

研究論文

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

石川 啓*・木村秀也**

* 愛媛県立果樹試験場

** 近畿中国四国農業研究センター

Absorption of Fall-Applied Nitrogen in Satsuma Mandarin Orchard
with Rat Tail Fescue as Cover Crop

Kei ISHIKAWA* and Hideya KIMURA**

* Ehime Fruit Tree Experiment Station

** National Agricultural Research Center for Western Region

1. 緒言

近年、果樹園ではカバークロップの利用が再び注目されている(柴田 2005)。特にナギナタガヤの存在が広く知られるようになって以来、本種は落葉果樹よりも矮性で亜主枝を低い位置に配置するカンキツ園でも容易に導入できるため、その普及が急速に進んでいる。ナギナタガヤは1年生の寒地型イネ科草種であり(長田 1989)、秋季に発芽し、春季に旺盛な生育を示して出穂後は自重で自然に倒伏し、初夏に枯死する。このため、刈り払う必要が無く、しかも枯死後は敷き草状態となって地表面を被覆するため、夏草の発生を抑制することが可能である。カンキツ生産者は、このようなナギナタガヤの有用な特性に着目し、雑草管理の省力化や有機物補給による土壌改良効果を期待して導入している例が多い。

一方、このナギナタガヤ草生栽培は、雑草管理以外にも、社会的な問題となっている施肥窒素の溶脱に起因する環境負荷軽減策の一つとして注目されている。これは、樹体の施肥窒素の吸収に加えてナギナタガヤによる窒素吸収を利用し、園全体としての窒素利用率の向上を図ることによ

て、溶脱窒素量の減少を期待したものである。

しかし、実際に本種をミカン園に導入した際の施肥窒素の時期別吸収量や環境負荷軽減効果などを定量的な手法で検討した研究例はなく、不明な点が多く残されている。これらのことから、筆者らはナギナタガヤの生育初期に施用される秋肥窒素のウンシュウミカン樹およびナギナタガヤによる吸収特性について、ポット栽培条件下で¹⁵Nトレーサー法を用いて検討した。

2. 材料および方法

愛媛県立果樹試験場内において容積約 60 L の黒色ポット(上面半径 24 cm, 下面半径 21 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」を1区3ポット供試し、ナギナタガヤ草生区(以下草生区)および清耕裸地区(以下裸地区)を設けた。2001年10月3日に草生区にナギナタガヤ(雪印種苗)の種子をポット地表面全面に 8 g m^{-2} 換算量で播種した。なお、ポットの土壌は2000年3月の2年生苗木植え付け時に花崗岩質土壌(中粗粒褐色森林土, 約 50 L pot^{-1})と牛糞オガクズ堆肥(約 10 L pot^{-1})を混合したものをを用いた。試験開始直前のポットの土壌は、土性: SL, 全炭素: 1.70%, 全窒素: 0.09%, pH(H_2O): 5.62であった。

供試肥料として¹⁵N 標識硫安(10.3 atom %)を用い、 10 g Nm^{-2} 換算量(8.18 g pot^{-1})を2Lの水に溶かし、ミカン樹の秋肥施用時期に当たる2001年11月6日に施用した。リン酸およびカリは、過り

平成 20 年 1 月 15 日受付

平成 20 年 5 月 15 日受理

Corresponding author

石川 啓 Kei ISHIKAWA

〒791-0112 松山市下伊台町 1618

1618 Shimoidai, Matsuyama, Ehime 791-0112

E-mail : ishikawa-kei@pref.ehime.jp

ン酸石灰を 5.95 g pot⁻¹, 硫酸カリを 2.43 g pot⁻¹ 施用した。供試ポットは、苗木定植後から試験開始直前までは露地栽培を行っていたが、¹⁵N 施用後は急激な降雨による施肥窒素などの流亡を防ぐため、側面を解放したガラス室内に移し、解体時まで管理した。灌水は施肥後から解体時まで 4~6 日間隔で行い、1 回の灌水量は 6~7 mm とした。

