

第3章 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

前章においてナギナタガヤを利用した土壌管理法は、ミカン園全体としてみれば施肥窒素の利用効率向上が図れ、溶脱窒素量を減少させることが可能であることを示した。しかし、ナギナタガヤ草生園では施肥窒素のミカン樹への分配量がかなり減少することも明らかになり、幼木などでは窒素補給対策を講じる必要がある。その方法として、土壌への施肥量増加が考えられるが、ナギナタガヤ草生園における樹体の利用率を考慮すると増肥による窒素補給効果はあまり期待できない。また、環境負荷を視野に入れた場合、増肥は不適切と考えられることから、窒素補給には樹体に直接吸収される葉面散布の利用を検討すべきであると判断された。さらに、葉面散布による樹体の窒素利用率を解明することにより、草生栽培を実施していない一般園においても、葉面散布を行った場合は慣行の施肥窒素量から葉面吸収分を減じた施肥設計が可能になると考えられる。

ミカン樹に対する尿素の葉面散布は、既に生産現場において広く利用されている技術の一つである。この分野に関する研究も古くから行われており、カンキツ樹では散布によって葉色の濃化や葉中窒素の増加(岩崎ら, 1954b; 松瀬・岩切, 1986)、あるいは着花数の増加(岩崎・大和田, 1960)や潮風被害樹の樹勢回復(宮田・増富, 2000)などに有効とする事例がある。リンゴ樹でも新葉の緑化や新梢伸長の促進効果が認められたとする報告がある(大畑ら, 1954; 澁川・成田, 1952)。しかし、葉面散布した尿素の吸収量や利用率、樹体各器官への移行特性などを定量的に検討した報告は少ない。特に、ナギナタガヤの生育が盛ん

になる春季は比較的気温が低く、ミカン樹の生育ステージの中では発芽期前後に当たることから、散布尿素の吸収器官は大部分が前年葉(旧葉)に限定されるため、その吸収量や樹体内での移行特性については不明な部分が多い。

一方、ナギナタガヤ草生栽培は、草と樹体との施肥窒素の競合以外にもいくつかの問題点を持っている。ナギナタガヤはカンキツ園に導入し易く有用な草種ではあるが、裸地栽培に比べると栽培管理の作業性を悪化させることは否めない。また、本種は倒伏後になると特に傾斜地では足が滑りやすくなることが指摘されている(愛媛県農業経営課編, 2004; 石井, 2000)。さらに、本種を導入するためには種子を購入する費用が必要になる。以上のような理由から、急傾斜地園が多い本県では、ナギナタガヤの導入を敬遠する生産者が多いことも事実である。

このような一般園において、施肥窒素の吸収効率を向上させ、環境負荷軽減を図るためには、低地温時に施用され慣行施肥の中で最も利用率の低い春肥について(久保田, 1982)、その施用適期を再検討する必要があると考えられた。ミカン栽培において、春肥は春季における新梢の発達、着果量の確保、果実肥大促進などの収量構成要素を決定する重要な時期に必要な養分を供給する目的で施用するとされ(中原ら, 1985)、一般には基肥として認識されている。春肥の施用時期は地温が低く降水量も少ないため、施用した肥料が根群域に行き渡るにはかなりの日数を要するとの考えから3月上旬頃が適するとされている(岩本, 1982; 高辻, 1987; 山口, 1973)。このため愛

媛県の施肥基準においても、1970年代後半から現在まで、3月上旬の施用が奨励されてきた。春肥の肥効については古くから検討されており（井上，1973；高木ら，1987；高橋，1958），樹冠拡大や収量増加，品質向上に有効とされている。また， ^{15}N トレーサー法を利用した研究により春肥窒素のミカン樹による吸収特性や利用率についても明らかにされている（赤尾ら，1978；井田ら，1982；久保田ら，1976a；中原ら，1985）。しかし，これらの事例は，いずれも春肥を3月上中旬に施用したものであり，施用時期の月間差など微細な違いが，施肥窒素の吸収・移行に及ぼす影響については十分な解明がなされていない。

これらのことから， ^{15}N トレーサー法を用いてウンシュウミカンの発芽期前後における葉面散布尿素および施用時期を変えた春肥窒素の吸収特性や利用率について，圃場条件下とポット条件下で調査した。

第1節 発芽期前後における葉面散布尿素的の吸収特性と利用率

発芽期前後のウンシュウミカン樹に対する尿素的の葉面散布回数および散布濃度の違いが，樹体による吸収量や利用率あるいは樹体内における移行特性に及ぼす影響を明らかにするため， ^{15}N 標識尿素的を散布して追跡調査を行った。また，生産現場では発芽前の3月にマシン油乳剤を散布することがあるため，マシン油乳剤との混用散布が尿素的の吸収に及ぼす影響についても検討した。

1) 2回散布およびマシン油混用の影響

材料および方法

果樹研究センター内の平坦地園（花崗岩母材，中粗粒褐色森林土）に植栽されている7年生‘愛媛中生’（カラタチ台）12樹を供した。

処理区の構成は，尿素1回散布区（以下1回散布区），尿素2回散布区（2回散布区），尿素＋マシン油混用1回散布区（マシン油混用区），対照区を設けた（1区3樹）。処理区では ^{15}N 標識尿素的（10.0atom %）の0.33%液を展着剤なしで葉先から散布液が僅かに滴り落ちる程度に散布した。散布量は供試樹の樹容積により，1樹1回当たり800～900mLとし，散布には容量1000mLのハンドスプレーを用いた。マシン油混用区におけるマシン油乳剤（大塚化学社製油分95%製剤）は，ミカンハダニの防除を想定し60倍（1.67%）で使用した。対照区は尿素的を散布した区と同量の水道を散布した。また，散布時の滴下や散布後の降雨による根からの散布尿素的の吸収を防ぐため，散布時および降雨時は供試樹周辺の地表面を白色の透湿性不織布で被覆し，降雨時以外は不織布を巻き込み露地状態とした。処理区の灌水は地表面に適宜実施した。散布は1回目を2000年3月25日に行い，2回散布区のみ4月6日に再び実施した。散布時における新芽の発生状況は，1回目の散布時は未発生であったが，2回目散布時には2～3mm程度に発芽していた。なお，春肥は有機配合肥料（N:P₂O₅:K₂O=10:8:8%）を用いて，慣行に従い3月10日にN:10kg/10a換算量を土壌施用した。尿素的散布後の降水量は第4表のとおりである。

第4表 尿素的散布日と散布後の降雨日および降水量²

2000年(月/日)	3/25	3/28	3/29	3/31	4/4	4/5	4/6	4/10	4/15		
散布 ¹	○						○				
降水量(mm)	0.0	14.0	1.5	7.0	1.0	2.5	0.0	13.0	8.0		
2001年(月/日)	3/22	3/25	3/29	3/30	3/31	4/2	4/9	4/10	4/11	4/12	4/17
散布 ¹	○					○		○			
降水量(mm)	0.0	9.5	0.5	3.5	8.5	0.0	3.5	0.0	5.0	3.0	0.5

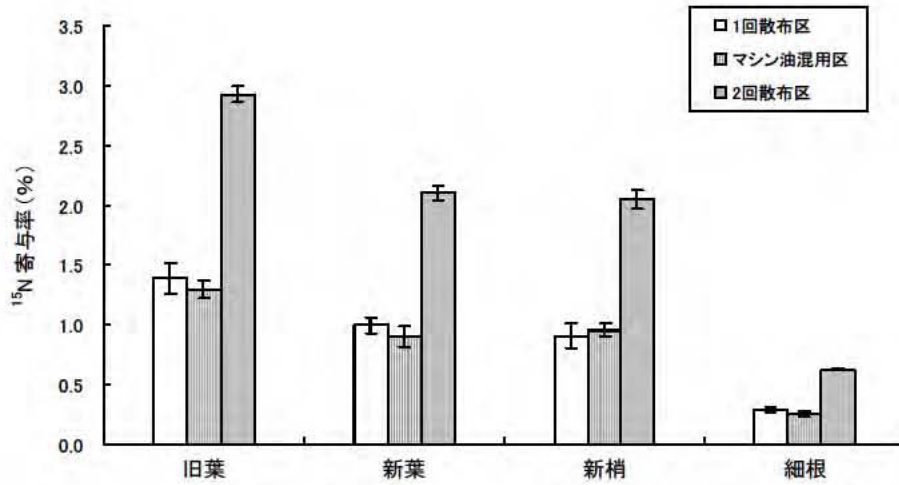
² 愛媛県果樹研究センターにおける気象観測値

¹ ○: 散布日を示す

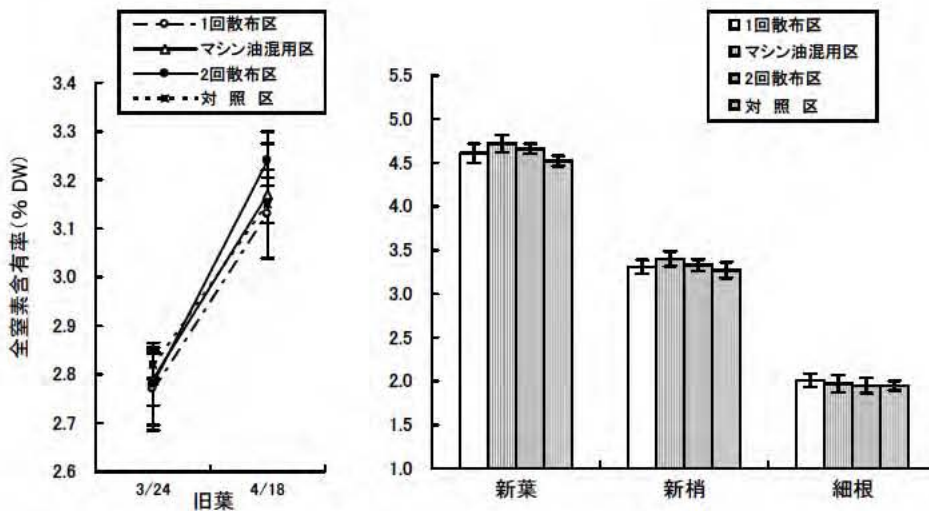
調査は，旧葉（3月24日（散布前）および4月18日採取），新葉・新梢（5月17日採取），細根（直径2mm未満の根，5月30日採取）の全窒素含有率および ^{15}N 濃度について行い，全窒素はケルダール法， ^{15}N は発光分析法（日本分

