. 勿論, これには葉裏まで丁寧な散布が行われることが前提となる.

旧葉から吸収された散布窒素は, 6月上中旬

までに60%程度が春季新生器官へ移行した。これは土壌施用された春肥窒素の新生器官への移行割合と極めて類似している。このため、春季に葉面散布された尿素は土壌施用の春肥窒素と同様な働き、すなわち新生器官の形成に寄与するものと思われる。また、土壌施用された春肥窒素は、他の時期と比較して旧葉への移行量が多いという特徴を持つ（加藤，1982；久保田ら，1976a）。同様に、発芽期前後の葉面散布窒素も吸収器官が旧葉であるため、まず旧葉の ^{15}N 寄与率を著しく高め、吸収窒素の65~70%が新生器官を中心とした他器官へ移行するが、30~35%は旧葉に残存する。旧葉は萌芽前から既に完成された同化器官として着生しており、その光合成は萌芽期前から再開され6月中旬頃までは新葉よりも高い光合成速度を示すと報じられている（日野ら，1974）。また、赤尾ら（1981）は春季に旧葉によって生成された同化産物は新生器官への転流が多く、その発達に貢献することを明らかにしている。一方、葉中窒素含有率と葉中クロロフィル含量には高い正の相関があり（小野，1985；清水・鳥潟，1972）、クロロフィル含量と光合成速度についてもクロロフィル含量が3mg/g FW以下であれば正の相関が認められることが報告されている（小野，1985）。清水・鳥潟（1972）が調査したクロロフィル含量の季節変化から、春季の旧葉におけるクロロフィル含量が3mg/g FW以上に増加する可能性は低いと推測される。このため、春季の旧葉については葉中窒素含有率と光合成速度に正の相関が生じるものと推定され、葉面散布や春肥の土壌施用による旧葉への窒素供給はこの時期の同化産物生産を増加させ、新生器官の発育・伸長に寄与するという意義を持っていると考えられる。

ウンシュウミカンにおける晩秋季から早春季までの葉面散布尿素の利用率は、0.50%液の場合、11月下旬散布で46%、気温が著しく

低下する12月下旬散布および1月下旬散布でも32%、2月下旬散布では38%であることが明らかにされている（石川・山内，2008）。このように、気温が低い晩秋季や早春季でも発芽期前後と同程度の葉面吸収が行われるため、ナギナタガヤ草生園における幼木樹の秋肥窒素の吸収量不足は、尿素0.50%液の5.2回散布、1.00%液では2.6回散布によって裸地園の樹体並に吸収窒素量を回復できるものと考えられる。なお、厳冬期の尿素散布はやや利用率が低下するため、この時期に散布する場合は効率の低下を考慮する必要がある。しかし、厳冬期の土壌施肥については、施用された窒素の吸収量が極めて少ないことが明らかにされている（Katoら，1982）。これに対して葉面散布は、厳冬期であっても一般的な土壌施肥の春肥窒素と同等の利用率を示すことから、周年を通して窒素補給が可能な施用方法であると考えられる。

葉面散布は、尿素1.00%液までであれば高濃度で散布を行うことによって樹体に省力的かつ効率的な窒素補給が行えることが本研究から示された。このため、さらに高濃度の尿素液を散布すれば、より一層の吸収量増加が期待される。しかし、高濃度散布には葉害（濃度障害）の危険性が伴い、ウンシュウミカンに対して夏季に1.50%~6.00%の尿素液を散布した場合、散布濃度が高いほど旧葉の落葉率が高まったとする報告がある（岩崎ら，1954a）。葉害の発生には季節的な変動がみられ、ウンシュウミカンにおける尿素液の時期別の散布濃度と葉害発生状況を検討した事例では、6~8月散布では0.80%以上、10月散布では1.50%以上の濃度で葉害による落葉が発生したが、12月散布では2.00%の濃度でも葉害が認められなかったとされている（岩崎ら，1954b）。また、施設栽培のネーブルに対して4~5月に0.70%液を3回散布した場合、葉先に葉害が発生したとされ（松瀬・岩切，1986）、カブスに

対する9月の1.50%液散布では全く葉害がみられなかったとする報告も残されている（岩崎ら，1954a）．このような葉害発生程度の相違は，散布時の樹勢や気温，樹体の生育ステージや葉のAging程度，品種間差異などによるものと考えられる．岩崎（1974）は，種々の散布事例からカンキツにおける安全な尿素散布濃度を，5～8月は0.30～0.40%，9～10月は0.80%，11～3月では1.00%としている．本研究における4月の尿素1.00%液散布では，供試樹の‘南柑20号’に全く葉害は認められなかったが，品種間差や年次間差が生じる可能性もあるため，発芽期前後の散布尿素的濃度は1.00%未満に留めるべきと思われる．

葉面散布窒素の利用率の解明は，慣行栽培を行っている一般園においても土壌施肥の削減可能な窒素量を判断する一つの材料になる．特に，年間の施肥の中で利用率が低い春肥については，尿素的の葉面散布による代替効果が大きく，発芽期前後に600L/10aの尿素0.50%液を1回散布することによって0.55kg/10a程度の吸収が見込まれる．3月に土壌施用された春肥窒素の利用率は30%程度であるため，一般的な春肥窒素施用量の10.0kg/10aをミカン園に土壌施用すると，樹体による吸収量は3.00kg/10aとなる．これを必要量と仮定した場合，3月の春肥窒素は従来より18.3%削減した8.17kg/10aを土壌施用し，尿素散布1回分の吸収窒素量を加算すれば3.00kg/10aの窒素が樹体に吸収されることになり，園内への全投入窒素量も4.5%削減できるものと推定される．また，葉面散布における未吸収分の尿素的は，その後降雨によって樹体から土壌に流入すると考えられるが，降水量が少ない場合は高率で根群から吸収されると推測される（石川・吉川，2004）．土壌施用による春肥は，施用時期を従来の3月上旬から4月上旬に変更することによって利用率が向上するため，施肥窒素量を3月上旬の施用量から約10%削減できると考えら

れる．このため，4月上旬施用において尿素0.50%液の1回散布を併用した場合，土壌施用量は7.42kg/10aまで削減できると推定される．

近年，地球温暖化が問題視され，それに伴う果樹の栽培環境の変化が推測されている（杉浦・横沢，2004）．現在でも気象の年次変動により同一地域においても発芽期や開花期は年によって異なっている．愛媛県内においては同一年であっても，温暖な南予地域と春季の気温上昇が遅い瀬戸内島しょ部では，同じ品種のミカン樹の発芽期や開花期は10日以上異なることがある．また，近い将来は温暖化の進展によってミカン樹の生育ステージが徐々に前進化するものと思われる．従って，このような生育ステージの差や変化に対応するため，生産者に最適な施肥時期を分かり易い方法で提示する必要がある．しかし，肥料の施用時期は従来から月旬で示されてきた．この画一的な施肥時期の提示方法は気象の変化に対応し難く，生産者が最適な施肥時期を判断する目安として利用するには不十分であると考えられる．春肥の施用時期は本研究により4月上旬頃が適していると判断されたが，試験実施年における4月上旬の樹体の生育ステージは萌芽の直前であった．このため，春肥施用適期を月旬ではなく「萌芽期の直前頃」と提示することにより，年次間差や地域間差，あるいは気候の変動による生育ステージの変化に対応できるものと思われる．また，新芽の発達状況は生産者が目視で確認できるため，施用適期の目安としては極めて活用し易いものと期待される．

ナギナタガヤと類似した生育パターンを有する秋播コムギは，出穂期前後にも旺盛な窒素吸収を示すことが明らかにされている（木村ら，2001；新良・西宗，1998）．ナギナタガヤ草生園において春肥を萌芽期直前の4月上旬に施用した場合，出穂前のナギナタガヤによって春肥窒素の旺盛な吸収が行われものと推

測される。しかし、ミカン樹による施肥窒素の吸収が緩慢な3月とは異なり、4月では施用直後から樹体による速やかな吸収が開始される。このため、4月上旬施用の樹体による春肥窒素の利用率は、施用後から20～25日間ほぼ一方的にナギナタガヤに施肥窒素を収奪される3月施用に比べて高まり、草生園全体としての利用率も向上する可能性がある。

施肥作業の省力化や軽労働化の手段として、肥効調節型肥料の利用は極めて有効と考えられ、しかも施肥窒素の利用率を向上させる可能性を有している。特に、施肥回数や施肥量の多い‘宮内イヨ’など中晩柑類には省力効果が高いと判断される。しかし、肥効調節型肥料による施肥体系には幾つかの問題点が潜在している。まず、地表面施用に起因するシグモイド型各タイプの溶出の不安定さである。本肥料からの窒素溶出速度は、気温とともに降水量に左右される傾向があり、降雨の少ない時期や干ばつ年には溶出遅れが懸念される。一般に‘宮内イヨ’は12月の収穫後に貯蔵を行い、年明けの2月頃から出荷されるため、窒素の遅効きによる品質低下はウンシュウミカンほど問題にならないとされており（高木，1988）、溶出の不安定さが果実品質に及ぼす影響は少ないと考えられる。ただし、異常干ばつ等溶出に対する条件が極めて悪化した場合は、樹体生育に悪影響を及ぼす可能性も否定できないため、積極的なかん水によって溶出安定を促す対策を講じる必要がある。また、ウンシュウミカン栽培においても本肥料を利用した省力的な施肥が可能と思われるが、年内出荷が中心であるため、溶出の不安定さによる窒素の遅効きを回避する必要がある。このため、ウンシュウミカンを対象とする際は、遅効きの危険性が生じる3月施用を避け、土田ら（2003）の報告にみられるように11月の秋肥施用時に溶出パターンの異なる数種類の肥効調節型肥料を同時に施用する年間1回の施肥