試料は、供試品種の収穫期である 2001 年 12 月 4 日に果実を採取した。樹体の解体は、一般的なミカン栽培での春肥施用時期に当たる 2002 年 3 月 11 日~14 日にかけて実施し、樹体を新葉・新梢・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(落下旧葉)は¹⁵N 施用後から解体時まで適宜採取した。草生区のナギナタガヤは、樹体の解体時に地上部(茎葉)と地下部(根)に分けて採取した。なお、ナギナタガヤの草高については、¹⁵N 施用時は 4~5 cm 程度であり、解体時には約 20 cm に伸長していた。

調査は、採取した樹体とナギナタガヤ各器官の乾物重、全窒素含有率および¹⁵N 濃度について行った。全窒素分析はケルダール法、¹⁵N 分析は狩

野ら(1974)の方法に準じて発光分析法(日本分光社製 N-151 アナライザー)により実施した。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。

$$A = \text{分析試料中の全窒素量} \times D/E$$

$$D = \text{分析試料中の } ^{15}\text{N excess}\%$$

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

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

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

$$C = A / \text{施肥窒素量} \times 100$$

3. 結果

表 1 に器官別の乾物重、全窒素量および全窒素含有率を示した。ミカン樹の乾物重は、草生区および裸地区ともに果肉・細根・2 年生枝などが大きく、落下旧葉・新梢などが小さかった。各器官別に両区の乾物重を比較すると、いずれの器官においても草生区と裸地区の間に有意な差がみられず、総量でも両区の樹体はほぼ同程度の重量であった。また、草生区におけるナギナタガヤの総

表 1 ナギナタガヤ草生栽培における‘南柑 20 号’およびナギナタガヤの乾物重、全窒素量、全窒素含有率

部 位	乾物重 (g pot ^{-1Z})		全 N 量 (g pot ^{-1Z})		全 N 含有率 (%DW)	
	草生区	裸地区	草生区	裸地区	草生区	裸地区
(樹 体)						
新 葉	75.0	84.4 ^{NS}	1.69	2.16*	2.27	2.57*
新 梢	11.9	12.1 ^{NS}	0.16	0.20 ^{NS}	1.39	1.66*
旧 葉	16.8	17.8 ^{NS}	0.34	0.39 ^{NS}	2.03	2.19 ^{NS}
1 年生枝	18.9	17.7 ^{NS}	0.19	0.20 ^{NS}	1.04	1.12 ^{NS}
2 年生枝	89.1	86.4 ^{NS}	0.56	0.55 ^{NS}	0.62	0.64 ^{NS}
主 幹	40.0	44.5 ^{NS}	0.22	0.25 ^{NS}	0.56	0.57 ^{NS}
細 根	104.8	106.2 ^{NS}	1.54	1.86*	1.49	1.75*
小中根	55.6	54.2 ^{NS}	0.44	0.47 ^{NS}	0.79	0.87 ^{NS}
大根根幹	79.6	61.6 ^{NS}	0.56	0.38 ^{NS}	0.70	0.62 ^{NS}
果 皮	70.7	72.1 ^{NS}	0.54	0.52 ^{NS}	0.76	0.72 ^{NS}
果 肉	130.4	119.7 ^{NS}	1.00	0.88 ^{NS}	0.77	0.74 ^{NS}
落下旧葉	5.1	5.3 ^{NS}	0.12	0.13 ^{NS}	2.35	2.39 ^{NS}
樹全体	698.1	681.9 ^{NS}	7.36	7.99*	1.05	1.17*

(ナギナタガヤ)						
茎葉	46.8	—	0.93	—	2.00	—
根	14.4	—	0.22	—	1.50	—
ナギナタガヤ全体	61.2	—	1.15	—	1.88	—

合 計	759.3	681.9*	8.51	7.99*	—	—

*: T 検定において 5% レベルで有意差があることを示す (n=3)