光社製 N-151アナライザー)により実施した。

結果



第23図 尿素の散布回数およびマシン油混用散布と‘愛媛中生’各器官の ^{15}N 寄与率
誤差線は標準誤差を示す (n=3)



第24図 尿素の散布回数およびマシン油混用散布と‘愛媛中生’各器官の全窒素含有率
誤差線は標準誤差を示す (n=3)

散布尿素の吸収量を ^{15}N 寄与率で比較すると、4月中旬に採取した旧葉では、2回散布区が2.9%と最も高く、1回散布区とマシン油混用区はその約1/2程度の1.3~1.4%であった。5月中旬採取の新葉および新梢においても、2回散布区の ^{15}N 寄与率は2.1%程度と1回散布区やマシン油混用区の約2倍であった。しかし、5月下旬に採取した細根でも同様の傾向がみら

れたものの、 ^{15}N 寄与率は新葉や新梢に比べてかなり低率であった。散布量が等しい1回散布区とマシン油混用区を比較すると、いずれの器官においても ^{15}N 寄与率はほぼ同レベルであった(第23図)。

一方、全窒素含有率については、2回散布区の旧葉は3月下旬から4月中旬にかけての増加程度が他区より高い傾向がみられたが、有意

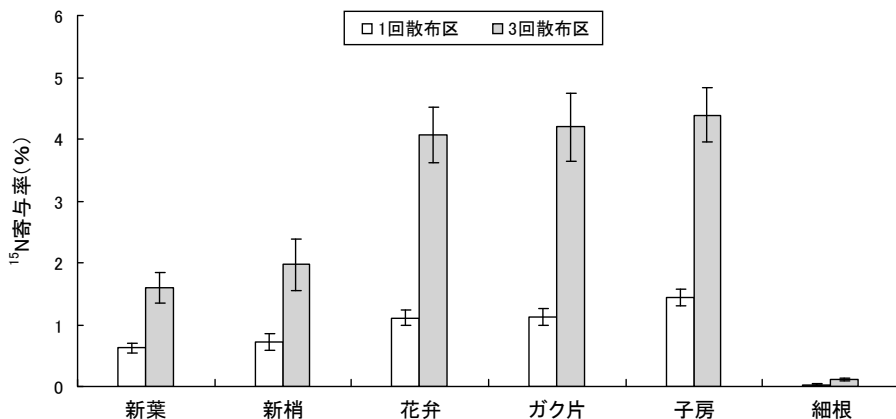
な差ではなかった。また、各区における5月中下旬の新葉、新梢、細根中の含有率も有意な差は認められなかった（第24図）。

2) 3回散布と吸収特性

材料および方法

前項1) と同一圃場の8年生‘愛媛中生’（前年に実施した前項の試験に供試しなかった樹）9樹を用い、尿素1回散布区（以下1回散布区）、尿素3回散布区（3回散布区）および対照区を設定した（1区3樹）。供試尿素、散布濃度、散布方法は2000年と同様にし、地表面の被覆も行った。1回散布区は2001年3月22日に、3回散布区は3月22日、4月2日および4月10日に散布した。新芽の発生状況は、1回目散布時は未発生、2回目散布時も一部で1mm程度の萌芽がみられたが大部分は未発生であり、3回目散布時になると2~4mm程度に萌芽していた。春肥は2000年と同様な肥料を用いて、3月7日にN:10 kg/10a換算量を土壌施用した。尿素散布後の降水量は第4表に示した。

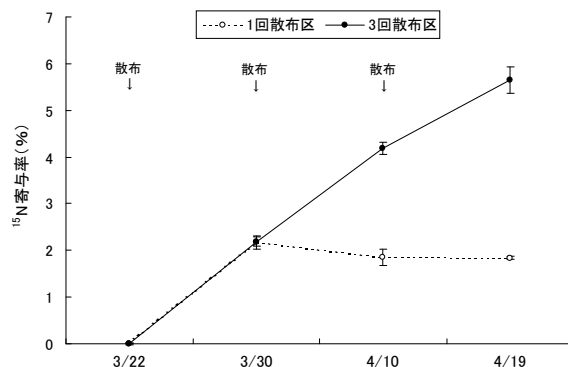
調査は、旧葉（3月22日（散布前）、3月30日、4月10日（散布前）、4月19日採取）、花器（5月10日採取）、細根（5月16日採取）、新葉・新梢（6月14日採取）の全窒素含有率および¹⁵N濃度について行い、分析は質量分析法（Europa Scientific 社製 ANCA-SL）により実施した。



第26図 尿素的散布回数と‘愛媛中生’各器官の¹⁵N 寄与率
誤差線は標準誤差を示す (n=3)

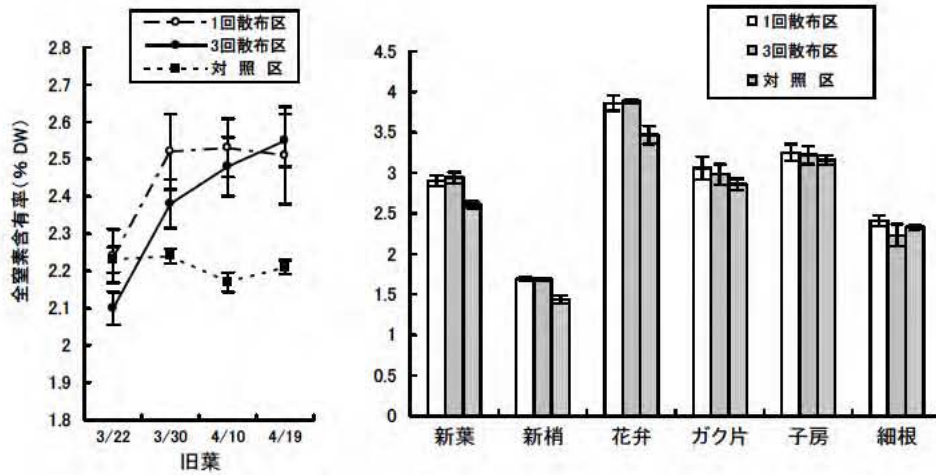
結果

1回目散布から8日後に当たる3月30日時点での旧葉における¹⁵N 寄与率は、1回散布区、3回散布区ともに2.2%程度であった。その後、1回散布区の¹⁵N 寄与率は4月に入っても増加せずほぼ一定で推移したのに対し、3回散布区では散布に伴ってほぼ直線的に増加し、3回目の散布から8日後の4月19日には5.7%に達した（第25図）。



第25図 尿素的散布回数と‘愛媛中生’旧葉の¹⁵N 寄与率
誤差線は標準誤差を示す (n=3)

また、新葉、新梢、花器などの新生器官においても、3回散布区は1回散布区に比べ2.6~3.7倍の寄与率を示し、特に花器において高く、逆に試料採取時における細根では極めて低かった（第26図）。



第27図 尿素の散布回数と‘愛媛中生’各器官の全窒素含有率
誤差線は標準誤差を示す (n=3)

一方、各器官の全窒素含有率については、3月22日から4月19日の間、対照区の旧葉の全窒素は2.2%前後で推移したのに対し、散布区では1回散布、3回散布区とも散布後に増加し、4月19日には両区ともに約2.5%に達した。1回散布区と3回散布区を比較すると、1回散布区は散布8日後に12%程度の増加がみられたが、その後はほぼ一定で推移したのに対し、3回散布区では散布後常に増加する傾向が認められた。また、その他の新器官のうち新葉、新梢、花卉において尿素を散布した区の方が対照区より明らかに高かったが、散布区間の差は明瞭ではなかった(第27図)。

3) 散布回数と利用率

材料および方法

容量約60Lの黒色ポット(形状は第2章のものと同様)に植栽されている3年生‘南柑20号’(カラタチ台)を1区4ポット供試し、尿素1回散布区(以下1回散布区)、尿素3回散布区(3回散布区)を設けた。供試尿素、散布濃度および散布方法は前項2)と同様にし、散布時は白色の透湿性不織布でポットの地表面を被覆した。1回散布区は2001年3月22日に散布を行

い、3回散布区は3月22日、3月30日および4月10日に実施した。散布液量はポット樹の大きさや着葉数あるいは散布時期によって変動したが、平均的な樹では1回当たり130mL前後であった。新芽の状態については、1回目散布時は圃場試験と同様であったが、2回目では1~2mm、3回目になると10~15mm程度に伸長していた。なお、散布後の降雨の影響を避けるため、供試ポットは散布前に露地から側面を解放したガラス室内に移動し、解体時まで管理した。春肥は圃場試験と同じ肥料を用い、3月7日にN:10kg/10a換算量を土壌施用し、灌水を適宜実施した。

樹体の解体は、2001年6月18~22日に実施し、樹体を新葉、新梢、果実(幼果)、旧葉、1年生枝、2年生枝、主幹、細根、小中根、大根根幹に分けて採取した。また、落下物(旧葉・花器・幼果)は散布時~解体時まで適宜採取した。調査は、樹体各器官の乾物重、全窒素含有率および¹⁵N濃度について実施し、分析は前項2)と同様な方法で行った