法が適していると推察される。

次の問題点として、本肥料は施用後少なくとも5か月間は施用した場所に留まらなければ肥効が途絶えてしまうことが挙げられる。従って、急峻な傾斜地に位置し、降雨後などに本肥料が滑落するような園では使用が不可能となる。さらに肥料のコストも問題となる。肥効調節型肥料は製造工程が多いため、生産者が慣行的に使用している有機配合肥料に比べると必然的に肥料単価が割高となる。‘宮内イヨ’の施肥体系で肥料費を試算すると、一般的な有機配合肥料による年4回施肥で10a当たり約29,000円、肥効調節型肥料を用いた年2回施肥では施肥量を20%削減しても約44,000円となる。肥効調節型肥料体系では施肥作業が2回減少するため、イヨカン栽培における施肥労働時間（農水省大臣官房統計部編，2008）に関野ら（1998）の手法による施肥作業の労賃を加味して試算すると、施肥作業2回分の労働費は10a当たり約4,000円となる。従って、肥効調節型肥料体系では肥料費から労働費を減じても、有機配合肥料による慣行施肥体系に比べて11,000円割高である。肥料費の節減対策としては、環境負荷軽減効果が若干低下する可能性はあるが、春肥と初秋肥に施用するリニア型40日タイプの代替として有機配合肥料を用いる方法がある。その際は春肥を4月上旬に施用し、労働費を減じると慣行施肥体系との差は3,000円にまで縮まる。さらに、肥効調節型肥料の肥効が現れる時期の農薬散布時には、窒素肥料として最も安価で利用率の高い尿素を混用し、前記のように予め吸収窒素分を土壌施用量から減じることによって、より肥料費の節減を図ることができると推測される。また、肥効調節型肥料はリン酸およびカリウムも緩効化されているため、今後はそれらの肥効についての検討を行い、削減可能な量を明らかにすることによって3要素の割合を適正化し、肥料本体の単価を低減する必

要があると考えられる。

ナギナタガヤ草生園における肥効調節型肥料の利用について推考すると、ナギナタガヤの生育期間中は本肥料に由来する窒素がナギナタガヤによって優先的に吸収される可能性が高いと考えられる。本肥料は成分の緩やかな溶出が特徴であり利点でもあるが、ナギナタガヤの根部は地表下0~10cm層にその92~97%が密生しているため（未発表）、緩効的に溶出した窒素は樹体よりも本種に先取りされる可能性がある。一方で、草生条件下では肥料が滑落し難くなり、ナギナタガヤが枯死している期間は敷き草の効果によって溶出の安定化に寄与するものと考えられる。

スプリンクラーを利用した液肥の樹上散布は施肥作業の軽労働化に有効と考えられ、本研究から少量散布を行い、極めて条件が良い場合、春季であっても散布窒素は60%前後の利用率を見込めることが示された。樹上散布の特徴は葉面吸収と根群吸収が平行して行われる点にある。しかし、葉面からの窒素吸収量は、葉への付着量が制限されるため手散布の50%程度に留まり、散布量を増やしたとしても400L/10a以上になると落下液量が著しく増加し（小笠原ら, 1977）、葉への付着量増加はさほど期待できないことから、樹上散布窒素の主要な吸収器官は根群であると考えられる。従って、樹上散布窒素を効率よくミカン樹に吸収させるためには、地温が10~12℃以上の根群による窒素吸収が盛んに行われる時期に散布する必要がある。また、ナギナタガヤ草生園での樹上散布は肥効調節型肥料と同様に、草の生育期間中は落下液中の窒素をナギナタガヤによって優先的に収奪されることが考えられ、葉面吸収量も少ないため樹体への窒素補給にはあまり効果を示さないと推測される。

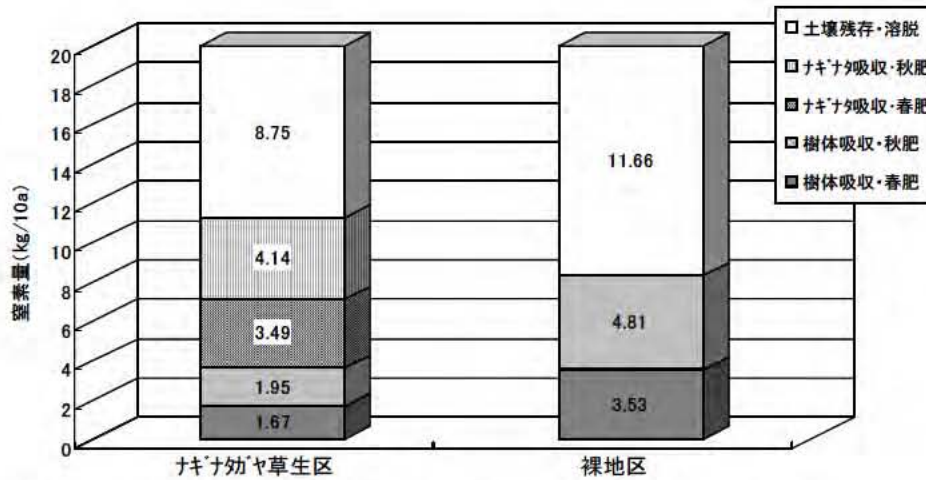
一方、スプリンクラーを用いた液肥樹上散布のみによって、年間の施肥窒素量を供給する場合は、幾つかの問題が発生する。まず、

樹上からの散布となるため、樹体に濃度障害を与えない程度に散布液を希釈する必要があり、散布の前提条件として豊富な水源を要する。投下窒素量を多くする目的で一度に多量の散布を行うと溶脱し易く、利用率も低下すると考えられる。このため、散布回数の多い分施を行う必要があるが、作業が煩雑になる。次に、散布にはスプリンクラーが使用されるため、無風時など条件が良ければ園内にはほぼ均一な散布が可能である。しかし、同一園でも植栽樹はそれぞれ樹勢や着果量などが異なっていることが多く、常に樹上散布による施用を行った場合は個々の樹体の窒素必要量に対して過不足を生じる恐れがあり、樹の状態に応じたきめ細かな肥培管理には不向きである。また、園内には法面や園内作業道などの根域以外のエリアも存在し、スプリンクラーを利用した樹上散布ではこのような無吸収エリアへも散布液が落下するため、施肥のロスを生じる可能性がある。さらに、スプリンクラー散布は風の影響を受けやすいため、風上側では散布ムラを生じ、風下側では園外への飛散によるロスも考えられる。このような散布窒素のロスは、施肥効率を低下させるとともに環境負荷に及ぼす影響も無視できないと思われる。これらのことから、樹上散布は裸地状態であることを前提に、土壤施肥に対する代替効果の大きい春季や降雨が少ない時期、あるいは速効的な肥効を要求される晩秋季などに少量をスポット的に散布することによって、問題点の露呈を少なくし、軽労働で効率の良い窒素補給が期待できると考えられる。

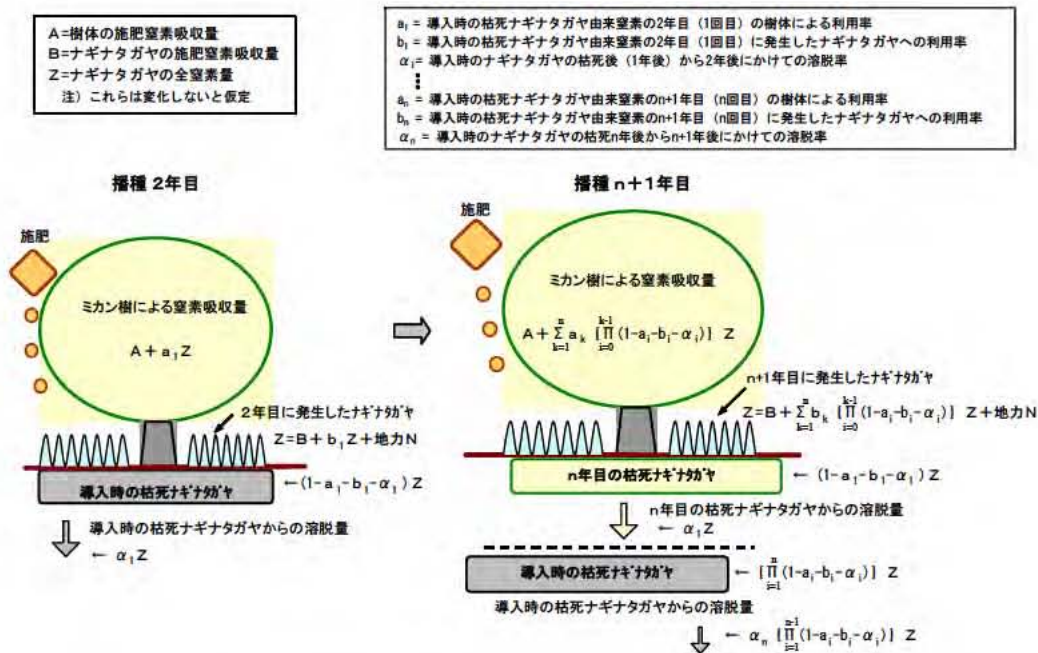
以上のように、本研究によってカンキツ園における窒素の利用効率向上や肥培管理の省力化に関して、土壤管理面および施肥管理面から幾つかの知見が得られた。また、これらの技術は前述のように相互に関連付けて併用することによって、一層効果的なものに発展

