

ウンシュウミカン樹における春肥の施用時期が樹体の窒素吸収に及ぼす影響

石川 啓

愛媛県農林水産研究所 果樹研究センター 791-0112 松山市下伊台町 1618

Effects of Nitrogen Application Time in Spring on Absorption by Satsuma Mandarin Trees

Kei Ishikawa

Ehime Research Institute of Agriculture, Forestry and Fisheries, Fruit Tree Research Center, Shimoidai, Matsuyama, Ehime 791-0112

Abstract

Effects of application time in spring on nitrogen absorption by satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc. cv. 'Nankan No. 20') were investigated. Field and pot tests were performed using an ^{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 changes 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 between early May and early June. After late June, however, the ^{15}N content was consistently greatest in May-plots. In pot experiments, the utilization rate of trees receiving nitrogen application in the spring 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 immediately before the bud burst in early April.

Key Words : ^{15}N -tracer method, translocation, utilization rate

キーワード : 移行, ^{15}N トレーサー法, 利用率

緒言

ウンシュウ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。

しかし、春季新生器官の形成に及ぼす秋肥(貯蔵)窒素の重要性(赤尾ら, 1978)や低地温時に施用される春肥窒素の利用率が他の時期に比べて低率であること(久保田, 1982)が広く知られるようになり、生産現場からは現在の施用時期について疑問視する声が大きくなっている。また、環境負荷軽減の観点からも施肥窒素の利用率が低い春肥については、施肥効率向上のためにその施用適期を再検討す

る必要があると考えられる。

春肥窒素の肥効に関しては、 ^{15}N トレーサー法により、ミカン樹による施肥窒素の吸収特性や利用率について既に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説明がなされていない。

そこで、筆者は、 ^{15}N トレーサー法を用いて、3月上旬、4月上旬、5月上旬の各時期に施用した春肥の吸収移行特性を圃場条件下で、吸収量や利用率をポット条件下で調査し、若干の知見が得られたので報告する。

材料および方法

1. 圃場試験(試験1)

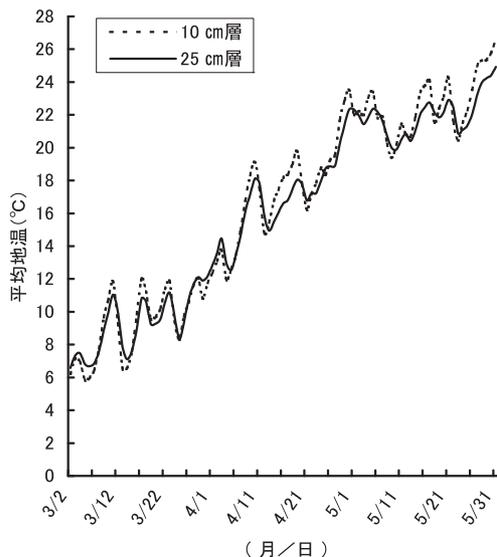
愛媛県果樹研究センターの平坦地園(花崗岩母材, 中粗粒褐色森林土)に植栽されている7年生'南柑20号'(カラタチ台)を1区3樹供試した。処理区は、春肥の施用時期を1か月毎に違えた3月上旬施用区(2005年3月1日施用, 以下3月区)、4月上旬施用区(同年4月1日施用, 以下4月区)、5月上旬施用区(同年5月1日施用, 以下5月区)とした。窒素源として ^{15}N 標識硫酸アンモニウム(5.03 atom%)を用い、N: 70 kg・ha⁻¹ 換算量(47.5 g)を

8 Lの水道水に溶かして供試樹の樹冠下1.44 m²に施用した。リン酸およびカリウムは、過リン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。供試圃の土壌は、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: 35 kg・ha⁻¹換算量、秋肥を11月上旬にN: 70 kg・ha⁻¹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10 cm層と25 cm層の地温をサーモレコーダー (PT-10, タバイ) 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¹⁵N濃度測定は乾燥・微粉碎後に質量分析法 (ANCA-SL, Europa Scientific) により実施した。