結果

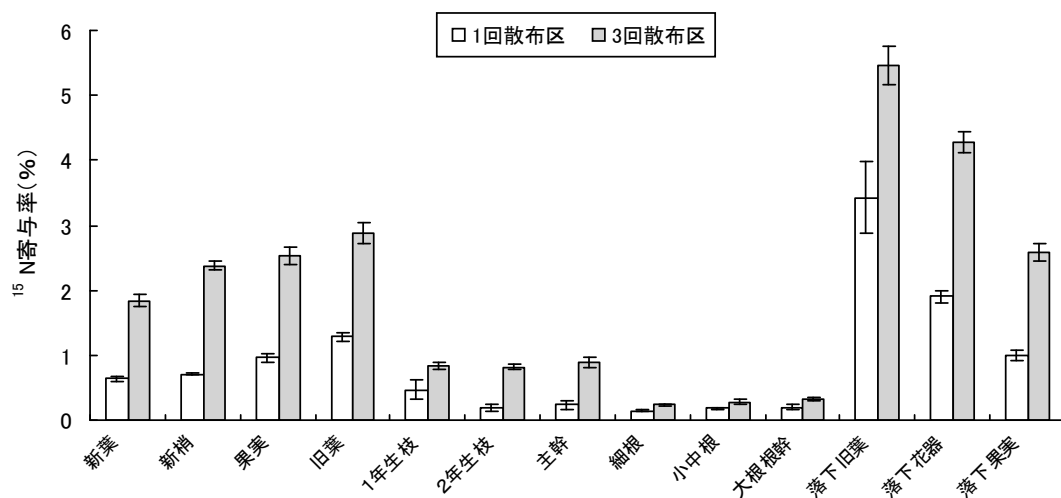
解体した各器官の¹⁵N寄与率については、

両区ともに落下旧葉のそれが最も高く、次いで落花器、着生旧葉、落下果実・着生果実、新梢の順であり、細根や小中根などの地下部では低かった。3回散布区の¹⁵N寄与率はいずれの器官においても1回散布区に比べ2~4倍と顕著に高く、特に地上部において差が大きかった（第28図）。

樹体に吸収された散布尿素の分布割合は、1回散布区および3回散布区ともに落花器が最も高く、次いで着生旧葉、着生果実、新葉の

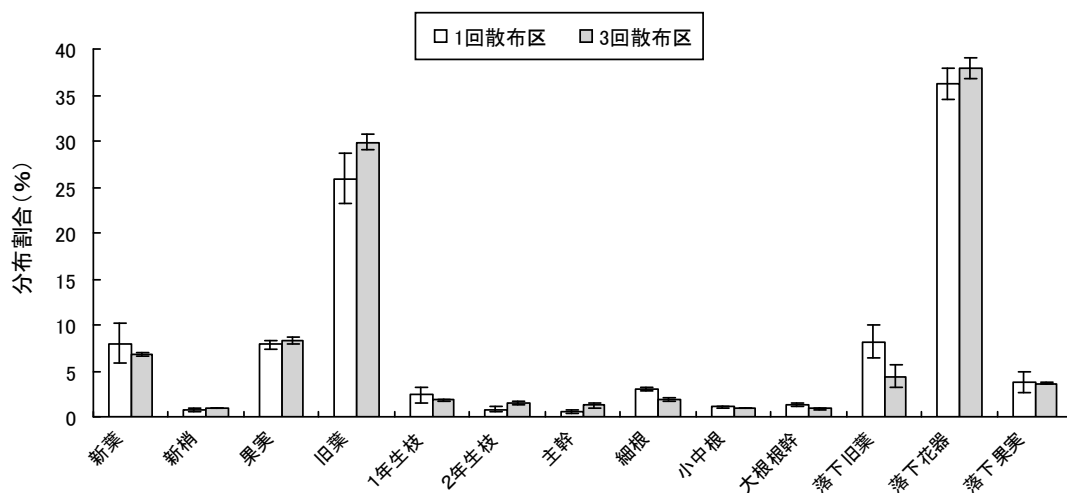
順となった。また、落下物を加えた地上部への分配割合は両区ともに95%前後となり、解体時における地下部への移行は極めて少なかった（第29図）。

樹体全体で散布尿素由来窒素の吸収量を比較すると、3回散布区は1回散布区の2.8倍であり、全窒素含有率も3回散布区が1回散布区より高かった。また、解体時までの散布窒素の利用率は、1回散布区36%、3回散布区45%であった（第30図）。



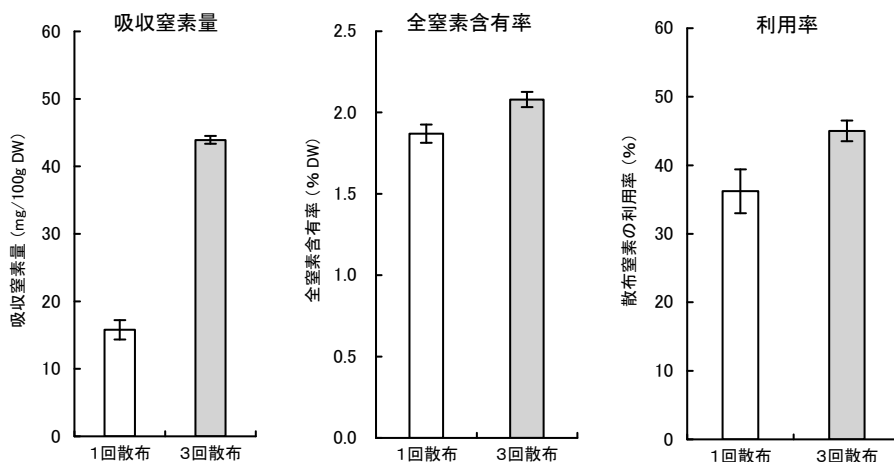
第28図 尿素の散布回数と‘南柑20号’各器官の¹⁵N寄与率

誤差線は標準誤差を示す (n=4)



第29図 尿素の散布回数と‘南柑20号’各器官の吸収窒素分布割合

誤差線は標準誤差を示す (n=4)



第30図 ‘南柑20号’の樹体全体における散布尿素の吸収量、全窒素含有率および利用率

誤差線は標準誤差を示す (n=4)

4) 散布濃度と吸収特性

材料および方法

果樹研究センター内の平坦地園（花崗岩母材、中粗粒褐色森林土）に植栽されている6年生‘南柑20号’（カラタチ台）を1区3樹供試し、尿素0.33%（300倍）液区、0.50%（200倍）液区、1.00%（100倍）液区を設けた。尿素は¹⁵N標識尿素（10.0atom %）を用い、いずれの区も3回散布とした。散布は2004年4月8日、4月16日、4月24日に容量1000mLのハンドスプレーを用いて展着剤を加用せずに行った。散布量は1樹1回当たり450～500mLとし、散布液が葉先から僅かに滴り落ちる程度を目安とした。土壤への散布液の流入防止については前項と同様な処置を行った。また、風による散布液の隣接樹への飛散を防止するため供試樹の3方を布で囲い、散布はその中で行った（第31図）。散布時における新芽の発生状況は、1回目散布時には2.5mm程度、2回目散布時で10mm程度、3回目散布時は45mm程度に伸長していた。春肥は慣行に従い有機配合肥料（N:P₂O₅:K₂O=10:8:8%）を用いて、3月1日にN:10kg/10a換算量を土壤施用した。なお、1回目散布後からの降水量は4月13日:9.5mm、4月14日:6.5mm、4月18

日:0.5mm、4月19日:34.0mm、4月20日:0.5mm、4月26日:15.5mm、4月27日:42.0mmであった。

試料は旧葉を4月8日～6月2日にかけて経時的に採取するとともに、花器（蕾）を5月3日に、新葉を5月8日・5月19日・6月2日に、新梢、幼果、旧枝、細根、小中根を6月2日に採取した。¹⁵N分析は質量分析法（Europa Scientific社製 ANCA-SL）により実施した。

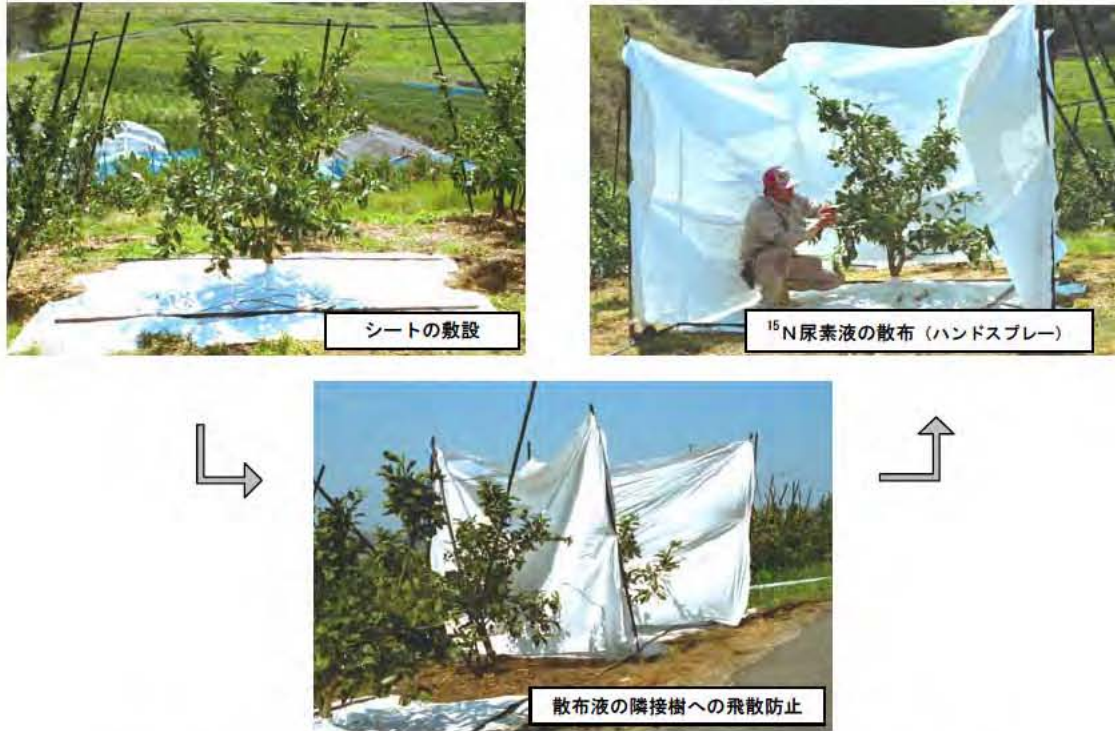
結果

1回目散布時から2回目散布時までの旧葉における¹⁵N寄与率は、いずれの区も散布日から翌日にかけて急激に上昇した。散布2日後以降は各区ともに緩やかな増加に転じたが、1.00%液区は他の区よりやや増加幅が大きかった。散布窒素の吸収量については、いずれの区も散布から24時間以内に2回目散布までに吸収した全窒素量の55～65%が吸収されていた。また、散布2日後以降も散布窒素の吸収は少量ながら継続された。¹⁵N寄与率および散布窒素の吸収量は散布液の濃度が高い区ほど多かった（第32図）。