させることが可能であると推察される。しかし、ナギナタガヤ草生栽培では窒素循環に関わる多くの変数が未解明であり、また、各章における試験はカンキツの樹体や環境負荷に最も影響を及ぼす窒素に絞って実施したため、

リン酸やカリウムなど他の成分の動態については未検討である。これらについては今後さらに検討をおこない、解明していく必要があろう。本研究がカンキツ生産者の肥培管理を改善する一助となれば幸いである。



第61図 ナギナタガヤ草生園と裸地園における年間の施肥窒素の収支
年間の施肥窒素量:20kg/10a (春肥:10kg+秋肥:10kg)



第62図 ナギナタガヤ草生園における枯死ナギナタガヤ由来窒素の動態

総 摘 要

本研究の目的は、カンキツ園における施肥窒素の利用効率を向上させて環境負荷の軽減を図るとともに、強労働である施肥作業を省力化し生産者の労働負担を低減させることにある。この目標を達成するためには、慣行的に行われてきた土壌管理法や施肥管理法を改善する必要がある。そこで、本研究では主に ^{15}N トレーサー法を活用して、土壌管理面ではナギナタガヤを利用した草生栽培について、施肥管理面からは尿素の葉面散布や樹上散布、年間施肥の中で最も利用率の低い春肥の施用適期、肥効調節型肥料を利用した省力施肥について検討を行った。

1. ナギナタガヤ草生条件下における施肥窒素の動態

ナギナタガヤ草生ミカン園において、ナギナタガヤの生育期間中に施用される春肥および秋肥窒素のウンシュウミカン樹とナギナタガヤによる吸収特性を解明するため、 ^{15}N トレーサー法を用いて検討した。3月に施用した春肥窒素の樹体による吸収量は、草生区が裸地区の47%と著しく少なく、特に新葉における差異が大きかった。また、草生区におけるナギナタガヤの吸収量は、同区の樹体の約2倍であった。樹体の ^{15}N 寄与率は、いずれの器官においても裸地区の方が高く、特に新生器官における差異が大きかった。一方、ナギナタガヤにおける ^{15}N 寄与率は、樹体に比べ著しく高かった。春肥窒素の利用率は、樹体を比較すると草生区16.7%、裸地区35.3%であり、裸地区の方が顕著に高かった。しかし、ナギナタガヤによる吸収量を加えた草生区の利用率は51.6%となり、裸地区の約1.5倍であ

った。11月に施用した秋肥窒素の吸収特性についても春肥窒素と同様な傾向をみせ、ミカン樹による秋肥窒素吸収量は、草生区が裸地区の41%と著しく少なく、特に吸収窒素の集積が大きい新葉と細根における差異が大きかった。草生区におけるナギナタガヤの秋肥窒素吸収量は、同区の樹体の約2倍であった。また、ナギナタガヤは吸収窒素の多くが地上部に分配されていた。秋肥窒素の利用率は、樹体を比較すると草生区19.5%、裸地区48.1%であり、裸地区の方が大幅に高かったが、ナギナタガヤによる吸収量を加えた草生区の利用率は60.9%となり、裸地区の約1.3倍になることが示された。

次に、枯死ナギナタガヤ由来窒素のウンシュウミカン樹および再発生ナギナタガヤによる吸収特性を明らかにするため、 ^{15}N 標識ナギナタガヤを施用し、1年間の追跡調査を行った。5月下旬に枯死したナギナタガヤに由来する窒素は、8月頃からミカン樹に吸収され始め、当年のミカン樹各器官や翌年の春季新生器官に移行した。同様に、再発生したナギナタガヤにも吸収され、1年後のミカン樹と再発生ナギナタガヤによる枯死ナギナタガヤ由来窒素の吸収量はほぼ同量であった。また、ミカン樹各器官の ^{15}N 寄与率は春季新生器官や旧葉、細根で高く、収穫果では低かった。再発生したナギナタガヤの ^{15}N 寄与率は樹体に比べて著しく高く、かつ地下部の方が地上部より高率であった。枯死ナギナタガヤ由来窒素の利用率は、樹体5.5%、ナギナタガヤ5.4%であった。

さらに、圃場条件下の成木ウンシュウミカン園における、連年のナギナタガヤ草生栽培が

土壌や樹体、収量および果実品質に与える影響を検討するため、19年生の‘宮川早生’を用いて7年間調査を行った。根域の土壌中の無機態窒素含量は、裸地区では春肥や秋肥の施用後に急速に増加したが、草生区は裸地区ほどの増加がみられなかった。地表下50cmの土層から採取した土壌水中の硝酸態窒素濃度も同様に、裸地区は施肥後に急激に上昇したが、草生区は裸地区より低く推移した。また、夏秋季における草生区の無機態窒素含量は、試験開始2年目では裸地区よりやや低く推移し、この期間の葉中窒素含有率も裸地区より低かった。しかし、4年目になると草生区の土壌中の無機態窒素含量は裸地区よりやや高く推移する傾向がみられ、葉中窒素含有率も裸地区と同程度に推移した。5月採取葉の葉中窒素含有率については、2か年とも裸地区の方が高かった。7年間の収量は草生区の方がやや多く、同区は果実品質の低下も全く認められなかった。

以上の結果から、ウンシュウミカン園へのナギナタガヤの導入は、園全体での春肥および秋肥窒素の吸収量を増加させ、未吸収量を減少させることが明らかになり、環境負荷軽減に寄与できることが示された。また、枯死したナギナタガヤ由来窒素は、枯死後1年の間に11%がミカン樹と再発生ナギナタガヤに利用されることが明らかになった。成木のミカン園にナギナタガヤを導入した場合は、収量や果実品質などに悪影響が認められなかったが、本種による施肥窒素の吸収量はかなり多いため、貯蔵窒素の蓄積が少ない幼木期のミカン園では窒素補給対策を検討する必要があると考えられた。

2. 春季の葉面散布および施肥時期の改善による利用効率向上

ウンシュウミカンの発芽期前後における葉面散布尿素の吸収・移行特性を把握するため、

^{15}N トレーサー法を用いて3か年間の圃場試験とポット試験を行った。葉面散布された尿素は、比較的気温の低い3月下旬においても旧葉から吸収されることが確認され、その場合、マシン油乳剤と混用しても吸収量の低下はみられなかった。尿素液の散布回数と吸収窒素量の関係は、3回散布までであれば散布回数に比例して吸収量が増加した。また、散布濃度と吸収窒素量については、0.33~1.00%の範囲内では散布濃度が高いほど吸収量も増加した。旧葉に吸収された窒素は、その後、樹体の各器官に移行し、6月上中旬までの移行量は吸収窒素量の65~70%であった。移行した窒素の大部分は春季新生器官に集積しており、地下部への移行量は極めて少なかった。散布尿素の利用率は、散布回数や散布濃度に関わらず、概ね散布窒素量の40%前後であった。この時期の尿素散布は、窒素レベルが低下している樹に対して、その全窒素量を増加させる効果があることが示された。

さらに、ウンシュウミカン樹において春肥施用時期の月間差が樹体による施肥窒素の吸収と樹体内での移行特性に及ぼす影響を明らかにするため、 ^{15}N トレーサー法を用いて圃場試験とポット試験を行った。春肥窒素は3月1日、4月1日、5月1日に施用した。

圃場試験における春肥窒素施用後の樹体による吸収速度は、5月区 \geq 4月区 $>$ 3月区の順であった。旧葉の ^{15}N 寄与率は、3月区と4月区は類似した増減を示し、施用後から5月上旬まで急速に増加し、5月下旬から漸減した。5月区は両者に比べて常に低く推移した。新葉、果実など春季新生器官における ^{15}N 寄与率は、5月上旬~6月上旬までの間は3月区と4月区が5月区より明らかに高かった。しかし、6月下旬以降になると5月区が最も高くなり、次いで4月区、3月区の順で推移した。一方、12月上旬に解体したポット樹による春肥窒素の利用率は、3月区が31.5%、4月区で34.6%、5月区は