2. ポット試験 (試験2)

容積約60 Lの黒色ポット (上面直径48 cm, 下面直径42 cm, 高さ40 cmの逆円錐台形) 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、試験1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 (10.5 atom%) を用い、N: 100 kg・ha⁻¹換算量 (8.18 g/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、施用時期などは試験1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



第1図 供試圃場の日平均地温の推移 (2005年)

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2 mm未満)、小中根 (直径2 mm以上・10 mm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、落花落器、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。試料の分析は試験1と同様な手法で行った。

なお、施用後樹体に吸収された¹⁵Nは、赤尾ら (1978) および犬塚・高辻 (1992) の方法に則り、施肥窒素の吸収量 (A)、¹⁵N寄与率 (B)、施肥窒素の利用率 (C) を以下により算出し、評価した。

$$A = \text{試料中の全窒素量} \times D/E$$

$$D = \text{試料中の}^{15}\text{N excess}\%, E = \text{施肥窒素中の}^{15}\text{N excess}\%$$

$$^{15}\text{N excess}\% = ^{15}\text{N atom}\% - ^{15}\text{N 天然存在率} (0.366\%)$$

$$B = A / \text{試料中の全窒素量} \times 100 = D/E \times 100$$

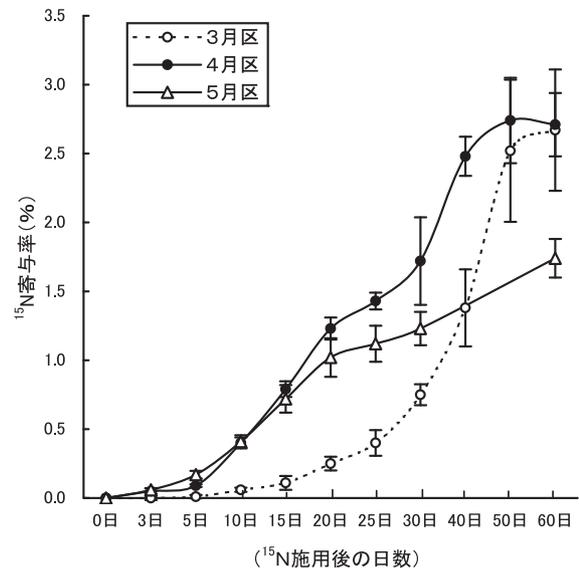
$$C = A / \text{施肥窒素量} \times 100$$

結 果

1. 圃場試験 (試験1)

第1図に供試圃場における地表下10 cm層と25 cm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°Cと低く推移し、中下旬でも11°C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°C以上となり、5月になると20°C以上で推移した。

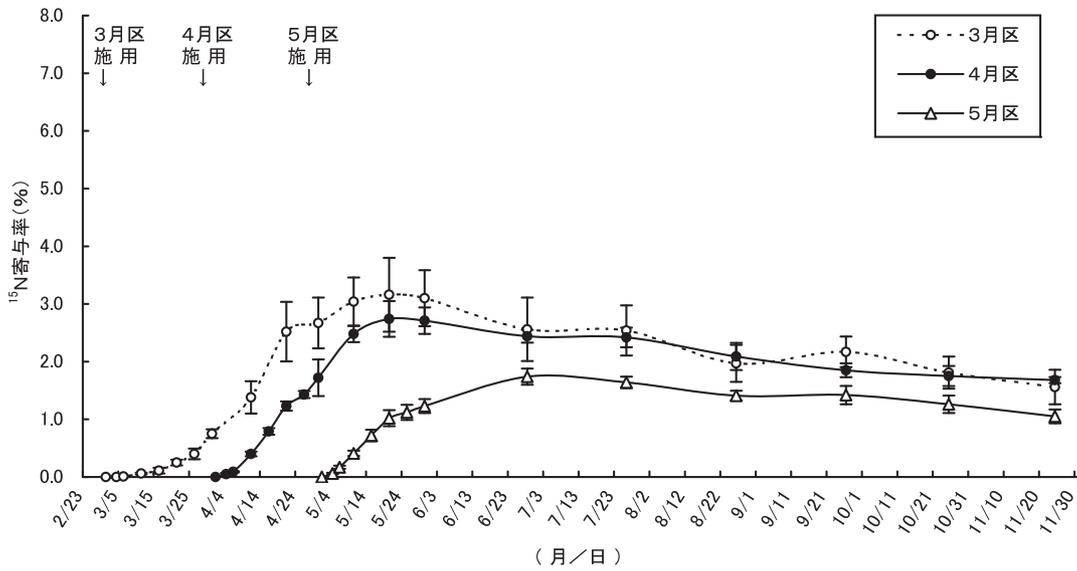
春肥窒素の樹体による吸収速度を、各区の春肥施用後の日数と旧葉の¹⁵N寄与率から比較すると、3月区は施用10