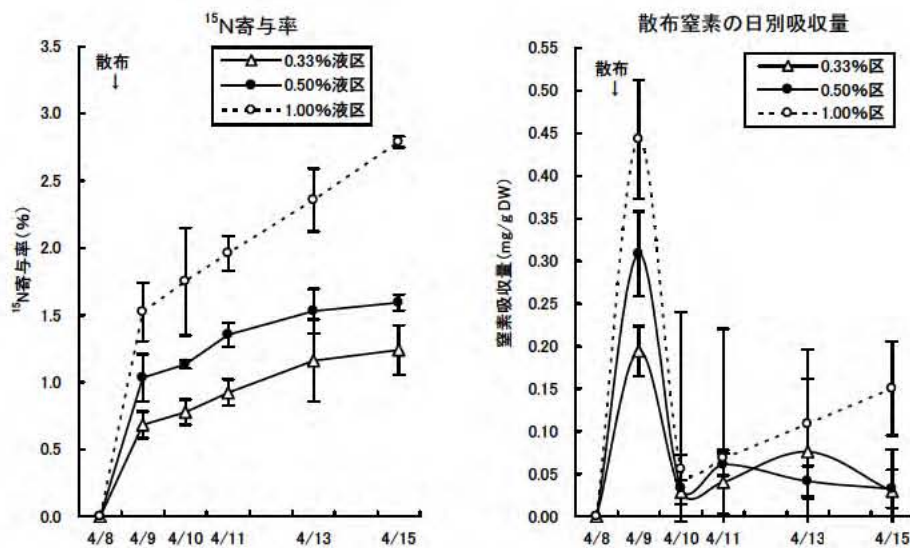
6月までの旧葉の¹⁵N寄与率は、いずれの区

も散布毎に上昇し、最終散布から6日後の4月30日頃にピークを迎え、5月15日にかけて漸減し、それ以降はほぼ一定で推移した。 ^{15}N 寄与率の上昇は、2回目の散布後までは直線的であったが3回目の散布後は鈍化した。 ^{15}N 寄与率は

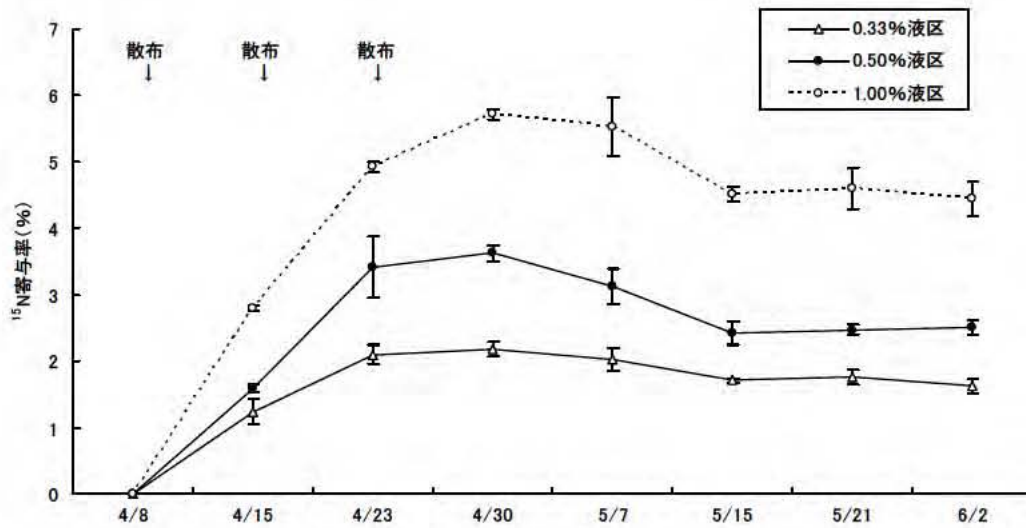
いずれの採取時においても1.00%液区が最も高く0.33%液区の2.3~2.8倍であり、0.50%液区は0.33%液区の1.3~1.6倍で推移した(第33図)。



第31図 圃場試験の実施状況 (愛媛県果樹研究センター内 6年生 '南柑20号' 圃場)



第32図 尿素の散布濃度の違いと '南柑20号' の旧葉の ^{15}N 寄与率および吸収窒素量
誤差線は標準誤差を示す (n=3)

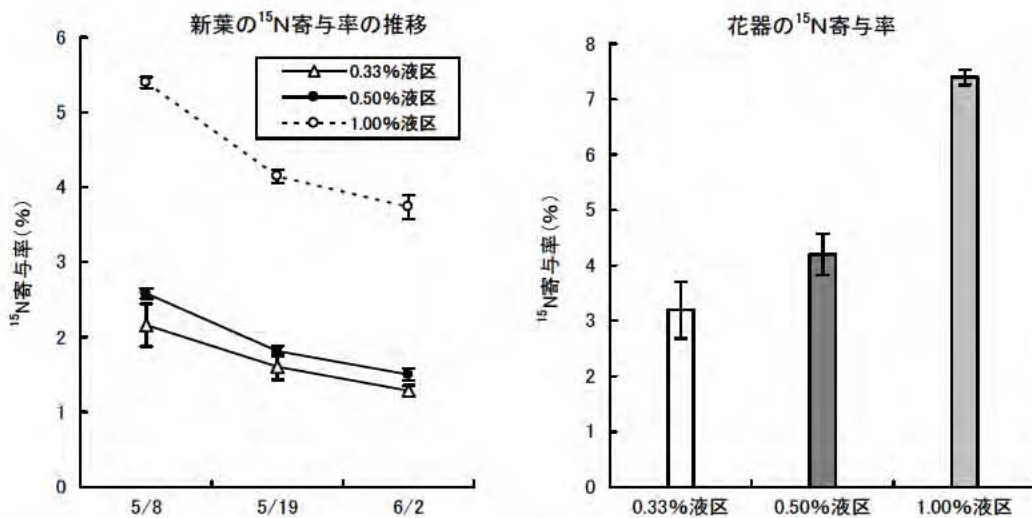


第33図 尿素の散布濃度の違いと「南柑20号」旧葉の¹⁵N寄与率の推移

誤差線は標準誤差を示す (n=3)

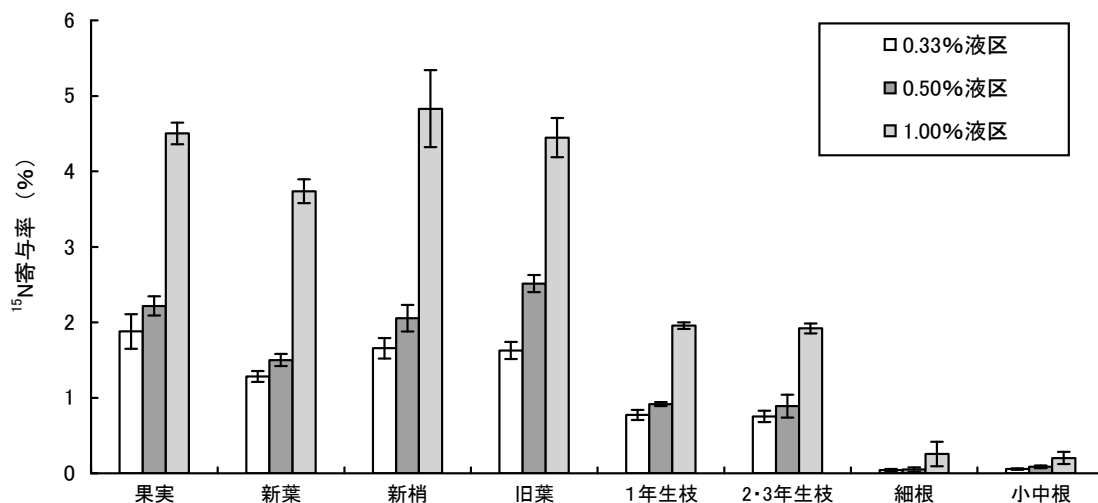
新葉の¹⁵N寄与率は、各区ともに5月8日から6月2日にかけて漸減した。¹⁵N寄与率は1.00%液区が最も高かったが、0.50%液区と0.33%液区の差は僅かであった。また、蕾はほぼ同時期に採取した新葉に比べ高い寄与率を示した(第34図)。6月2日に採取した各器官の¹⁵N寄与率を比較すると、果実、新葉、新梢

などの新生器官の方が、1年生枝や2~3年生枝の旧器官よりも明らかに高かった。これらの器官においても1.00%液区は0.33%液区の2.4~2.9倍、0.50%液区は0.33%液区の1.2~1.6倍であった。一方、地下部の¹⁵N寄与率は地上部に比べ極めて低かった(第35図)。



第34図 尿素の散布濃度の違いと「南柑20号」の新葉および花器の¹⁵N寄与率

誤差線は標準誤差を示す (n=3)



第35図 尿素の散布濃度の違いと‘南柑20号’各器官の¹⁵N寄与率

誤差線は標準誤差を示す (n=3)

5) 散布濃度と利用率

材料および方法

容量約60Lの黒色ポット（形状は第2章のものと同様）に植栽されている4年生‘南柑20号’（カラタチ台）を1区3ポット供試し、尿素0.33%液区と1.00%液区を設けた。尿素は¹⁵N標識尿素(10.3atom%)を用い、散布は新梢長が10~12mm程度であった2004年4月15日に行った。散布方法および土壌への散布液流入防止処置は前項と同様な手法で行った。散布液量は樹容積により異なったが1樹当たり130~140mLであった。供試ポットは降雨の影響を避けるため、散布前に露地から側面を解放したガラス室内に移動し、解体時まで管理した。春肥は前項と同じ肥料を用い、3月1日にN:10kg/10a換算量を土壌施用した。