37.1%であった。

以上のことから、春季の尿素葉面散布は吸収が速やかで利用率も比較的高く、新生器官への移行も多いことから、ナギナタガヤ草生園など春季に窒素レベルが低下している樹の窒素補給に有効であると考えられる。また、一般園における春肥の施用時期は、施用後の樹体による吸収が速やかで、旧葉や発生当初の新生器官への移行量が多く、しかも3月施用よりも利用率の高い萌芽期直前の4月上旬頃が効率的であると判断された。

3. 肥効調節型肥料および液肥樹上散布の利用

花崗岩土壌地帯に多く栽培され、施肥回数や施肥量の多い‘宮内イヨ’に対し、施肥回数の削減と溶脱窒素量の低減を図るため、肥効調節型肥料を利用した年2回施肥法について検討した。

肥効調節型肥料からの窒素溶出は、リニア型40日タイプでは施用方法の影響を受けず安定していた。しかし、シグモイド型の各タイプは施用方法によって異なり、累積溶出率は地中埋設区>地表・敷き草区>地表・裸地区の順であった。ライシメーター試験による各種肥料の施肥窒素溶脱率は、化成肥料>有機配合肥料>肥効調節型肥料の順であった。肥効調節型肥料の施肥窒素量を対照区より20%削減して実施した現地実証試験では、年2回施肥や減肥による樹体への影響は3か年間認められず、実証区（肥効調節型肥料区）は土壌中の硝酸態窒素含量が低く推移し、深層の土壌水中の硝酸態窒素濃度も対照区に比べて明らかに低下した。

さらに、既存のスプリンクラーを利用して

液肥の樹上散布を行った際の、ウンシュウミカン樹よる散布窒素の吸収特性および利用率を把握するため、4月中旬に¹⁵N標識尿素液を散布し追跡調査を行った。また、ウンシュウミカン圃場において樹上散布と慣行施肥の土壌中の無機態窒素の消長を検討した。

樹上散布した尿素液の樹体への付着量は、手散布に比べて明らかに少なく、葉裏への付着はほとんど観察されなかった。散布液の付着率は手散布が83%であったのに対し、樹上散布では45%であった。このため、散布尿素的葉面からの吸収量は、樹上散布が手散布の58%と少なかった。しかし、樹体に付着した窒素量に対する利用率は、樹上散布が53%、手散布は54%であり両者は同等であった。一方、樹上散布において葉面吸収量と土壌へ落下した尿素液の根からの吸収量を加算した総利用率は59%となり、手散布の散布窒素量に対する利用率の45%に比べて高率であった。樹体に吸収された散布尿素由来窒素は、樹上散布および手散布ともに春季新生器官に62%が分配されていた。また、樹上散布を行った際の圃場における土壌中の無機態窒素含量は、降雨が多い場合は減少が早く、降雨が少ない時期には増加が早い傾向がみられた。

これらのことから、肥効調節型肥料の利用は、‘宮内イヨ’栽培において施肥回数を削減でき、施肥作業の省力化に有効であるとともに、施肥量の低減や環境負荷軽減に貢献できる可能性があると考えられた。また、スプリンクラーを利用した液肥の樹上散布は、園内が裸地状態であり、散布後に多量の降雨がないなど条件を整えば、葉面および根群から高率で吸収されることが示された。

謝 辞

本論文の取りまとめにあたり、始終懇切なご指導とご校閲の労を賜った愛媛大学農学部教授 水谷房雄博士に衷心より感謝を申し上げます。また、本論文をご校閲いただいた香川大学農学部教授 片岡郁雄博士、同大学教授 望岡亮介博士、高知大学農学部准教授 尾形凡生博士、愛媛大学農学部准教授 山田 寿博士に深甚な謝意を表す。

本研究の遂行には ^{15}N 分析が不可欠であり、煩雑で時間と労力を要する発光分析法を丁寧にご指導下さり、論文の取りまとめに関しても数々のご助言をいただいた（独）近畿中国四国農業研究センター 木村秀也博士に心から感謝の意を表す。同じく、質量分析法のご指導と有益なご助言を賜った同センター 吉川省子博士ならびに村上敏文博士（現 東北農業研究センター）に厚くお礼申し上げます。

（独）生研センター 宮崎昌宏博士には論文の取りまとめに対する強い動機付けと激励をいただき、茨城大学農学部教授 小松崎将一博士には多くのご指導を賜った。（独）近畿中国四国農業研究センター 山内 稔博士ならびに志村もと子博士には、 ^{15}N 分析に際して長期間の滞在を快く受け入れていただき、数々の有益なご助言を賜った。また、愛媛県立今治北高等学校教諭 井出博文氏にはご指導をいただいた。ここに記して心よりお礼申し上げます。

本研究の遂行および論文の取りまとめに際しては、愛媛県農林水産研究所 果樹研究セン

ター長 荻原洋晶博士に多大なご指導と激励、ご便宜をいただいた。愛媛県立果樹試験場 前生産環境室長 大政義久氏（現 南予地方局産地育成室長）ならびに同試験場 元場長 世良親臣氏、元次長 二宮敬和氏には常にご指導と激励をいただいた。また、果樹研究センター 栽培開発室長 加美 豊氏、同センター 主任研究員 藤原文孝氏、安部伸一郎氏、野中 稔氏（現 愛媛県農林水産研究所）、山内亜希子氏（現 愛媛県立衛生環境研究所）にはご協力とご便宜をいただいた。同センター 主任研究員 矢野 隆博士には本論文の作成に関して多くのご助言をいただいた。諸氏に心から厚くお礼申し上げます。

本研究には供試圃場の的確な管理や供試樹の均一な育成が不可欠であり、果樹研究センター 主任業務員 本多喜行氏には一方ならぬご協力をいただいた。さらに、分析試料の採取や解体調査には柚山竜一氏、藤原 誠氏、山下雅樹氏、高橋靖太郎氏、中岡恒貴氏のご助力を賜り、試料の前処理や分析には成松牧子氏、成松（現 北川）千鶴氏、佐古田尚美氏、中山ひろみ氏、笠原かおり氏に多くのご協力をいただいた。ここに記して深謝の意を表す。

最後に、本研究を完成させるまで常に全面的な支えとなってくれた家内に心から感謝する。

Studies on Improvement of Soil and Fertilizer Application Management to Improve Utilization Efficiency of Nitrogen and to Reduce Nitrate Leaching in Citrus Orchards

Kei Ishikawa

Summary

The purpose of this research is to reduce the nitrate leaching by improving the utilization efficiency of the applied nitrogen in Citrus orchards, and to save heavy labor of the fertilizer application. For these purpose it is necessary to improve the soil and fertilizer application management which has been so far conducted up to now.

A ^{15}N -tracer method was used for analyzing N behavior in citrus trees and orchards. The dynamics of applied nitrogen were investigated in the sod culture covered with Rat tail fescue, *Vulpia myuros*, as soil management. The absorption of applied nitrogen in the foliar application and overhead-spraying of urea was monitored. In addition, an efficient application time of nitrogen in spring was determined, and the labor-saving method for fertilizer application was developed by using coated fertilizers.

1. Dynamics of applied nitrogen in satsuma mandarin orchard covered with Rat tail fescue as cover crop

A ^{15}N -tracer method was used to study the absorption of nitrogen applied in the spring and fall to satsuma mandarin trees (*Citrus unshiu* Marc. 'Nankan No.20') and in an orchard covered with Rat tail fescue. The amount of nitrogen absorbed by the trees from a spring-applied plot covered with Rat tail fescue was markedly small, about 47% of that in a clean cultivated plot. The difference was particularly large in new leaves. The amount of nitrogen absorbed by Rat tail fescue in the sod culture plot was about twice as large as that absorbed by the trees in the plot. Trees in the clean cultivated plot showed higher ^{15}N atom% in all organs than trees in the sod culture plot did. The difference was particularly large in newly developed organs. However, Rat tail fescue in the sod culture plot showed a markedly higher ^{15}N atom% than the trees. The utilization efficiency of nitrogen applied in the spring was 16.7% in the sod culture plot and 35.3% in the clean cultivated plot. However, the utilization efficiency of nitrogen in the sod culture plot including an absorbed amount by Rat tail fescue was 51.6%, which was about 1.5 times as high as that in the clean cultivated plot.

The absorption of fall-applied nitrogen showed a similar tendency to that of the spring-applied nitrogen. Nitrogen absorption by the trees in a plot covered with Rat tail fescue was about 41% of that in the plot without cover crop. The difference was particularly large in new leaves and fine roots. The amount of nitrogen absorbed by the grass in the sod culture plot was about twice that absorbed by the trees in the same plot, and the cover crop contained most of the nitrogen in the above-ground parts. The trees utilized 19.5% and 48.1% of the nitrogen in the sod culture plot and in the clean plot, respectively. However, total nitrogen utilization (trees + grass) in the sod culture plot was 60.9%, which was about 1.3 times the

amount in the clean plot.