Z 容積約 60 L の pot

乾物重は 61 g pot^{-1} 、同区の樹体は 698 g pot^{-1} であった。樹体の全窒素含有率は、両区ともに新葉や落下旧葉・旧葉（着生）などが他の器官よりも高い傾向がみられた。両区の窒素含有率を器官別に比較すると、新葉・新梢および細根において裸地区が草生区に比べ有意に高く、樹体全体の含有率も裸地区の方が高かった。樹体の全窒素量も同様に、総量では裸地区の方が9%程度多く、器官別にみると新葉と細根において有意な差が認められた。一方、ナギナタガヤの全窒素含有率は同区のミカン樹に比べると高かったが、乾物量が少ないため、その全窒素量 (1.15 g pot^{-1}) は樹体のそれ (7.36 g pot^{-1}) の16%程度であった。

樹体に吸収された秋肥窒素の各器官への移行量を比較すると、いずれの器官においても裸地区の方が草生区より有意に多く、特に両区の差は新葉および細根において大きかった。逆に収穫果の果皮や果肉、落下旧葉における移行量の差は小さかった（図1）。草生区のナギナタガヤに吸収された秋肥窒素は茎葉部に 599 mg pot^{-1} 、根部に 120 mg pot^{-1} 移行しており、その分配率は茎葉部が83%、根部17%であった（図2）。ナギナタガヤ各部の ^{15}N 寄与率は、茎葉部64%、根部56%であり茎葉部の方がやや高かった。樹体による秋肥窒素の総吸収量は、草生区が 338 mg pot^{-1} 、裸地区が

833 mg pot^{-1} であり、草生区は裸地区の41%と大幅に少なかった（図3）。一方、草生区におけるナギナタガヤの秋肥窒素吸収量は 719 mg pot^{-1} であり、同区の樹体の約2倍であった。また、樹体全体での ^{15}N 寄与率は、草生区が4.6%、裸地区は10.4%であった。これに対してナギナタガヤの ^{15}N 寄与率は62%と著しく高かった。秋肥窒素の

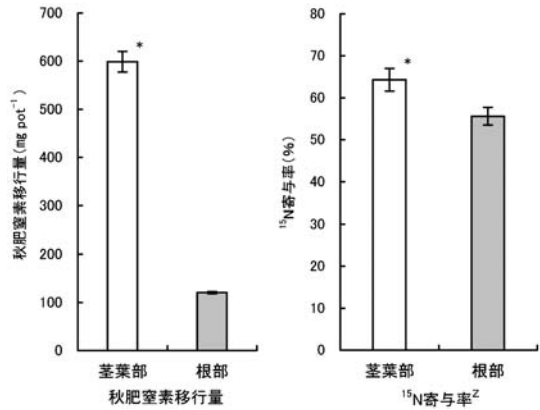


図2 ナギナタガヤにおける器官別の秋肥窒素移行量および ^{15}N 寄与率
 誤差線は標準誤差を示す (n=3)
 *: T検定において5%レベルで有意差があることを示す
 †: 吸収・移行した秋肥窒素量/全窒素量×100