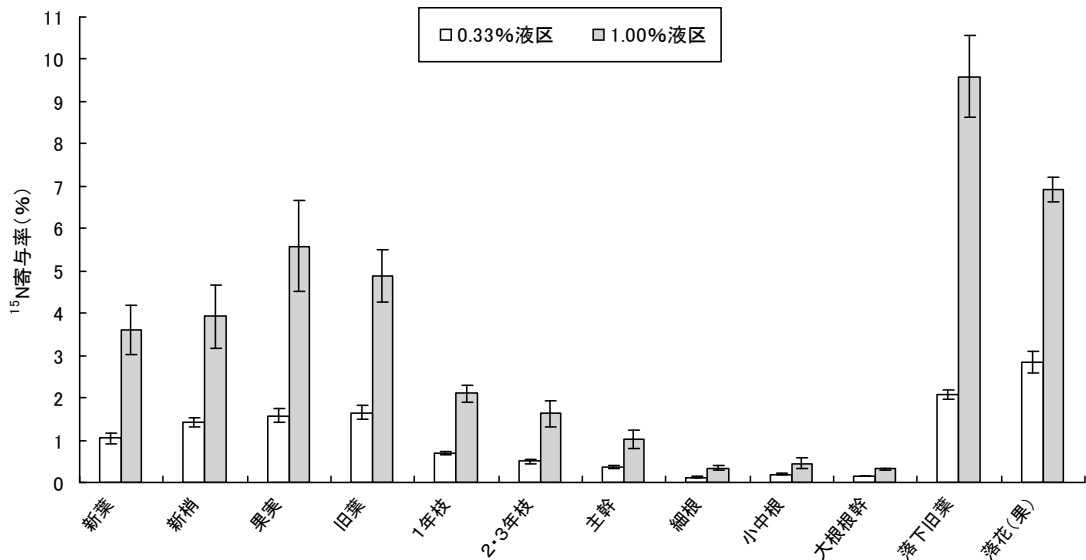
解体は5月28日~6月8日にかけて実施し、樹体を新葉、新梢、果実（幼果）、旧葉、1年生枝、2~3年生枝、主幹、細根、小中根、大根根幹に分けて採取した。また、落下物（旧葉、花器など）は散布時~解体時まで適宜採取し

た。試料は質量分析法によって全窒素含有率および¹⁵N濃度を測定した。

結果

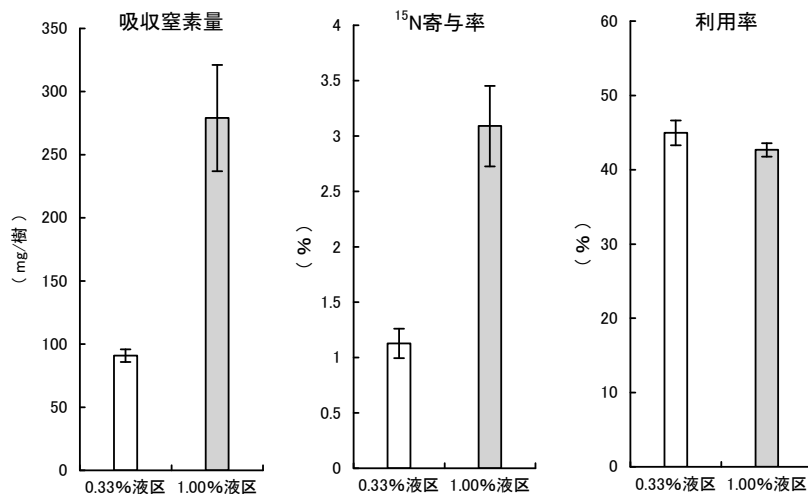
解体樹の各器官における¹⁵N寄与率は、1.00%液区および0.33%液区ともに落下旧葉および落花（果）が他の器官より高かった。落下物を除いた器官では、両区ともに果実、着生旧葉、新梢、新葉で高く、次いで1年生枝や2~3年生枝などの旧枝であり、根部が最も低かった。多くの器官において、1.00%液区の¹⁵N寄与率は0.33%液区の2.4~3.5倍であった（第36図）。

樹体全体における散布窒素の吸収量は、1.00%液区が280mgであり、0.33%液区の91mgに対して約3倍であった。また、¹⁵N寄与率は1.00%液区が3.1%、0.33%液区は1.1%であった。しかし、散布窒素量に対する利用率は、1.00%液区が43%、0.33%液区は45%となり、両区は同レベルであった（第37図）。



第36図 尿素の散布濃度の違いと‘南柑20号’各器官の¹⁵N寄与率

誤差線は標準誤差を示す (n=3)



第37図 ‘南柑20号’の樹体全体における散布尿素の吸収量・¹⁵N寄与率および利用率

誤差線は標準誤差を示す (n=3)

6) 考 察

発芽期における尿素の葉面吸収と気温

ウンシュウミカン樹の愛媛県における発芽期は、概ね4月上中旬頃である。本試験を実施した果樹研究センターにおける気象観測データによれば、この発芽期前後の平年の日平均気温は3月下旬9.8℃、4月上旬11.8℃、4月中旬13.6℃とミカン樹の生育期間の中では比較的気温の低い時期に当たる。このような温度

条件下において、旧葉の表面から葉面散布された尿素が吸収されるか否かについて圃場レベルで検証したところ、2000年および2001年ともに3月下旬に1回散布した場合でも旧葉中の¹⁵N濃度の上昇が認められ、尿素の葉面吸収が確認された。

¹⁵Nトレーサー法を用いて春季～夏季における散布尿素の葉面吸収を検討した研究例をみると、ウンシュウミカンでは鯨・菅井(1999)

の5月および7月散布，吉川ら（1999b）の5月散布の事例があり，イヨカンでは高木ら（1987）の5月および6月散布，落葉果樹においては Furuya・Umemiya(2002)のモモに対する5月散布の報告がある．このような5月以降の葉面散布では，いずれも散布尿素の速やかな吸収が確認されている．葉面吸収について，堤(1976)は光合成および呼吸作用によりもたらされたエネルギーを使った能動的な吸収であるとしている．5月に入ると平均気温も18℃前後と高くなり，新生器官が旺盛に成長する時期になるため，5月の葉面吸収は速やかに行われるものと考えられる．一方，3月下旬の旧葉は，まだ十分な光合成を行っておらず(日野ら，1974；小野，1985)，葉内の細胞代謝も低い状態にあると推測される．尿素は，非電解質で分子量が小さく拡散性や浸透性が極めて高いこと(野口・菅原，1954)，葉表皮のクチクラ膜からも容易に透過すること(Wójcik，2004)が報告されており，光合成活性の低い3月下旬には葉内の呼吸活性に伴った能動的葉面吸収の割合は低く，多くは散布尿素液の葉表皮からの受動的な浸透に由来した可能性があると考えられる．

尿素の吸収速度

尿素的葉面吸収は各種の作物で速やかに行われることが知られており，タバコ，ハウレンソウ，ヒマワリ，キュウリなどは散布24時間後には，散布窒素の50～70%が吸収されたことが報告されている(野口・菅原，1954)．果樹でもリンゴ葉裏からの尿素吸収速度は24時間で78%とされ(Cook・Boynton，1952)，オレンジの葉裏からは30時間もすれば散布尿素の90%以上が吸収されたとする報告が残されている(Impey・Jones，1960)．また，¹⁵Nトレーサー法により求められたウンシュウミカン葉による散布尿素の¹⁵N寄与率は，散布3日後にピークに達したとされる(吉川ら，1998)．本試験における2004年の4月上旬散布の場合

も，散布24時間後には散布後7日間に葉内に吸収された窒素量の約60%が吸収されていた．このことから，比較的気温が低い4月においても，散布尿素は他の作物や樹種と同様に，旧葉から速やかに吸収されることが明らかになり，0.33～1.00%の範囲内であれば吸収速度に濃度の影響をほとんど受けないことが示された．

吸収窒素の移行特性

旧葉に吸収された尿素は，3か年の圃場試験から新葉，新梢や花器などの春季新生器官，さらに少量ではあるが5月中下旬～6月上旬の細根へも移行することが確認された．保科ら(1978)は，同じく常緑性灌木の茶樹を用いて萌芽前に尿素散布を行い，旧葉に吸収された窒素が新葉に移行することを明らかにしている．

2001年および2004年のポット樹による樹体の解体結果から，各器官における吸収尿素の分布割合をみると，旧葉(落葉含む)30～35%，新生器官(落下花器・落下果実含む)55～63%，地上部の旧器官4～6%，地下部3～5%であり，年次や樹齢および散布回数，散布濃度を問わずほぼ近い数値であった．これらから，ウンシュウミカン樹では，春に旧葉から吸収された窒素は，夏肥(慣行の土壌施肥)の肥効が現れる6月上中旬頃までに65～70%が他器官へ移行し，その大部分は春季新生器官であることが明らかになった．

一方，地下部への葉面吸収尿素の移行量は新生器官に比べて著しく少なかった．樹体内における貯蔵窒素の動態を研究した Kato ら(1982)は，冬季の根の貯蔵窒素が2月下旬～3月上旬頃から地上部に移行し始め，6月上旬には75%が地上部に分布することを明らかにしている．また，この時期の地下部は3月に土壌施用された春肥を盛んに吸収しており，6月上旬までに根から吸収された春肥窒素の83%が地上部に移行したことが報告されている(石

川・木村, 2006). さらに, ウンシュウミカン樹の新根の伸長は地上部に比べて遅く, 一般に5月下旬から旺盛になることが知られている (Poerwanto ら, 1989). このため, 本試験を実施した期間内においては新根がほとんど発生しておらず, 根部は窒素のシンク器官にはなっていないと考えられる. これらのことから, この時期の地下部は, 窒素のソース器官として盛んに貯蔵・吸収窒素を地上部に供給しているため, 葉面散布尿素の地上部からの移行量が極めて少なかったものと推測される.