The nitrogen dynamics in a sod culture of the satsuma mandarin orchard were determined by using ^{15}N -labeled Rat tail fescue. Dead plants of ^{15}N -labeled Rat tail fescue were applied to the soil surface in an orchard and pot experiments. The satsuma mandarin trees began to absorb the nitrogen decomposed from the dead Rat tail fescue 80 days after application. The absorbed nitrogen was translocated to various current organs of the satsuma mandarin trees and even to newly developed organs the following spring. Similarly, newly germinated seedlings of Rat tail fescue also absorbed the nitrogen. The satsuma mandarin trees and the Rat tail fescue seedlings absorbed nearly the same amount of nitrogen derived from the dead Rat tail fescue. The ^{15}N atom% was high in newly developed organs, one-year-old leaves and fine roots of the satsuma mandarin trees but low in harvested fruit. The ^{15}N atom% was much greater in the Rat tail fescue than the satsuma mandarin trees. The under-ground parts of Rat tail fescue showed the greater level than the above-ground parts. The utilization efficiency of nitrogen decomposed from the dead Rat tail fescue was 5.5% and 5.4% in satsuma mandarin trees and reseeded Rat tail fescue, respectively. It was estimated that about 11% nitrogen was utilized from May to the following spring.

Effects of the sod culture covered with Rat tail fescue on nitrogen content in the soil and yield, fruit quality of mature satsuma mandarin trees (*Citrus unshiu* Marc. 'Miyagawa-wase') were determined in the field experiments for seven years. The mineral nitrogen content in the soil of the clean cultivated plot increased rapidly after nitrogen application. However, the sod culture plot did not increase so rapidly compared with the clean cultivated plot. The nitrate concentration in the soil water in the deeper layer was also maintained at low levels compared with that in the clean cultivated plot. The mineral nitrogen content in the soil of the sod culture plot from summer to fall was consistently a little lower than the clean cultivated plot during the second year. However, the sod culture plot showed a little higher level than the clean cultivated plot during the fourth year. The total yield of trees in the sod culture plot was slightly greater than that of the clean cultivated plot for seven years, and the fruit quality was similar in the both plots.

These results suggested that the sod culture with the Rat tail fescue in the satsuma mandarin orchard contributed to the reduction of nitrate leaching. However, as the grass absorbed large amount of nitrogen applied in the spring and fall, it seemed necessary to replenish nitrogen when trees are young, since they reserve small amount of nitrogen.

2. Nitrogen absorption from foliar applied urea during sprouting stage and efficient application timing of nitrogen for spring fertilizing

The absorption and translocation of nitrogen from foliar applied urea in satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc. 'Nankan No.20' and 'Ehimenakate') at the sprouting stage was monitored using the ^{15}N -tracer method in potted and field-planted trees. Nitrogen from urea applied to foliage even in late March was absorbed into old leaves, regardless of combination with or without petroleum oil emulsion. Of nitrogen absorbed by one-year-old leaves, 65-70% moved to other organs. Especially large amounts translocated to newly developed organs until mid-June but little moved to the roots. The amount of nitrogen absorbed increased with the number of applications up to at least three times and with increasing concentrations

within 0.33% to 1.00%. The utilization efficiency of applied urea was about 40%, regardless of number of applications or spray solution concentrations. These findings suggest that urea applied in the spring effectively may increase nitrogen level of trees with nitrogen deficiency, such as young trees grown with the Rat tail fescue as the cover crop.

Effects of application time in spring on nitrogen absorption by satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc. 'Nankan No.20') trees were investigated. Field and pot tests were conducted by using a ^{15}N -tracer method in which the nitrogen was applied on March 1, April 1, and May 1. In field experiments, the absorption rate by trees was greater in April- and May-plots than in March-plots. The ^{15}N content of one-year-old leaves showed similar fluctuations in the March- and April-plots, which was consistently higher than that in May-plots. The ^{15}N content in newly developed organs, such as new leaves, flowers and young fruit, was apparently greater in March- and April-plots than in May-plots from early May to early June. After late June, however, the ^{15}N content was greatest in May-plots. In pot experiments, the utilization efficiency of nitrogen by trees was 31.5%, 34.6% and 37.1% in March-, April-, May-plots, respectively. Thus, the efficient application timing of nitrogen for spring fertilizing seems to be just before the bud burst in early April.

3. The efficient fertilizer application by using coated fertilizer and overhead-spraying of liquid fertilizer

'Miyachi Iyo' (*Citrus iyo* hort. ex Tanaka) is grown mostly in unfertile granite soil regions and needs frequent, heavy applications of fertilizer. In an attempt to decrease the required number of applications and to reduce nitrate leaching, coated fertilizers were used. Nitrogen released from coated fertilizer of a linear-type (-40 type) was steady and unaffected by the different methods of application. In contrast, nitrogen released from sigmoid-type coated fertilizers (various types) differed among application methods. The cumulative nitrogen release from sigmoid-type coated fertilizers was highest when they were incorporated into the soil, followed by application to the soil surface with grass mulch, and to the surface of clean cultivated ground. The nitrate leaching from each fertilizer, as measured by a lysimeter test, was high in chemical fertilizer > organic mixed fertilizer > coated fertilizer. A field test was conducted by using coated fertilizer, in which the nitrogen content of the fertilizer was reduced by 20%. The test revealed no adverse effects on the trees from applying fertilizer 2 times per year at the decreased levels. The nitrate content in the soil was maintained low in the area where the coated fertilizer was used. The nitrate concentration in the soil water in the deeper layer was also significantly decreased compared with that in the control area. These results suggested that the application of the coated fertilizer was effective for the labor-saving of the fertilizer application work in 'Miyachi Iyo', and contributed to reduce the nitrate leaching.

In addition, the overhead-spraying of liquid fertilizer on trees by using a sprinkler system was conducted. A ^{15}N -labeled urea was applied to examine the absorption of the nitrogen used by the overhead-spraying in satsuma mandarin trees (*Citrus unshiu* Marc. 'Nankan No.20') in the middle of April. The amount of the nitrogen deposition to the leaves from the urea applied by the overhead-spraying plot was apparently slight compared with that of the hand spraying plot. The amount by overhead-spraying was

58% of hand spraying plot. However, the urea applied by overhead-spraying dropped to the soil, and the amount of the nitrogen absorbed by the roots was large. Total nitrogen utilization (leaves + roots) in the overhead-spraying plot was 59%, which was about 1.3 times that in the hand spraying plot.

引用文献

- 赤松聡・大和田厚・船上和喜. 1970. 温州ミカン成木に対するチッソ施用量に関する研究(第1報)収量, 果実の品質および葉中成分におよぼすチッソ施用量の影響. 園学要旨昭45春: 48-49.
- 赤尾勝一郎・久保田収治・林田至人. 1978. 温州ミカン樹の春季新生器官形成時における樹体内貯蔵窒素, 特に秋肥窒素の利用について(その1). 園学雑. 47: 31-38.
- 赤尾勝一郎・塚原貞雄・久田秀彦・小野祐幸. 1981. 温州ミカンの花器および新しょうの発達に及ぼすほう芽期光合成産物の役割. 園学雑. 50: 1-9.
- Anderson, O. E. and E. R. Purvis. 1955. Effects of low temperatures on nitrification of ammonia in soils. *Soil Science* 80: 313-318.
- 安藤 豊・庄子貞雄・及川 勉・菅野忠教. 1986. 水田土壤中での稲わらの分解と窒素の挙動. 土肥誌. 57: 359-364.
- 浅見興七. 1951. 果樹栽培汎論土壌肥料編. pp. 161-192. 養賢堂. 東京.
- Boynton, D., D. Margolis and C. R. Gross. 1953. Exploratory studies on nitrogen metabolism by McIntosh apple leaves sprayed with urea. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62: 135-146.
- 千葉 勉. 1982. 土壌(地表面)管理. pp. 47-80. 千葉 勉編著. 果樹園の土壌管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- Cook, J. A. and D. Boynton. 1952. Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 59: 82-90.
- 江口 浩・江口英信・高木義昭. 1959. 温州みかんの草生栽培に関する研究(第1報) 草生植物の根群及び温州みかん幼木の生育について. 佐賀農試果樹分場研報. 2: 1-16.
- 愛媛県環境政策課編. 2008. 平成19年版愛媛県環境白書. pp. 81-94.
- 愛媛県農業経営課編. 2004. 草生栽培によるカンキツ園の合理的土壌管理技術の確立. pp. 3-12.
- 愛媛県農産園芸課編. 2006. 愛媛の果樹. pp. 12-32.
- 愛媛県農産園芸課編. 2007. 果樹統計資料及び果樹栽培状況等表式調査. p. 13.
- 藤澤英司・小林 新・羽生友治. 1998. 被覆肥料の溶出速度に及ぼす土壌水分の影響. 土肥誌. 69. 582-589.
- 藤原俊六郎. 1986. 有機物の施用方法. pp. 163-164. 農業技術大系(土壌肥料編 第5-1巻). 農文協. 東京.
- 福島忠雄・河村宣親. 1989. 急傾斜樹園地における栄養塩類の流出特性に関する調査研究. 農土論集. 142: 75-82.
- 船引真吾・永木幸江・坂本辰馬・薬師寺清司・奥地 進. 1963. 温州ミカンのライシメーター試験について(第1報)肥料成分の流出. 土肥誌. 34: 125-130.
- 古屋 栄. 1995. 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開4 果樹の被覆肥料施用技術. 土肥誌. 66: 574-580.
- Furuya, S. and Y. Umemiya. 2002. The influence of chemical forms on foliar-applied nitrogen absorption for Peach trees. *Acta Hort.* 594: 97-103.
- 羽生友治. 2001. 被覆肥料. pp. 135-144の15. 農業技術大系(土壌肥料編 第7-1巻).