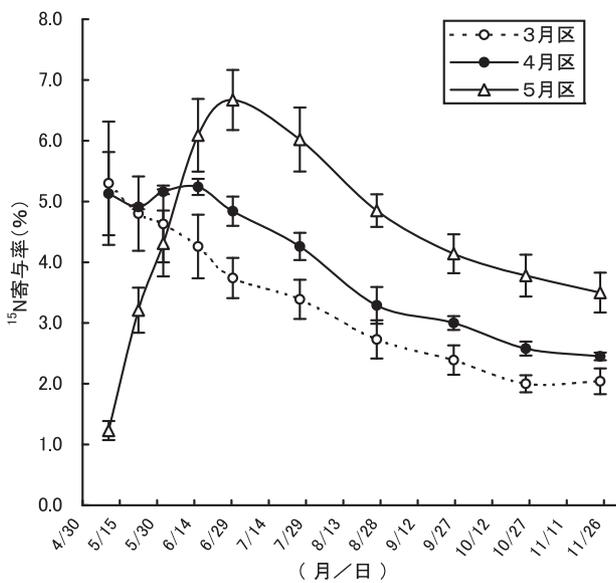
第2図 春肥窒素施用後の日数と‘南柑20号’旧葉の¹⁵N寄与率 (圃場試験)

誤差線は標準誤差を示す (n=3)

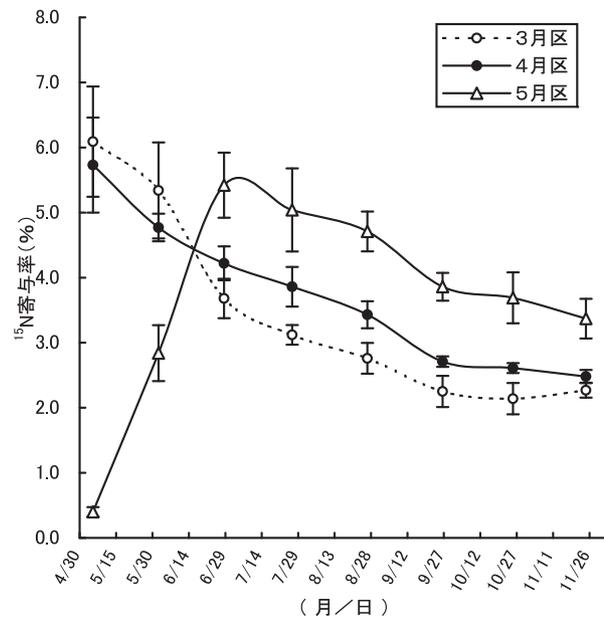
春肥窒素の施用月日は、3月区: 3月1日, 4月区: 4月1日, 5月区: 5月1日



第3図 ‘南柑20号’の旧葉の¹⁵N寄与率の推移（圃場試験）
 誤差線は標準誤差を示す（n=3）
 春肥窒素の施用月日は、3月区：3月1日，4月区：4月1日，5月区：5月1日