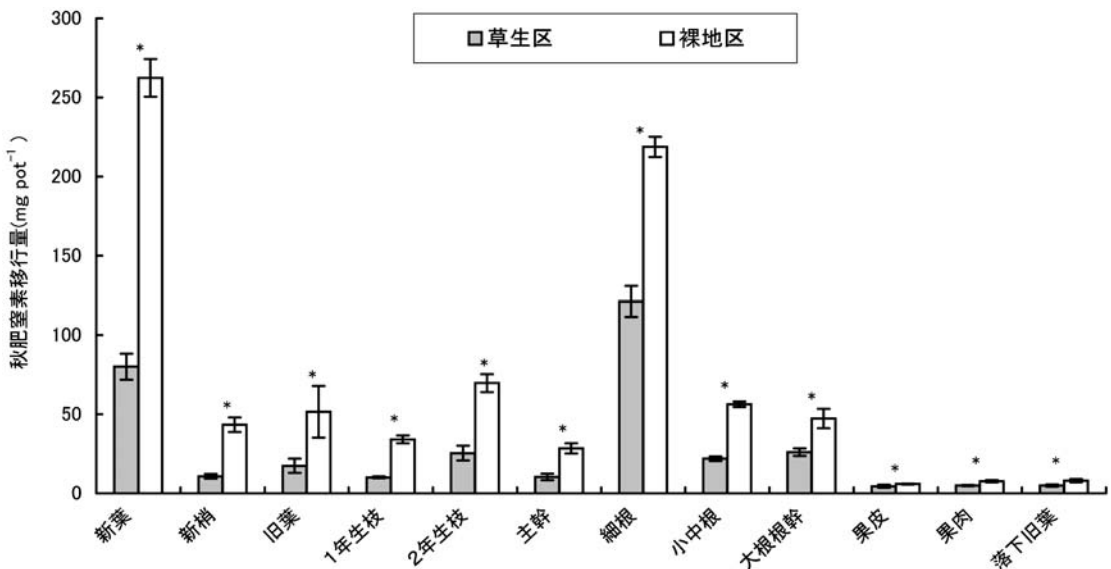


図1 ナギナタガヤ草生区および裸地区における‘南柑20号’の器官別の秋肥窒素移行量
 誤差線は標準誤差を示す (n=3)
 *: T検定において5%レベルで有意差があることを示す

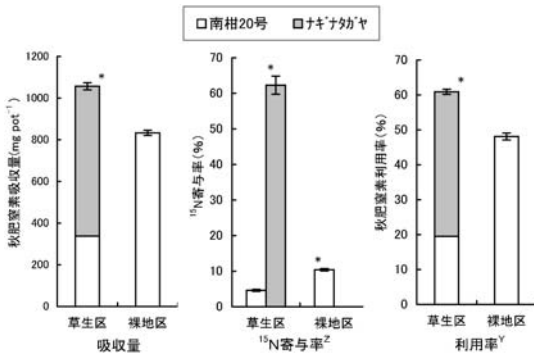


図3 ナギナタガヤ草生区と裸地区の秋肥窒素吸収量、¹⁵N 寄与率および利用率
誤差線は標準誤差を示す (n=3)
*: T 検定において5% レベルで有意差があることを示す
Z: 吸収された秋肥窒素量/全窒素量×100
Y: 吸収された秋肥窒素量/施用した秋肥窒素量×100

解体時までの利用率は、樹体で比較すると草生区19.5%、裸地区48.1%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60.9%となり、裸地区の約1.3倍であった。

4. 考察

(1) ナギナタガヤの秋肥窒素吸収特性

愛媛県におけるナギナタガヤの発芽期は概ね10月上旬頃であり、5~15cm程度の草高で越冬する。気温が上昇し始める3月上旬頃から伸長を再開し、3月下旬~4月下旬頃には草高60cm程に達して生育盛期を迎え、出穂後倒伏して5月中下旬頃に枯死する。ウンシュウミカン樹の施肥は、一般に春肥(3月)、夏肥(5~6月)、秋肥(11月)と年間3回に分施される。本試験は11月上旬から3月中旬まで、秋肥窒素の吸収について検討したものであるが、試験期間中のナギナタガヤは生育ステージの中では初期段階であり、試験終了時の草高も20cm程度であった。また、解体時の草生区におけるナギナタガヤの乾物重も同区のミカン樹の僅か9%程度であったことから、ナギナタガヤによる秋肥窒素の吸収は少ないものと予想された。