- 農文協. 東京.
- 花野義雄・石原 暁・井田 明. 1996. 傾斜ライシメーターを使ったミカンおよび茶園の土壌流出と窒素分流出の測定. 土肥誌. 67: 194-197.
- 畠中 洋・松本明芳. 1970. 温州ミカンに対する液体肥料施用試験 (第1報) 土壌溶液および養分吸収への影響. 福岡園試研報. 9: 47-49.
- 畠中 洋・松本明芳. 1973. 温州ミカンに対する液体肥料施用試験 (第2報) 葉中成分, 収量および品質におよぼす影響. 福岡園試研報. 12: 39-46.
- 林田至人・犬塚和男・富永重敏・後田経雄. 1994. 幼木～若木段階の宮内伊予柑の生育, 収量. 九農研. 56: 67.
- 東島敏彦・野中一弥・灰塚士郎. 2002. 茶の葉面散布条件が尿素の樹体吸収に及ぼす影響. 九農研. 64: 25.
- 日野 昭・天野勝司・沢村泰則. 1974. 果樹の光合成作用に関する研究 (第2報) 光合成速度の季節的变化. 園学雑. 43: 209-214.
- 広瀬春朗. 1973a. 各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壌における無機化について. 土肥誌. 44:157-163.
- 広瀬春朗. 1973b. 稲わらおよび稲わら堆肥の分解とアンモニア態窒素の有機化過程. 土肥誌. 44:211-216.
- 保科次雄・香西修治・石垣幸三. 1978. ^{15}N 尿素散布による茶樹の葉面吸収. 茶業技術研究. 54: 33-36.
- 市来小太郎・山下義昭・井田 明・犬塚和男. 1981. 草生ミカン園における施肥窒素の吸収利用 (第1報) ミカン樹による秋肥窒素の吸収と樹体内分布. 九農研. 43: 76.
- 井田 明・市来小太郎・山下義昭・林田至人・犬塚和男. 1980. 温州ミカンに対する土壌別, チッ素, リン酸施用量試験 (第3報) チッ素とリン酸の10年間の収支. 九農研. 42: 75.
- 井田 明・犬塚和男・林田至人. 1981. 草生ミカン園における施肥窒素の吸収利用 (第2報) 樹体からの離脱物と摘除物及び草による秋肥窒素の吸収. 九農研. 43: 77.
- 井田 明・犬塚和男・林田至人. 1982. 草生ミカン園における施肥窒素の吸収利用 (第3報) ミカン樹と草による春肥窒素の吸収. 九農研. 44: 88.
- 池田彰弘・井戸 豊. 1994. 被覆尿素を利用したイチジクの全量基肥施用法. 愛知農総試研報. 26: 281-286.
- Impey, R. L. and W. W. Jones. 1960. Rate of absorption of urea by intact leaves of Washington navel orange. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76: 181-185.
- 井上博道・伊藤豊彰・三枝正彦. 2000. 全量基肥・接触施肥・不耕起栽培におけるデントコーンの養分吸収と収量性. 土肥誌. 71: 674-681.
- 井上 宏. 1973. 温州ミカンの栄養生理に関する研究 (第5報) 砂耕におけるチッ素の多量供給時期と幼樹の新梢伸長ならびに果実の収量・品質. 農業および園芸. 48: 479-480.
- 石原正義・長谷嘉臣・金野三治・横溝 久・佐藤公一. 1967. 温州ミカン幼木の生育・樹体分析・果実の品質に及ぼす液肥施用の影響. 園試報告. A6: 29-47.
- 石井孝昭. 2000. 草生栽培と土壌微生物層. pp. 3-6. 農業技術大系 (果樹編 第8巻). 農文協. 東京.
- 石川 啓. 2007. 春肥窒素の施用時期がウンシュウミカンにおける吸収・移行に及ぼす影響. 園学研. 6(別1): 51.
- 石川 啓・木村秀也. 2003. ナギナタガヤ草生ミカン園における枯死ナギナタガヤ由来窒素の吸収特性. 園学雑. 72(別2):

- 311.
- 石川 啓・木村秀也. 2006. ナギナタガヤ草生ミカン園における春肥窒素の吸収特性. 園学研. 5: 255-259.
- 石川 啓・木村秀也. 2008. ナギナタガヤ草生ミカン園における秋肥窒素の吸収特性. 農作業研究. 43: 53-58.
- 石川 啓・木村秀也・吉川省子. 2008. ウンシュウミカンの発芽期前後における葉面散布尿素の吸収・移行, 散布回数とマシン油混用の影響. 園学研. 7: 39-46.
- 石川 啓・野中 稔. 2005. カンキツ園における液肥の周年樹上散布が樹体・土壤に及ぼす影響. 愛媛果試研報. 19: 7-15.
- 石川 啓・野中 稔・藤井栄一. 2002. 肥効調節型肥料による‘宮内イヨ’の施肥効率向上に関する研究. 愛媛果試研報. 15: 21-34.
- 石川 啓・山内亜希子. 2008. ウンシュウミカンの冬季における葉面散布尿素の吸収・移行. 園学研. 7(別2): 665.
- 石川 啓・吉川省子. 2004. ウンシュウミカンにおける発芽期の尿素葉面散布の吸収及び移行(第2報) 散布方法及び散布濃度の影響. 園学雑. 73(別2): 308.
- 犬塚和男・高辻豊二. 1992. カンキツの分析・調査法. pp. 103-106. 農水省果樹試験場口之津支場編.
- 岩切 徹. 1992. ウンシュウミカンの窒素の肥効と樹体栄養・果実品質に関する研究. 佐賀果樹試研報. 12: 17-27.
- 岩切 徹・中原美智男・甲斐秀昭・小野 忠・石橋信義・近藤栄造. 1977. 除草剤連用ウンシュウミカン園土壤の生物相について. 土肥誌. 48: 329-331.
- 岩本数人. 1982. カンキツ園の土壤管理と施肥技術. pp. 219-256. 千葉 勉編著. 果樹園の土壤管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- 岩本数人. 1987. 土壤および施肥管理の適正化によるウンシュウミカンの生産安定に関する研究. 熊本果樹試特別報. 1: 78-98.
- 岩崎藤助. 1974. カンキツ栽培法. pp. 350-391. 朝倉書店. 東京.
- 岩崎藤助・大畑徳輔・肥田文衛. 1954a. 柑橘に対する肥料の葉面撒布に関する研究(第1報) 臭橙苗及び温州ミカンの葉に及ぼす窒素撒布の影響. pp. 61-65. 野口彌吉編著. 葉面撒布に関する研究. 養賢堂. 東京.
- 岩崎藤助・大和田 厚. 1960. カンキツの隔年結果防止に関する研究(第3報) 晩秋の施肥が翌年の着花ならびに新梢の発生に及ぼす影響. 園学雑. 29: 101-106.
- 岩崎藤助・時本 巽・大和田 厚. 1954b. 柑橘に対する肥料の葉面撒布に関する研究(第2報) 尿素の葉面散布. pp. 66-80. 野口彌吉編著. 葉面撒布に関する研究. 養賢堂. 東京.
- 加治俊幸・鳥山光昭・内村浩二. 1999. 被覆尿素を利用したチャの省力・低投入型施肥法. 土肥誌. 70: 567-570.
- 狩野広美・米山忠克・熊沢喜久雄. 1974. 発光分光分析法による重窒素の定量について. 土肥誌. 45: 549-559.
- 笠原敏夫・渡辺信吾. 1982. 砂丘地におけるモモ園の草生栽培に関する研究(第2報) 土壤の理化学性に及ぼす影響. 新潟園試研報. 11: 15-29.
- 加藤忠司. 1982. 作物の生長と窒素の転流(10) ミカンを中心とした果樹の生長と窒素の転流. 農業および園芸. 57: 1473-1478.
- Kato, T., S. Kubota and S. Bambang. 1982. Uptake of ¹⁵N-nitrate by Citrus trees in winter and repartitioning in spring. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50: 421-426.