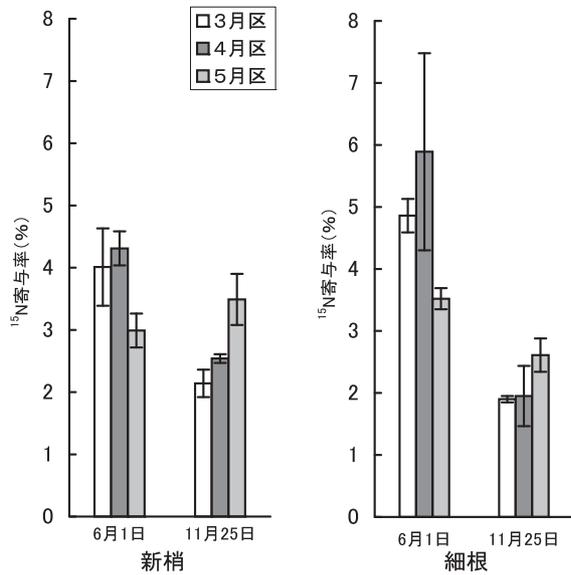
第4図 ‘南柑20号’の新葉の¹⁵N寄与率の推移（圃場試験）
 誤差線は標準誤差を示す（n=3）
 春肥窒素の施用月日は、3月区：3月1日，4月区：4月1日，5月区：5月1日



第5図 ‘南柑20号’の花器・果実の¹⁵N寄与率の推移（圃場試験）
 誤差線は標準誤差を示す（n=3）
 春肥窒素の施用月日は、3月区：3月1日，4月区：4月1日，5月区：5月1日

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2図）。旧葉における¹⁵N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¹⁵N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3図）。新葉、果実（花器）などの春季新生器官における¹⁵N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4、5図）。新梢や細根も同様に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月区の方が高かった（第6図）。



第6図 ‘南柑20号’の新梢および細根の¹⁵N寄与率(圃場試験) 誤差線は標準誤差を示す (n=3) 春肥窒素の施用月日は、3月区:3月1日、4月区:4月1日、5月区:5月1日

2. ポット試験 (試験2)

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7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

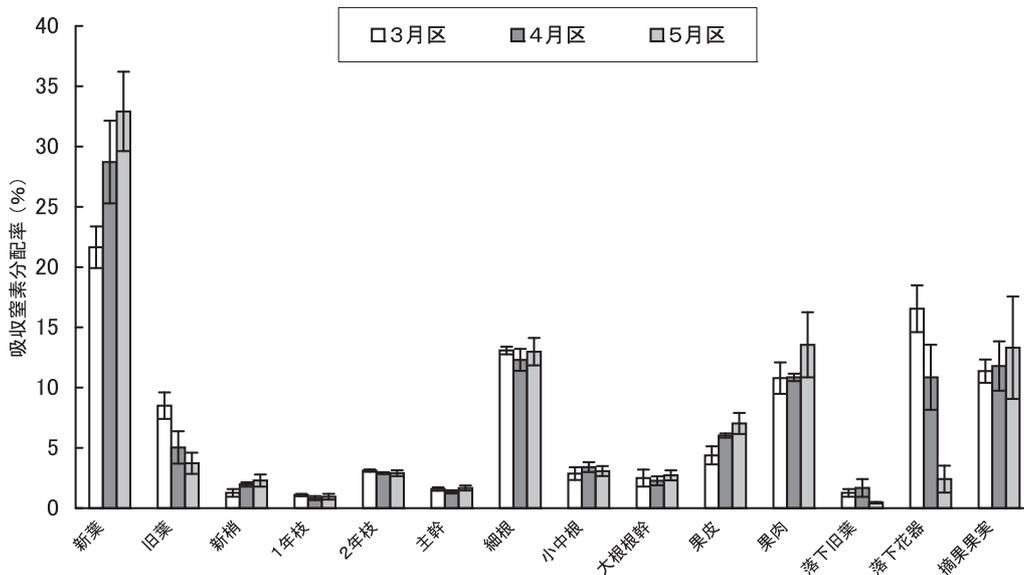
月区が6.8%と低かった(第8図)。各区の施用時から解体時までの春肥窒素利用率は、3月区が31.5%、4月区で34.6%、5月区は37.1%であった(第8図)。