マシン油乳剤との混用散布の影響

生産現場では, 省力のために, 散布回数の削減を目的としてしばしば農薬と液肥の混用散布が行われているが, 農薬が液肥成分の吸収に与える影響についてはあまり明らかにされていない. そこで, 3月に使用されるマシン油乳剤と尿素の混用散布について検討したところ, ^{15}N 寄与率は吸収器官および移行器官ともに尿素単用散布と同レベルであった. このことからマシン油乳剤との混用によっても尿素の吸収は低下せず, 散布の省力化に寄与できることが示された. 山本 (1991) は, ミカン樹の葉面散布薬剤の初期付着量は表面張力の低下によって減少することを報告している. 貞松・実松 (1980) は, 殺菌剤にマシン油乳剤を混用散布した場合の付着量は, 表面張力の低下から単用時より少なくなること, さらにマシン油乳剤の濃度が高くなるほど薬剤の付着量が減少することを明らかにしている. 一方, マシン油乳剤は, 葉内への浸透性を高めること (森永ら, 1979) や薬剤を固着させる作用を有していること (山本, 1991) も報告されている. このようなことを考慮すると, マシン油乳剤と混用散布された尿素は, 表面張力の低下から初期付着量は減少したものの, 浸透性ならびに残効性は向上したために葉組織内への浸透量には大きな差異が生じなかつ

たものと推察される.

散布回数と吸収量および全窒素含有率

2000年および2001年の各試験における ^{15}N 寄与率および吸収窒素量から, 3月下旬~4月上旬の葉面散布尿素の吸収量は, 3回散布までであれば, 概ね散布回数に比例して増加することが示された. ミカン樹における尿素の葉面散布回数については鯨・菅井 (1999) の7月散布, 吉川ら (1999b) の5月散布の事例があり, いずれも散布回数とともに吸収量が増加することが報告されている. これらの結果から, 吸収器官への付着量が制限される葉面散布において, 吸収窒素量を増加させるには, 散布濃度が同じ場合は散布回数を増やすことが有効であると考えられる.

葉面からの吸収窒素が各器官の全窒素含量に及ぼす影響については年次間差がみられ, 2000年は散布した区と対照区の全窒素含有率の差は認められなかったが, 2001年は1回散布区でも多くの器官において散布区の窒素含有率が対照区より高くなった. これは, 2001年の散布前における樹体の全窒素含有率が2000年に比べて低い状態にあり, 葉面からの吸収窒素が全窒素含有率に与える影響が大きかったためと推測される. このことから, ナギナタガヤを導入している草生園や, 前年の着果状態および気象条件などの影響で樹体の窒素含有率が低下している樹に対しては, 発芽期における尿素の葉面散布で明確な窒素補給効果を与えることができるものと思われる.

散布濃度と吸収量

尿素の葉面吸収は, 一般に散布液の濃度が高いほど増加する傾向があるとされ (Wójcik, 2004), ウンシュウミカンでは高濃度散布ほど葉色の濃化や葉中全窒素含有率の上昇が認められている (岩崎ら, 1954a). また, ^{15}N トレーサー法による研究例においても, 茶樹では0.5~2.0%の範囲では尿素液が高濃度であるほど葉面からの吸収量が増加しており (東

島ら, 2002), ウンシュウミカンでも 0.2%液の5回散布と0.5%液の2回散布による葉の¹⁵N寄与率は同程度であることが報告されている(吉川ら, 1999b). 本試験のポット樹において, 4月中旬に散布した1.00%液区の樹体は, 0.33%液区のほぼ3倍の散布窒素吸収量を示した. さらに, 圃場レベルで実施した0.33%液区, 0.50%液区および1.00%液区の樹体各器官における¹⁵N寄与率の差は, 概ね散布液の濃度差と相関する傾向が認められた. これらのことから, 4月散布においても散布回数が等しい場合は, 散布濃度が高い方が効率的であることが確認された. なお, 本試験に供試したポット樹および圃場植栽樹は, 1.00%液を散布した場合でも, 旧葉や新梢, 新葉などに葉害の発生は一切観察されなかった.

葉面散布尿素の利用率

散布尿素の樹体による利用率は, 0.33%液を用いた3月下旬の1回散布で36%, 4月中旬の1回散布では45%であった. また, 1.00%液を用いた4月中旬の1回散布で43%, 0.33%液を用いた3月下旬~4月上旬の間の3回散布では45%であった. これらの散布回数と散布濃度に関する試験は異なった年度に実施したが, いずれも極めて類似した利用率を示したことから, ミカン樹の生育期間の中では気温が低い発芽期前後においても, 葉面散布された尿素は条件が良ければ散布回数や濃度に関わらず40%前後が樹体に吸収されることが明らかになった.

なお, 散布回数試験における1回散布区と3回散布区の利用率の差については, 3回散布区では散布が遅くなるに従って気温が高くなるため, 能動的な葉面吸収の増加の可能性, ならびに新梢の伸長に伴う吸収器官の増加の影響などが考えられる. また, 本試験に供試したポットはガラス室内で管理したため, 日中は外気温より1~3℃高い温度条件となったことがこれらの要因を助長させ, 3回散布区の利

用率を高めたものと推測される.

第2節 春肥の施用時期と樹体による吸収特性および利用率

圃場に植栽されているウンシュウミカン樹に対して, 春肥窒素を3月上旬, 4月上旬, 5月上旬の各時期に施用し, 樹体による窒素吸収速度や樹体内における移行特性について¹⁵Nトレーサー法を用いて検討した. 併せて, ポット樹についても同様の処理を行い, 収穫後の12月に解体を行って施用窒素の利用度を調査した.

1) 吸収・移行特性

材料および方法

果樹研究センターの平坦地園(花崗岩母材, 中粗粒褐色森林土)に植栽されている7年生‘南柑20号’(カラタチ台)を1区3樹供試した. 処理区は, 春肥の施用時期を1か月毎に違えた3月上旬施用区(2005年3月1日施用, 以下3月区), 4月上旬施用区(同年4月1日施用, 以下4月区), 5月上旬施用区(同年5月1日施用, 以下5月区)とした. 窒素源として¹⁵N標識硫酸アンモニウム(5.03atom%)を用い, N:7kg/10a換算量(47.5g)を8Lの水道水に溶かして供試樹の樹冠下1.44m²に施用した(第38図). リン酸およびカリウムは, 過燐酸石灰と硫酸カリウムを用い, 愛媛県施肥基準に準じていずれも窒素の80%量を施用した. 供試園の土壌は, 全炭素:1.32%, 全窒素:0.10%, pH(H₂O):5.76であった. 他の時期の施肥は, 慣行に従い有機配合肥料(N:P₂O₅:K₂O=10:8:8%)を用いて, 夏肥を6月上旬にN:3.5kg/10a換算量, 秋肥を11月上旬にN:7kg/10a換算量で施用した.

調査期間は春肥施用時から供試品種の収穫期である11月下旬までとし, 3月上旬~5月下

旬の間は供試圃場内2か所から地表下10cm層と25cm層の地温をサーモレコーダー（タバイ社製 PT-10）によって測定した。試料の採取は旧葉（2004年発生葉）を2005年3～11月まで、新葉（2005年発生葉）と花器、果実を5～11月まで定期的に行った。また、新梢および細根を6月と11月に採取した。試料の ^{15}N 濃度測定は乾燥・微粉碎後に質量分析法（Europa Scientific 社製 ANCA-SL）により実施した。

結果

第39図に供試圃場における地表下10cm層と25cm層の日平均地温の変化を示した。3月上旬の日平均地温は両層ともに6～9℃と低く推移し、中下旬でも11℃前後までにしか上昇しなかった。しかし、4月に入ると日平均地温は常に12℃以上となり、5月になると20℃以上で推移した。

春肥窒素の樹体による吸収速度を、各区の春肥施用後の日数と旧葉の ^{15}N 寄与率から比較すると、3月区は施用10日後になると旧葉への移行が認められたが、4月区と5月区は3日後には移行が確認された。施用後10日以内の吸収速度は5月区 \geq 4月区 $>$ 3月区の順であり、25

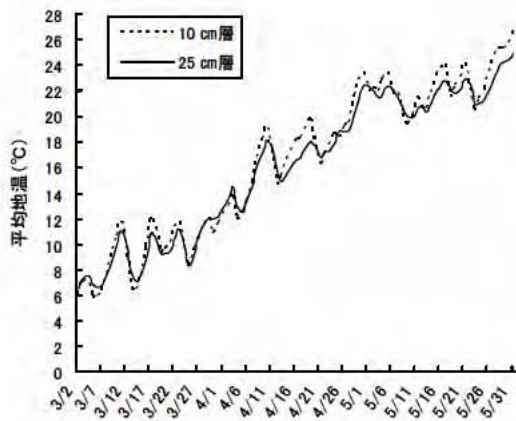
日後以降は4月区が大きかった（第40図）。

旧葉における ^{15}N 寄与率は各区ともに吸収開始後から上昇し、3月区と4月区は5月中旬～下旬、5月区は6月下旬にピークを迎え、その後漸減した。同時期に採取した旧葉の ^{15}N 寄与率を比較すると、5月下旬までは3月区が最も高く、次いで4月区の順となり、5月区が低かった。しかし、6月下旬以降になると3月区と4月区の差はみられなくなったが、5月区はそれらより常に低く推移した（第41図）。

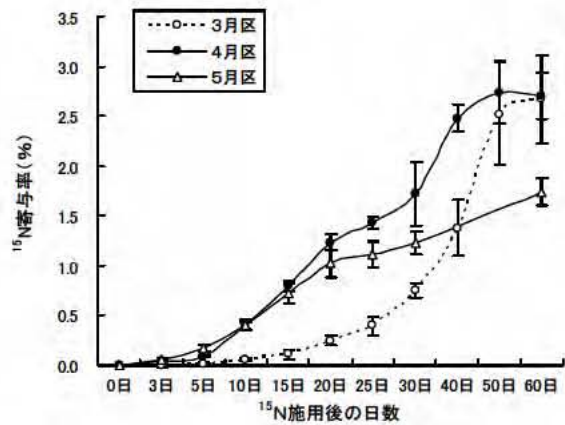
新葉、果実（花器）などの春季新生器官における ^{15}N 寄与率をみると、5月上旬～6月上旬までの間は3月区と4月区がほぼ同程度であり、5月区より明らかに高かった。しかし、6月下旬以降になると5月区が最も高くなり、次いで4月区、3月区の順で推移した（第42、43図）。新梢も同様に6月上旬の段階では3月区と4月区が5月区より高く、11月下旬になると5月区の方が高くなった。また、1年生枝や2～3年生枝、細根の ^{15}N 寄与率も6月上旬頃は3月区および4月区が5月区よりも高かった。11月下旬では1年生枝と2～3年生枝は区間にほとんど差異がみられなかったが、細根は5月施用区が他区よりもやや高い傾向にあった（第44図）。