- 加藤忠司・久保田収治・塚原貞雄. 1981. 重窒素利用による, 温州ミカンの窒素の吸収とその体内移行に関する研究 (第6報) 後期夏肥窒素について. 四国農試報. 36: 1-6.
- 木島浩三・室賀利正. 1965. 暖地におけるイタリアンライグラスの多収栽培に関する研究 (第1報) 施肥と刈取りについて. 四国農試報. 12: 1-29.
- 菊地秀喜. 2000. リンゴー草生栽培. pp. 39-43. 農業技術大系 (果樹編 第8巻). 農文協. 東京.
- 木村秀也・志村もと子・山内 稔. 2001. 出穂後施用窒素がコムギの子実タンパク質に及ぼす影響. 土肥誌. 72: 403-408.
- 木村龍介. 2003. 硝化作用. pp. 94-98. 農業技術大系 (土壌肥料編 第1巻). 農文協. 東京.
- 木村 武・倉島健次. 1985. オーチャードグラスによる施肥窒素吸収の季節変化. 草地試研報. 30: 34-42.
- 北口美代子・吉岡四郎. 1989. ナシ園への草生栽培の導入に関する研究 (第2報) 火山灰土ナシ園の土壌養水分に及ぼす草生の影響. 千葉農試研報. 30: 9-20.
- 北野欣信・山下重良・小沢良和・山崎 悟・森本純平・山村文三. 1978. 温州ミカンに対する液肥の肥効特性と施用法に関する研究. 和歌山果園試研報. 5: 8-22.
- 久保田正光・福井春雄・久保田収治. 1964. イタリアンライグラスの施肥法に関する研究 (第1報) 窒素の施用量と分施割合. 四国農試報. 10: 39-55.
- 久保田収治. 1982. 栄養生理と診断. pp. 123-142. 千葉 勉編著. 果樹園の土壌管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- 久保田収治・加藤忠司・赤尾勝一郎・文屋千代. 1976a. 重窒素利用による, 温州ミカンの窒素の吸収とその体内移行に関する研究 (第3報) 早春肥窒素について. 四国農試報. 29: 49-53.
- 久保田収治・加藤忠司・赤尾勝一郎・文屋千代. 1976b. 重窒素利用による, 温州ミカンの窒素の吸収とその体内移行に関する研究 (第4報) 初夏肥窒素について. 四国農試報. 29: 55-66.
- 鯨 幸和・菅井晴雄. 1999. ウンシュウミカンにおける葉面散布を活用した効率的な施肥法に関する研究 (第1報) 夏期の尿素葉面散布の吸収と移行. 園学雑. 68(別2): 215.
- 熊澤喜久雄. 1999. 地下水の硝酸態窒素汚染の現況. 土肥誌. 70: 207-213.
- 栗山隆明. 1988. ウンシュウミカン果実の品質改善に関する研究. 福岡農総試特別報. 2: 44-59.
- 栗山隆明・下大迫三徳・吉田 守・安岡 研. 1966. カンキツ園の土壌管理法に関する研究 (第2報) 土壌管理法の差異が地温ならびに土壌水分におよぼす影響について. 福岡園試研報. 5: 1-9.
- 間苧谷徹・町田 裕. 1976. 果樹の葉内水分不足に関する研究 (第5報) ウンシュウミカンの葉の水ポテンシャル及び葉内水蒸気拡散抵抗の時期別推移について. 園学雑. 45: 261-266.
- 松丸恒夫. 1997. 被覆肥料利用による畑地からの肥料窒素溶脱抑制. 土肥誌. 68: 430-434.
- 松瀬政司・岩切 徹. 1986. カンキツに対する開花前の尿素葉面散布・摘らい処理が結実安定・果実品質向上に及ぼす影響. 佐賀果試研報. 9: 61-71.
- 松山 稔・牛尾昭浩・桑名健夫・吉倉惇一郎. 2003. 施用有機物由来窒素の5年間にわたる水稻への吸収利用と施肥窒素の削減. 土肥誌. 74: 533-537.
- 三木伸司. 2004. 愛媛県の農業と土壌肥料.

- 土肥誌. 75: 529-530.
- 峯 浩昭・小田真男. 1985. 温州ミカン園における表層及び下層土改良(第2報)オガクズ入り鶏ふん堆肥の連用と深耕が, ミカンの生育・収量・品質に及ぼす影響. 大分柑試研報. 3: 21-48.
- 宮本 裕. 1965. ミカンに対する液肥の効果とその施用法. 農業および園芸. 40: 1375-1378.
- 宮本 裕. 1968. ミカン園における液肥の施用効果と経済性. 農業および園芸. 43: 1259-1262.
- 宮田明義・増富義治. 2000. 潮風被害を受けたカンキツに対する液肥, 防寒資材, 着花抑制処理及びせん定方法が樹体の回復に及ぼす影響. 山口農試研報. 51: 39-47.
- 宮崎政光・森下英信. 1966. 土壌中における複合液体肥料のりん酸移動について. 農業および園芸. 41: 503-504.
- 森 英男・定盛昌助. 1955. りんご園の草生栽培に関する試験(第1報)樹体とクローバー草生の土壌養水分の競合. 東北農試研報. 4: 106-124.
- 森永邦久・小野祐幸・大東 宏・上田 実. 1979. マシン油乳剤がカンキツ葉に及ぼす影響について(第1報)光合成能, 葉内への浸透および葉中の揮発性物質(葉油)の変化. 園学要旨. 昭54春: 42-43.
- 長田武正. 1989. 日本イネ科植物図譜. pp. 136-141. 平凡社. 東京.
- 中川行夫・坪井八十二. 1962. 果樹園の土壌管理の違いによる地温の変化について. 園学雑. 31: 13-16.
- 中原美智男・岩切 徹・渋谷政夫・小山雄生・西垣 晋. 1985. アイソトープ¹⁵N利用によるウンシュウミカン成木樹のチッ素施用法改善に関する研究. 佐賀果試特別報 3: 15-130.
- 新良力也・西宗 昭. 1998. 北海道における秋播コムギ子実への施肥窒素の集積と土壌由来窒素の吸収. 土肥誌. 69: 604-611.
- 新良力也・西宗 昭. 2000. 土壌にすき込まれた作物残渣からの無機化窒素放出と微生物バイオマス中の残渣由来窒素の消長. 土肥誌. 71: 321-329.
- 西場静雄・森本拓也・田端市郎・橋本敏幸. 1970. 温州ミカンに対する液肥施用の効果. 三重農試研報. 5: 54-65.
- 新田恒雄. 1994. 土壌条件と根圏微生物. pp. 73-78. 農業技術大系(土壌肥料編 第1巻). 農文協. 東京.
- 野口彌吉・菅原友太. 1954. 葉面撒布による尿素の吸収同化機構に関する研究. pp. 1-12. 野口彌吉編著. 葉面撒布に関する研究. 養賢堂. 東京.
- 農水省大臣官房統計部編. 2008. 品目別経営統計. pp. 221-231.
- 農水省果樹試興津支場編. 1987. カンキツの調査方法. pp. 1-12.
- 小笠原静彦・木村義典・井伊谷雄平・木村陽登. 1977. スプリンクラーの多目的利用に関する研究(第1報)スプリンクラーによるカンキツ園での薬液の散布量と付着量の関係. 広島果試研報. 3: 15-20.
- 荻原洋晶・中川雅之・窪田聖一・大政義久. 1999. スプリンクラー利用によるミカンハダニの防除法に関する研究(1)散布液量とミカンハダニの防除効果の関係. 愛媛果試研報. 13: 37-45.
- 大畑徳輔・巢山太郎・井田 馨・久保田貞三. 1954. りんごに対する尿素葉面撒布の効果について. pp. 53-60. 野口彌吉編著. 葉面撒布に関する研究. 養賢堂. 東京.
- 奥地 進・薬師寺清司・圓木忠志・船上和喜. 1962. 柑橘の根群に関する研究(第1報)温州ミカンの根群分布. 愛媛果樹試研報. 2: 11-24.
- 小野祐幸. 1985. ウンシュウミカンの光合成