しかし、草生区のナギナタガヤによる秋肥窒素の吸収量は同区のミカン樹の約2倍と多く、その利用率は41.4%に達した。ナギナタガヤと同じ

ネ科で寒地型草種であるイタリアンライグラスの施肥窒素利用率は、11月下旬から3月上旬までで50~70% (久保田ら1964)、12月中旬から3月下旬の間は40~80% (木島・室賀1965)と報告されている。また、¹⁵Nを利用して寒地型イネ科草種のオーチャードグラスについて窒素吸収の季節変化を検討した木村・倉島(1985)は、平均気温が1~9°Cの低温下においても、生育初期のオーチャードグラスによる窒素吸収は乾物生産が少ないにも関わらず活発であることを明らかにしている。これらの事例から、寒地型のイネ科草種は低温条件下においても施肥窒素の旺盛な吸収能を有している可能性がある。ナギナタガヤの場合も同様に、解体を行った3月中旬までは生育初期段階であったために乾物生産量は少なかったものの、秋肥窒素の吸収は活発に行われたものと推測される。

ナギナタガヤによって吸収された秋肥窒素の分配率は、茎葉部が83%、根部が17%であり地上部に多く分配されていた。しかし、¹⁵N 寄与率についてみると茎葉部64%、根部56%と分配率ほどの差異はみられなかった。このことから、本種の生育初期段階における茎葉部と根部の形成には、施肥由来窒素がほぼ同程度に利用されていると推測され、分配率の差は各部の乾物量と全窒素量の差によるものと考えられる。

(2) ミカン樹とナギナタガヤによる秋肥窒素の分配

ミカン樹による秋肥窒素の利用率は、裸地区において48%であった。¹⁵Nトレーサー法によってミカン樹の秋肥窒素吸収を検討した事例によると、樹体による窒素利用率は41~43%と報告されている(赤尾ら1978, 市来ら1981, 井田ら1981)。本試験で得られた裸地区の利用率は、これらの研究例と比較的類似しており、本試験の方が若干高率となったことについては、日中の最高気温が露地よりも1~2°C高くなるガラス室内で供試ポットを管理したことから、吸肥能がやや向上した可能性があると考えられた。

一方、草生区におけるミカン樹の秋肥窒素吸収量は裸地区の41%程度と低率であった。これは、ナギナタガヤとの窒素競合によるものと推測される。3~4年生のリンゴ樹を供試し、オーチャードグラス草生栽培による窒素吸収を調査した佐藤・佐々木(1982)も、清耕区に比べて草生区のリンゴ樹による利用率が著しく低下したことを報告し

ており、本試験結果と一致する。また、ミカン樹による吸肥あるいは吸水能は、中原ら（1985）や間苧谷・町田（1976）の報告から、地温 10~12℃ 近辺を境にして盛衰するものと考えられる。前述のように寒地型イネ科草種は 10℃ 以下の条件下においても窒素吸収が可能であろうと推測されることから、本試験の草生区は、ミカン樹が吸肥可能な期間内においてはナギナタガヤとの窒素吸収の競合が生じ、ミカン樹の吸肥能が衰える時期になってもナギナタガヤによる窒素吸収が継続された結果、ミカン樹による秋肥窒素の吸収量が著しく低下したものと推察された。

(3) ナギナタガヤ導入によるミカン樹への影響

ミカン樹の全窒素含有率や全窒素量については、両区の樹体の乾物重にほとんど差が認められなかったにも関わらず、草生区の方が裸地区より少なかった。特に新葉や細根などの秋肥窒素の集積が多い器官において有意差がみられたことから、その差は両区の秋肥吸収量の多少に起因すると思われた。ミカン樹に吸収された秋肥窒素は貯蔵窒素の一部として樹体内に蓄えられ、翌春の春季新生器官形成に寄与することが知られている（赤尾ら 1978）。このため、草生区のミカン樹は翌春の 4 月以降に発生する新芽や花蕾などの生育に悪影響を及ぼす可能性があり、特に貯蔵養分の蓄積が少ない幼木期のミカン園にナギナタガヤを導入した場合は窒素補給対策を検討する必要があると考えられる。