第38図 供試圃場および春肥施用時の供試樹の状態（愛媛県果樹研究センター内 7年生‘南柑20号’圃場）

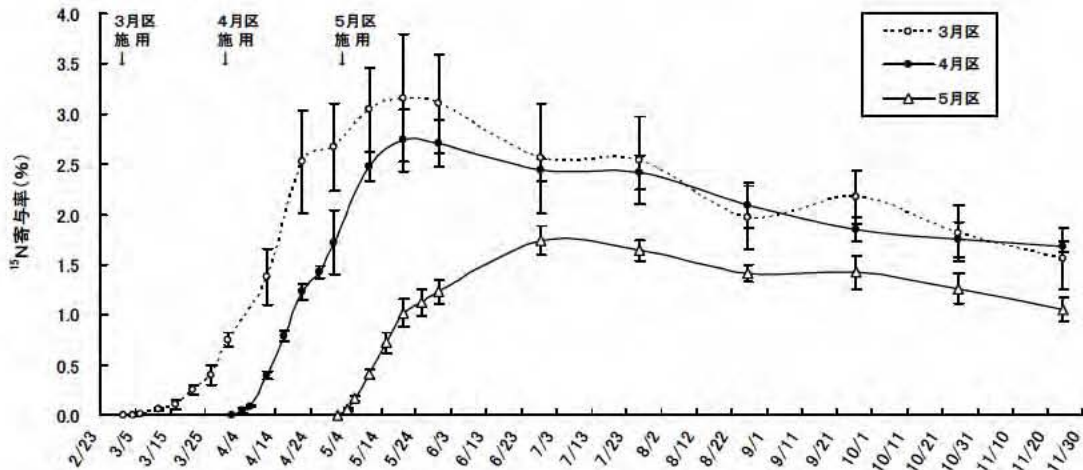


第39図 供試圃場の日平均地温の推移 (2005年)



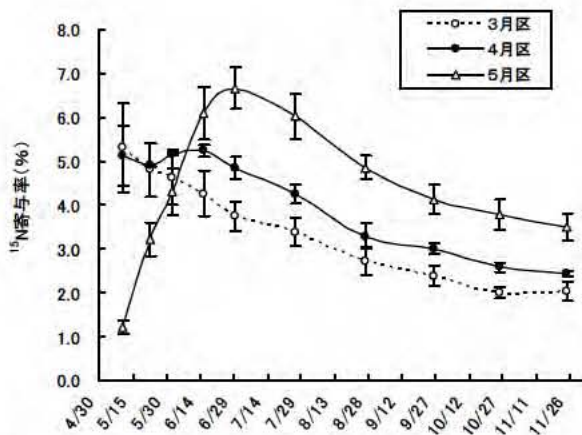
第40図 春肥窒素施用後の日数と‘南柑20号’旧葉の¹⁵N寄与率

誤差線は標準誤差を示す (n=3)



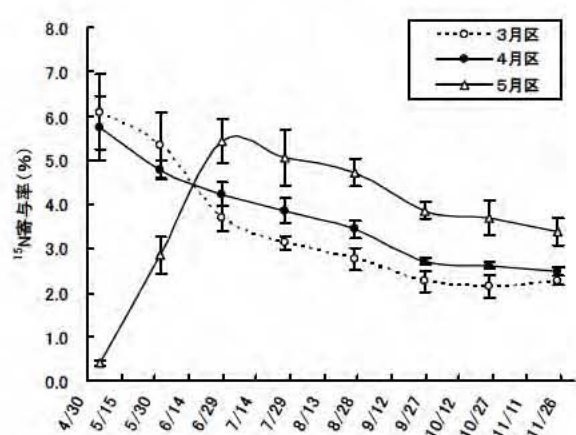
第41図 ‘南柑20号’の旧葉の¹⁵N寄与率の推移

誤差線は標準誤差を示す (n=3)



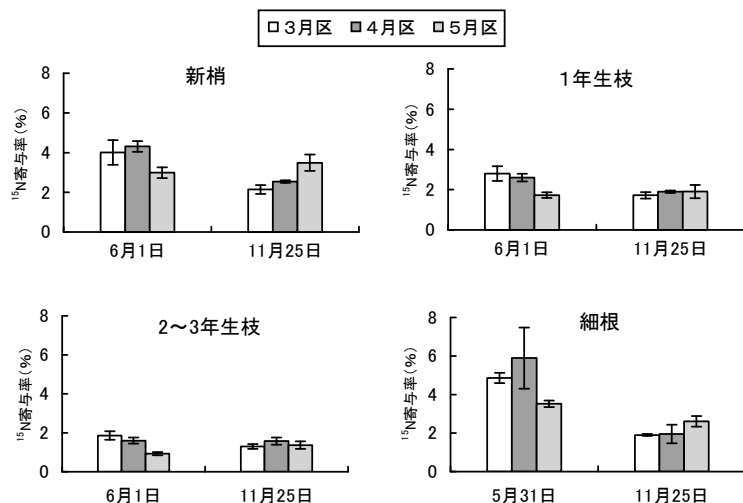
第42図 ‘南柑20号’の新葉の¹⁵N寄与率の推移

誤差線は標準誤差を示す (n=3)



第43図 ‘南柑20号’の花器・果実の¹⁵N寄与率の推移

誤差線は標準誤差を示す (n=3)



第44図 ‘南柑20号’の新梢・1年生枝・2~3年生枝および細根の¹⁵N寄与率
誤差線は標準誤差を示す (n=3)

2) 利用率

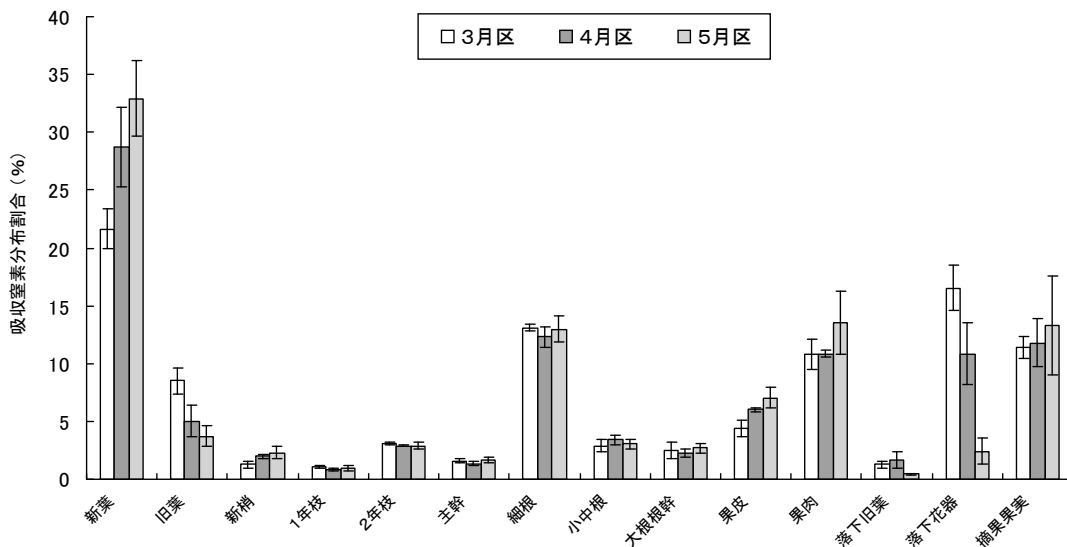
材料および方法

容積約60 Lの黒色ポット（形状は第2章のものと同様に）に植栽されている3年生‘南柑20号’（カラタチ台）を1区3ポット供試した。処理区の設定および処理実施の年月日は、前項と同様に行った。供試肥料として¹⁵N標識硫酸アンモニウム（10.5atom%）を用い、N：10 kg/10a換算量（8.18g/pot）を1.5 Lの水道水に溶かして施用した。春肥施用時のリン酸とカリウムおよび慣行の夏肥、秋肥についても、配分と肥料の種類、施用時期などは前項と同様に行った。ポットの土壌は2004年3月の2年生苗木植え付け時に花崗岩質土壌と牛糞オガクズ堆肥を容積比で5：1程度に混合したものをを用いた。試験開始直前の土壌は、全炭素：1.76%、全窒素：0.08%、pH（H₂O）：5.68であった。供試ポットは日中の急激な地温上昇を緩和するため、2005年2月中旬に90%程度を地中に埋設し、露地条件下で管理した。ポット樹の解体は果実収穫後の2005年12月1～6日にかけて実施し、新葉、新梢、旧葉、1年生枝、2年生枝、主幹、細根（直径2mm未満）、小中根（直径2mm以上～10mm未満）、大根根幹

に分けて採取した。また、果実は11月25日に採取、落下・摘除物（落下旧葉、落下花器、摘果果実など）は¹⁵N施用後から解体時まで適宜採取し、それらによる春肥窒素吸収量も利用率に加算した。試料の分析は前項と同様な方法で行った。

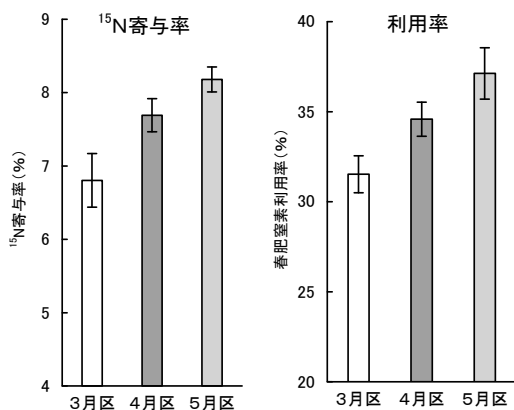
結果

12月上旬に解体したポット樹の樹体内における春肥由来窒素の分配率をみると、いずれの区も新葉、細根、収穫果実（果皮+果肉）などの新器官に多く分配されていた。各器官別に比較すると、新葉では5月区が33%、4月区で29%、3月区は22%であった。収穫果実への分配率も同様に5月区が4月区や3月区より高かった。逆に旧葉や落下花器においては3月・4月区の方が5月区より高率であった（第45図）。また、樹体全体における¹⁵N寄与率は、5月区が8.2%で最も高く、次いで4月区の7.7%の順であり、3月区が6.8%と低かった（第46図）。各区の施用時から解体時までの春肥窒素利用率は、3月区が31.5%、4月区で34.6%、5月区は37.1%であった（第46図）。