考 察

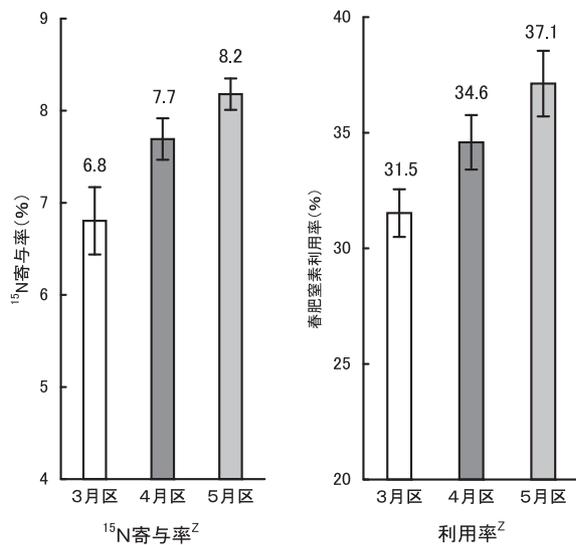
1. 吸収速度と旧葉への移行特性

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°C近辺を境にして盛衰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°C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°C未満の条件下でもミカン樹は窒素を吸収す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加とともに、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、これらの新器官は貯蔵窒素や施肥窒素の強いシ



第7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(ポット試験) 誤差線は標準誤差を示す (n=3) 春肥窒素の施用月日は、3月区:3月1日、4月区:4月1日、5月区:5月1日、樹体の解体は12月1~6日に実施



第8図 '南柑20号'の樹体全体における春肥窒素利用率および ^{15}N 寄与率(ポット試験)
誤差線は標準誤差を示す(n=3)
春肥窒素の施用月日は、3月区:3月1日、4月区:4月1日、5月区:5月1日
樹体の解体は、12月1~6日に実施
²落下物、摘除物を含む

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。このため、本試験結果において、旧葉は春季の施肥窒素に対しても強いシンクとして働くことを示していると考えられる。ただし、5月区は、新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。

2. 新器官への移行特性

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と考えられる。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。

3. 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.

4. 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取奪も懸念される. 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ある(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%程度の有機物を含有した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101mm, 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.

摘 要

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, ¹⁵N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¹⁵N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, 果実など春季新器官における¹⁵N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, 施肥効率向上のために, 春肥の施用時期は萌芽期直前の4月上旬頃が適していると判断された.

謝 辞 本論文のご校閲をいただいた愛媛大学農学部教授の水谷房雄博士に厚く謝意を表します.

引用文献

- 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.
- Anderson, O. E. and E. R. Purvis. 1955. Effects of low temperatures on nitrification of ammonia in soils. Soil Science 80: 313-318.
- 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.
- 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.
- 犬塚和男・高辻豊二. 1992. カンキツの分析・調査法. p. 103-106. 農水省果樹試験場口之津支場編.
- 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.
- 岩本数人. 1982. カンキツ園の土壌管理と施肥技術. p. 219-256. 千葉 勉編著. 果樹園の土壌管理と施肥技術. 博友社. 東京.
- 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.
- 久保田収治. 1982. 栄養生理と診断. p. 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.
- 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.
- 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改善に関する研究. 佐賀果試特別報. 3: 15-87.
- 高木信雄. 1988. 伊予柑のすべて. p. 119-132. 愛媛県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: 27-43.
- 高辻豊二. 1987. 施肥の基本と施肥設計. p. 技145-154. 農業技術大系果樹編1カンキツ. 農文協. 東京.
- 山口勝市. 1973. 現代農業技術双書 ミカン. p. 135-149. 家の光協会. 東京.