- および生産構造からみた収量構成要因に関する研究. 京都大学学位論文.
- 大城 晃・石田 隆・白井敏男・加藤昭三・西ヶ谷昭三・岡田厚生. 1972. スプリンクラーによる液肥施用に関する試験 (第1報) 温州ミカンに対する葉・果実中無機成分, 果実品質および収量におよぼす液肥施用の効果. 静岡柑試研報. 10: 61-75.
- Poerwanto, R., H. Inoue and I. Kataoka. 1989. Effects of Temperature on the Morphology and Physiology of the Roots of Trifoliate Orange Budded with Satsuma Mandarin. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 58: 267-274.
- 貞松光男・実松孝明. 1980. 温州ミカンにおけるマシン油乳剤が殺菌剤に及ぼす影響 1. 付着量について. 佐賀果試研報. 7: 49-54.
- 坂本辰馬. 1963. 温州ミカンの土壌ならびにその管理に関する研究. 愛媛果試研報. 3: 24-36.
- 坂本辰馬・奥地 進. 1965. 温州ミカンのライシメーター試験について (第4報) 温州ミカンに対するウレアホルム系窒素の肥効. 土肥誌. 36: 163-168.
- 坂本辰馬・奥地 進. 1968. 温州ミカンの樹の生長, 果実の品質, 葉中の窒素含量に及ぼす窒素供給時期の影響. 園学雑. 37: 30-36.
- 坂本辰馬・奥地 進. 1970. 温州ミカン果実の酸の消長 (集積, 稀しゃく, 減少) に及ぼす夏秋季の土壌乾湿の影響. 園学雑. 39: 107-114.
- 坂本辰馬・奥地 進・円木忠志・船上和喜. 1965. 温州ミカン園における各種土壌管理法の10年間の比較. 園学雑. 34: 277-285.
- 坂本辰馬・奥地 進・宮崎政光・薬師寺清司. 1962. 柑橘園土壌の化学的性質 とくに土壌の反応およびリン酸についての考察. 愛媛果樹試研報. 2: 35-44.
- 坂本辰馬・奥地 進・山本恒久・薬師寺清司. 1961. 温州ミカンに対する緑肥連用の影響 (第1報) 収量ならびに樹の生育におよぼす影響. 園学雑. 30: 215-221.
- 佐藤雄夫・佐々木生雄. 1982. リンゴ園の窒素施肥に関する試験 (第2報) リンゴ樹の窒素吸収に対する草生および敷草の影響. 福島果試研報. 10: 23-33.
- 柴田健一郎. 2005. 果樹栽培におけるカバークロップの利用. 農作業研究. 40: 43-48.
- 関野幸二・猪之奥康治・高辻豊二. 1998. カンキツ作経営における園内作業道・小型機械化技術導入の経済効果. 農業経営研究. 36: 89-94.
- 関屋宏三. 1982. 果樹園土壌の特徴と生産力. pp. 21-46. 千葉 勉編著. 果樹園の土壌管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- 澁川潤一・成田 浩. 1952. りんごに対する尿素の葉面散布について. 園学雑. 21: 149-154.
- 志賀一一. 1988. 水田土壌中における各種有機物の分解過程. 農業および園芸. 63: 479-488.
- 清水達夫・鳥潟博高. 1972. 温州ミカン葉のクロロフィル含量に関する研究. 園学雑. 41: 29-36.
- 真梶徳純. 1996. 防除. pp. 186-203. 江原昭三・真梶徳純編. 植物ダニ学. 全国農村教育協会. 東京.
- 杉浦俊彦・横沢正幸. 2004. 年平均気温の変動から推定したリンゴおよびウンシュウミカンの栽培環境に対する地球温暖化の影響. 園学雑. 73: 72-78.
- 鈴木邦彦. 1989. 果樹園における雑草管理. pp. 335-354. 山崎利彦・福田博之・広瀬和栄・野間 豊編著. 果樹の生育調節. 博友社. 東京.

- 鈴木邦彦. 1994. 樹園地の雑草管理. pp. 320-340. 草薙得一・近内誠登・芝山秀次郎編. 雑草管理ハンドブック. 朝倉書店. 東京.
- 鈴木鉄男・金子 衛・田中 実. 1967. カンキツ幼樹の生育と結実におよぼす時期別土壤乾燥処理の影響. 園学雑. 36: 389-398.
- 鈴木鉄男・岡本 茂・山田吉鋭. 1975. 温州ミカンの葉色と果実品質に及ぼす照度, チッ素濃度および土壤水分の影響. 園学雑. 44: 241-247.
- 高木睦夫・西村利幸・矢野綱之. 1963. 母材を異にする温州みかん園の土壤の相違とその生産力との関係. 土肥誌. 34: 215-221.
- 高木信雄. 1988. 伊予柑のすべて. pp. 119-132. 愛媛青果農業協同組合連合会. 愛媛.
- 高木信雄・赤松 聡・清水真寿美. 1985. 春草がカンキツ樹の窒素の肥効に及ぼす影響. 園学雑. 54: 307-314.
- 高木信雄・赤松 聡・渡辺悦也・大和田厚. 1987. 宮内イヨカンの生産力向上に関する研究. 愛媛果試研報. 9: 3-43.
- 高橋郁郎. 1958. 柑橘. pp. 281-343. 養賢堂. 東京.
- 高橋健二・坂井義春・原田 豊・広瀬和栄. 1978. 温州ミカン園におけるプロマシル除草剤の連年使用の影響に関する研究(第2報) 残効期間および土壤残留に及ぼす影響. 雑草研究. 23: 28-32.
- 高橋正輝. 1998. 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開5 野菜の施肥技術(その1). 土肥誌. 69: 201-205.
- 高辻豊二. 1987. 施肥の基本と施肥設計. pp. 技145-154. 農業技術大系(果樹編 第1巻). 農文協. 東京.
- 高辻豊二・犬塚和男・後田経雄. 1987. 土壤表面管理法が草生ミカンの樹体栄養と収量に及ぼす影響. 九農研. 49: 109.
- 丹原一寛・栗原 肇. 1963. ミカン園土壤の物理的性質と生産性について. 土肥誌. 34: 327-330.
- 富田栄一・東 史郎. 1969. ウンシュウミカンの生育に及ぼす土壤水分の影響. 和歌山果園試研報. 2: 33-59.
- 土田通彦・相川博志・岡島量男. 2003. 肥効調節型肥料による露地ウンシュウミカンの年1回施肥法. 土肥誌. 74: 519-524.
- 辻 剛宏. 2002. ナギナタガヤ草生栽培下での地温と土壤水分の推移. 牧草と園芸. 50: 13-16.
- 堤 道雄. 1976. 葉面吸収. pp. 180-182. 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄編. 植物栄養土壤肥料大事典. 養賢堂. 東京.
- 上野正夫・熊谷勝己・富樫政博・田中幸幸. 1991. 土壤窒素と緩効性被覆肥料を利用した全量基肥施肥技術. 土肥誌. 62: 647-653.
- 上之菌茂・長友 誠・高橋 茂・國枝栄二・山室成一. 2004. 重窒素標識法による鶏ふん堆肥およびオガクズ牛糞堆肥の水稻に対する窒素供給能の評価. 土肥誌. 75: 313-319.
- 渡辺信吾・笠原敏夫. 1982. 砂丘地におけるモモ園の草生栽培に関する研究(第1報) モモ樹の生長, 収量, 果実品質に及ぼす影響. 新潟園試研報. 11: 1-13.
- 渡辺登志彦. 1968. 瀬戸内カンキツ園の土壤管理に関する研究(第1報) 各種土壤管理法が土壤の理化学性およびカンキツの発育, 収量におよぼす影響. 広島農試報告. 28: 1-15.
- Wójcik, P. 2004. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization (Review). J. Fruit Ornam. Plant Res. Specialed. 12: 201-218.
- 山口勝市. 1973. 現代農業技術双書 ミカン.

- pp. 135-149. 家の光協会. 東京.
- 山本省二. 1991. カンキツ黒点病およびそばかす病の生態と防除に関する研究. 和歌山園試特別報. 1: 23-41.
- 山崎隆生. 1981. ミカン園土壌の養分収支に関する研究（第1報）地質母材, 施肥量及び土壌管理法が浸透水量及び肥料成分の浸出量に及ぼす影響. 広島果樹試研報. 7: 9-17.
- 山崎隆生. 1987. ミカン園土壌の養分収支に関する研究（第2報）地質母材, 施肥量及び土壌管理法の違いが果実の収量及び品質に及ぼす影響. 広島果樹試研報. 12: 39-46.
- 山崎隆生・森 啓一郎. 1977. スプリンクラーの多目的利用に関する研究（第3報）液肥施用が温州ミカンの生育・葉成分・果実の収量・品質および土壌中の化学成分に及ぼす影響. 広島果試研報. 3: 33-44.
- 山下忠男. 1970. スプリンクラー灌水施設の多目利用を共同化する集団地のみかん栽培経営. 農業および園芸. 45: 1063-1068.
- 横田 清. 2000. 雑草を生かした草生栽培. pp. 7-11. 農業技術大系(果樹編 第8巻). 農文協. 東京.
- 吉川公規・高橋哲也. 2005. 草生栽培によるカンキツ園の土壌および施肥窒素の流亡抑制効果. 静岡柑試研報. 34: 7-13.
- 吉川公規・梅宮善章・平岡潔志・古屋 栄・加藤秀一. 1999a. カンキツにおける葉面散布窒素の散布時期や資材による吸収と移行の違い. 土肥学講要集. 45: 126.
- 吉川公規・梅宮善章・平岡潔志・加藤秀一・古屋 栄. 1998. ウンシュウミカン葉面散布窒素の吸収と移行に及ぼす窒素形態の相違. 土肥学講要集. 44: 98.
- 吉川公規・梅宮善章・平岡潔志・加藤秀一・古屋 栄. 1999b. ウンシュウミカンにおける葉面散布窒素の吸収に及ぼす散布回数と展着剤の影響. 土肥学中部支部第79回例会講要集. 26-27.