第45図 春肥窒素の施用時期の違いと‘南柑20号’各器官における吸収窒素の分配率

誤差線は標準誤差を示す (n=3)



第46図 ‘南柑20号’の樹体全体における春肥窒素利用率および¹⁵N寄与率

誤差線は標準誤差を示す (n=3)

3) 考 察

吸収速度と旧葉への移行特性

ウンシュウミカン（カラタチ台）の吸肥・吸水能は地温の影響を大きく受け、10～12℃以下になると低下することが知られている（間苧谷・町田，1976；中原ら，1985）。本試験における3月区では，施用10日後に旧葉へ施肥窒素が移行していたが，その間の平均地温は7.5

℃であった。また，3月中旬に¹⁵N硝酸カルシウムを施用した久保田ら（1976a）は，施用3日後には細根で，7日後には旧葉で¹⁵Nが検出されたと報告している。これらは，地温が10℃未満の条件下でもミカン樹は窒素の吸収が可能であることを示している。しかし，3月区において旧葉への移行量が急速に増加するのは施用25日後以降の3月下旬からであり，それまでの吸収は緩慢であった。これに対して，4月区では施用後の吸収・移行は速やかに行われた。春季における旧葉の光合成は萌芽前の4月上旬から再開され，5月上旬まで急速に増加することが報告されている（日野ら，1974）。このため，4月区の窒素吸収速度の上昇は，地温の上昇による根の吸肥力の増大とともに，日射量の増加に伴う蒸散流の増加によって吸水（吸肥）量が増えたことも一因と考えられる。

一方，5月区の旧葉における窒素吸収速度は，施用5日後までは4月区よりやや速く，20日後までは4月区とほぼ同程度であった。試験実施年における供試樹の萌芽期は4月5日前後，発芽期は4月11日前後であり，開花始期は5月5日

頃であった。4月上旬以降は、新梢や新葉、花蕾が発生し、これらの新生器官は貯蔵窒素や施肥窒素の強いシンクとなることが知られている（赤尾ら, 1978; 久保田ら, 1976a）。しかし、各区の旧葉の ^{15}N 寄与率は、4月上旬以降、吸収開始後から新生器官の伸長期であった5月上中旬頃まで急速に増加した。Katoら（1982）は、根部に貯蔵されていた窒素の春季における動態から、新生器官の旺盛な伸長期においても、旧葉は地下部貯蔵窒素のシンクとして働くことを報告している。本試験結果から、旧葉は春季の施肥窒素に対しても同様に強いシンクとしての機能を果たすことが示された。ただし、5月区は新生器官の旺盛な生長時期に施用したことから、吸収窒素の多くが新生器官に移行し、旧葉への分配量が減少したため、3月・4月区より旧葉の ^{15}N 寄与率が低かったと考えられる。

また、春季に施用され旧葉に吸収された春肥窒素は5月中旬頃から他器官に移行することも知られている（中原ら, 1985）。このため、本試験の旧葉における5月下旬以降の3月・4月区の ^{15}N 寄与率の漸減および5月区の吸収速度の鈍化は、葉内に蓄積された春肥窒素が幼果や緑化期に入る新葉など強いシンクである新生器官へ移行し始めたことによるものと推測され、加えて6月上旬に施用された夏肥窒素の流入による影響と考えられる。

新生器官への移行特性

新葉や幼果（花）については、3月区や4月区が5月上中旬から高い ^{15}N 寄与率を示したのに対し、施用時期の遅かった5月区は急激に吸収されたものの、新葉では6月上旬に、幼果では6月中旬頃にならなければ両区と同レベルには達しなかった。6月上中旬は新梢伸長の停止後であり、新葉の葉面積の拡大がほぼ終了する時期となる。すなわち、3月・4月区の春肥窒素は新梢伸長や新葉、花蕾など新生器官の初期の形成に寄与することができるが、5月区

の場合は新生器官の初期生育には間に合わず、新葉の緑化や幼果の肥大促進などに貢献するもの考えられる。このことは、施肥窒素の影響が現れやすい幼木樹において、3月に施用された春肥窒素の樹体による吸収が抑制された場合、新葉の生育不良を招き、1葉重が軽くなるとともに着葉数も明らかに減少したとする報告からも裏付けられる（石川・木村, 2006）。また、イヨカンにおいても5月上旬に ^{15}N 硫酸アンモニウムを施用した場合、開花期の新生器官への移行は少ないが、6月中旬になると幼果や新梢への移行量が増加することが報告されており（高木ら, 1987）、本試験の5月区の移行特性と一致する。一方、新生器官の ^{15}N 寄与率は、6月中下旬以降になるといずれの処理区も漸減したが、これは6月上旬に施用された夏肥窒素および地力窒素の無機化分の流入に伴う各器官中の ^{15}N の希釈によるものと推測される。

3月区と4月区は6月上旬までの間、旧葉や細根および新生器官において類似した春肥窒素の吸収パターンを示した。しかし、6月中旬以降になると新生器官の ^{15}N 寄与率は、4月区の方が常に高い状態で推移した。この点については両区の施用時期の差による影響と考えられる。3月区は初期の未吸収期間が4月施用区に比べて長く、また吸収量の増加も緩慢であった。土壌中におけるアンモニア態窒素の硝化速度は8~11°Cの低温時でも比較的速く、極端な酸性条件下でなければ、3週間でその35~60%が硝酸態に変化することが知られている（Anderson・Purvis, 1955）。このため、3月区は4月区に比べて6月までに溶脱した春肥窒素量が多かった可能性がある。逆に4月区は施用後の吸収が速やかであり、しかも施用が1か月遅かったことから6月以降の土壌中の春肥窒素残存量が3月区よりも多く、樹体による吸収量やこの時期のシンク器官である新葉や果実への移行量が多くなったものと推察される。

吸収窒素の分配特性と利用率

ポット樹における吸収窒素の樹体内での分配率は、いずれの区も新葉と果実（摘果果実を含む）において高かったが、特に5月区は両者の合計が67%であり、3月区の48%に比べ大幅に高かった。夏季に施用された窒素は果実や新葉への移行量が多く、6月施用では吸収窒素の72%が（久保田ら、1976b）、7月施用でも61%が両器官に分配されることが知られている（加藤ら、1981）。一方、春肥窒素は他の時期のものに比べて旧葉への流入が多いことが報告されており（久保田ら、1976a）、本試験の3月区もその特徴を有していた。これらのことから、5月施用の窒素は春肥よりもむしろ夏肥窒素に近い動態を示し、4月施用の場合は6月までの間は3月施用の春肥窒素に極めて近い吸収移行特性を有するとともに、それ以降は両者の中間的な特徴を合わせ持つものと判断される。樹体による施肥窒素の利用率は施用時期によって異なり、3月施用では25%（赤尾ら、1978；久保田ら、1976a）、6月施用になると61%にも達するとされている（久保田ら、1976b）。本試験における各区の施肥窒素利用率も、施用が遅くなるほど高まる傾向が認められた。これは地温の差による根の吸肥能の違いに加えて、急速に進む幼果の肥大や新葉の生長・緑化など、シンクとなる地上部各器官の生育ステージの違いの影響と考えられる。

吸収特性から判断した春肥施用適期

本試験結果から春肥の施用適期を施肥効率の面で判断すると、最も利用率の高かった5月上旬施用が優れ、3月上旬や4月上旬施用よりも環境負荷軽減に寄与できるものと思われる。しかし、前述のように5月上旬施用は樹体による施肥窒素の移行特性からみると、春肥の肥効として期待される新生器官の形成および初期生育の促進効果は低いと考えられる。一方、3月上旬施用については吸収可能な窒素が存在しても樹体による吸収が活発化されるまでに25

日以上を要するため、裸地条件下ではこの間に硝化が進んだ場合に溶脱を引き起こす可能性があり、また、春草が繁茂している条件下では施肥窒素の収奪も懸念される。この時期の雑草による春肥の吸収量は極めて多く、3月上旬から5月中旬までに春肥窒素の39%が吸収されたとする報告が残されている（高木ら、1985）。このため、吸収特性からみた春肥の施用時期としては、施用後の樹体による吸収が速やかで、形成初期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月上旬頃が適していると考えられる。また、3月施用と同量の吸収窒素量を4月施用で得るには、両者の利用率の差から算出すると、3月施用量の約90%で賄えると推定され、環境負荷軽減とともに肥料費節約にも寄与できるものと期待される。

なお、本試験は¹⁵N硫酸アンモニウムを水溶液として施用し、その吸収移行を検討したものである。愛媛県の大部分のカンキツ生産現場では、重量割合で50~80%程度の有機物を含む有機配合肥料が用いられている。この肥料は、有機物の含有率は比較的高いものの、全窒素成分量の50~70%は同時に配合されている硫酸アンモニウムを主体とした無機質肥料で占められており（高木、1988）、肥料中の窒素成分の多くが無機質肥料に由来する傾向は現在も変わっていない。また、最近10か年の当センター気象観測値によれば、4月の平均降水量は101 mm、降雨日数は11.6日である。すなわち、年間降水量の少ない瀬戸内式気候においても、4月は2.6日間隔で1回当たり8.7mmの降雨が期待できることになる。これらのことから、生産現場においても4月上旬に有機配合肥料を土壌施用した場合、窒素成分の多くは比較的速やかに無機態として土壌中に浸透すると推測され、その窒素は本試験結果に近い吸収移行特性を示すものと考えられる。

第3節 摘要

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も増加した。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・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。