果樹栽培において草生が樹体の生育に及ぼす影響については、ウンシュウミカン（山崎 1987）やリンゴ（佐藤・佐々木 1982）の事例から、特に幼木期や草種導入当初などに草との強い養水分競合が生じ、樹体の窒素レベルや樹勢の低下、収量の減少が認められることが多い。しかし長期試験の結果をみると、草生栽培の継続によって顕著な土壌改良効果が得られ、樹体生育が旺盛になるに従って収量が増加した研究例もみられる（坂本ら 1965, 渡辺・笠原 1982）。ナギナタガヤの場合も、幼木を用いた本試験では樹体の窒素レベルの低下が認められたが、草生栽培の継続によって、それは徐々に解消されていく可能性がある。

(4) 秋肥窒素の利用率和環境負荷軽減効果

両区の窒素利用率から試験区全体としての秋肥窒素吸収量を単位面積当たりに換算すると、草生区はミカン樹とナギナタガヤによる吸収量の加算

値となるため 6.1 g m^{-2} となり、この内 4.1 g m^{-2} はナギナタガヤによって有機物として保持されることが明らかになった。一方、裸地区はミカン樹による吸収に限定されるため 4.8 g m^{-2} であった。このため、草生区の方が 1.3 g m^{-2} 程秋肥窒素の吸収量が多くなることが確認され、両区ともに吸収されなかった残量は溶脱あるいは土壌残存するものと考えられた。

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となり、環境負荷軽減に寄与できるものと推察された。しかし、ナギナタガヤによる吸収量は樹体に比べてかなり多いため、特に貯蔵窒素の少ない幼木園などに導入した当初は春季新生器官の生育不良などが懸念されることから、樹体への窒素補給対策を講じることが望ましい。ただし、その方法は環境負荷を視野に入れた場合、土壌への施肥量増加は不適切と考えられ、樹体に直接吸収される葉面散布などの利用を検討するべきであろうと思われる。

5. 摘要

ナギナタガヤ草生ミカン園における、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把握するため、ポット栽培条件下において ^{15}N トレーサー法を用いて検討した。

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。樹体の ^{15}N 寄与率は、草生区に比べて裸地区の方が明らかに高かった。一方、ナギナタガヤにおける ^{15}N 寄与率は、樹体に比べて著しく高かった。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 60.9% となり、裸地区の約 1.3 倍になることが示された。

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。

キーワード

秋肥窒素, カバークロップ, ^{15}N トレーサー法, ナギナタガヤ, ウンシュウミカン

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 (1) ; 31-38.
- 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・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.
- 犬塚和男・高辻豊二 (1992) : カンキツの分析・調査法, 農水省果樹試験場口之津支場編, pp. 103-106.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 (3) ; 261-266.
- 長田武正 (1989) : 日本イネ科植物図譜, 平凡社, 東京, pp.136-141.
- 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 ^{15}N 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, 佐賀県果試特別報 3 ; 15-37.
- 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.
- 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 (1) ; 43-48.
- 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) モモ樹の成長, 収量, 果実品質に及ぼす影響, 新潟園試研報 11 ; 1-13.
- 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, 広島県果樹試研報 12 ; 39-46.

Summary

A ^{15}N -tracer method was used to study the absorption of nitrogen applied in the fall to satsuma mandarin trees and Rat tail fescue, *Vulpia myuros*, in a pot test in which a satsuma mandarin tree was grown with the grass (Rat tail fescue) as a cover crop. 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 of the nitrogen distribution was particularly observed in new leaves and fine roots. The absolute amount of nitrogen absorbed by the grass in a sod culture plot was about twice that absorbed by the trees in the plot, and the absorbed nitrogen was distributed in the aboveground parts in Rat tail fescue. The trees utilized 19.5% of the fall-applied nitrogen in the plot with Rat tail fescue and 48.1% in the plot without cover crop. However, total utilization (trees+grass) in the sod culture plot reached 60.9%, which was about 1.3 times the rate in the plot without a cover crop.

Key Words

Cover crop, Fall-applied nitrogen, ^{15}N -tracer method, Rat tail Fescue, Satsuma mandarin