

露地中晩柑‘不知火’における肥効調節型肥料を利用した減肥栽培が収量と品質および硝酸態窒素溶脱量に及ぼす影響

Effect of Application of Controlled Release Nitrogen Fertilizer to Citrus ‘Shiranuhi’ on Yield, Fruit Quality and Nitrate-leaching from Orchard

柿内俊輔・三角正俊*・中島吉直

Shunsuke KAKIUCHI、Masatoshi MISUMI and Yosinao NAKAHATA

要 約

露地中晩柑‘不知火’に対する環境保全型施肥法を確立するため肥効調節型肥料を用いた2割減肥試験を行った。その結果、表層土（0～20cm）における硝酸態窒素濃度は減肥区と慣行区に大きな差はみられず、減肥しても、年間を通して慣行区と同等の窒素量が土壌中に存在していると考えられた。このため、減肥区の収量は慣行区と同等またはやや多く、樹勢の低下はみられなかった。一方、180～200cmの深層土壌中の硝酸態窒素量は慣行区に比べ減肥区が低く、減肥により下層への窒素の溶脱が減少していると考えられた。

以上の結果から、露地‘不知火’栽培においては、目標収量2t/10aの場合、肥効調節型肥料を用いた年間施肥窒素量を20.5N kg/10aとすることで、収量・品質・樹勢を維持しつつ硝酸態窒素の下層への溶脱を減らし、環境への負荷を軽減できることが明らかとなった。

キーワード：‘不知火’、肥効調節型肥料、硝酸態窒素

I 緒言

中晩柑‘不知火’は糖度13度以上で酸1%未満を「デコポン」として出荷されており、本県柑橘類生産において重要な位置を占め、作付け面積は増加傾向にある¹⁾。‘不知火’を含む中晩柑類は開花から収穫までの期間が長いことや、果実が温州ミカンに比べ大果であることから窒素の要求量が多い。このため、中晩柑類への施肥は多肥傾向にある²⁾。特に‘不知火’は栽培上樹勢の低下が大きな問題となっており、樹勢回復のため多肥栽培が慣行として行われていた。本県で行った実態調査³⁾においても、‘不知火’に対する施肥量は県基準を上回る農家が多くみられている。しかし、多肥栽培は肥料の利用効率を低下させ、結果として多量に施用された窒素は樹園地から溶脱・流亡し、周辺環境への負荷を大きくしていると考えられる。

‘不知火’に対する現在の熊本県施肥基準は目標収量を2t/10aとした場合、窒素成分で25kg/10aを5回に分施する体系である。しかし、これまでの知見⁴⁾から有機配合肥料を用いた5回分施体系によって、年間21kg/10a程度

の施肥量で慣行施肥体系と同等の収量を維持できることが明らかにされている。また、肥効調節型肥料を用いることで、年1回施肥においても慣行施肥体系と同等の収量と品質が維持できることも明らかとなっている⁵⁾。しかし、これら新しい施肥体系の現地適応性および環境への負荷低減の有効性確認を現地ほ場で行った事例は少ない。また、果樹園における施肥窒素の下層への溶脱の検討はニホンナシ“幸水”を対象とした報告⁶⁾があるのみで、‘不知火’を対象とした報告はない。

そこで、‘不知火’栽培が盛んで実態調査において県施肥基準に比べ施肥量が多い農家がみられた天草郡栖本町（現天草市）の農家果樹園において肥効調節型肥料による減肥試験を行い、‘不知火’の収量と品質を調査するとともに下層土中の硝酸態窒素の実態についても検討した。

*：産業技術センター

II 試験方法

栽培試験は熊本県天草郡栖本町打田で行った。試験ほ場の土壌は黄色土（大原統）である。試験ほ場の‘不知火’は樹齢38年生の甘夏に平成7年に‘不知火’を高接ぎしたものである。試験区は減肥区と慣行区を設け、各区は各5樹（栽培様式 4m×3.5m）とした。慣行区は熊本県施肥基準とした。減肥区はこれまで熊本県にて行われた減肥試験の結果^{4) 5)}をもとに、肥効調節型肥料を用い表1のように設計した。すなわち収量2t/10aを目標とし、慣行区は有機化成配合肥料を使用して窒素成分25.6kg/10aを5回に分施した。減肥区は肥効調節型肥料（被覆NK化成（シグモイド100日タイプ））を25%含み、尿素、ぼかし、発酵魚粉等を含む有機配合肥料を使用して窒素成分20.5kg/10aを3回に分施した。

土壌採取は土壌を表層と下層に分けて行った。表層の

土壌採取は減肥試験開2年目の平成14年7月から、下層は試験開始3年目の平成15年8月から採取を行った。表層は0~20cmとし、土壌をハンドオーガ（直径11cm）を用い各区につき3樹の樹冠下を1ヶ所づつ採取し、混合して試料とした。下層は各区1樹の樹冠下を深さ200cmまで1m毎にパーカッションオーガ（直径5cm、大起理化工業 DIK-121C）を用い土壌を採取した。採取した土壌は10cm毎に分取し、風乾後2mm篩を通し分析に供した。調整した土壌を用い10倍容水抽出硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフによって測定し、土壌中硝酸態窒素量を求めた。枝先調査は1区あたり3樹、1樹あたり東西南北各方位からそれぞれ1枝の先端から20cmを調査した。

収量および品質は天草農業改良普及センターにて調査を行った。

表1 各処理区における時期別窒素施肥量（N kg/10a）

施肥時期	2月上旬	4月中旬	6月中旬	7月上旬	9月中旬	11月上旬	年計
	3月上旬	4月下旬	6月下旬	7月中旬	9月下旬	11月中旬	
慣行栽培	6.4	4.8	4.8	—	4.8	4.8	25.6
減肥栽培	—	9.2	—	6.2	—	5.1	20.5

III 結果

1 試験期間中の気象概況

試験期間中の降水量は平年比約91%でやや少雨傾向であった。平均気温は平年気温に比べ0.4℃高かった。日照時間は平年並みであった。

平成13年の気象条件は、年間降水量1866mm（平年比89%）、梅雨期間を含む6月と7月の降水量611mm（平年比84%）の少雨であった。気温は平年差+0.2℃、日照時間は平年比104%であった。台風の上陸はなかった。

平成14年は年間降水量1688mm（平年比80%）、梅雨期間を含む6月と7月の降水量395mm（平年比54%）でかなり少雨であった。気温は平年差+0.5℃、日照時間は平年比98%であった。台風の上陸はなかったが、台風15号が接近し、7月31日に天草地方の牛深市で最大瞬間風速32m/sを記録した。

平成15年は年間降水量2164mm（平年比103%）で平年並みであったが、梅雨期間を含む6月と7月の降水量は627mm（平年比86%）でやや少雨であった。気温は平年差+0.5℃、日照時間は平年比93%で少なかった。台風の上陸はなかった。5月25日に台風4号と低気圧の影響により

強風が吹き、牛深市で最大瞬間風速21m/sを記録した。また6月19日には台風6号（牛深市の最大瞬間風速：25m/s）が接近した。

平成16年は年間降水量1957mm（平年比93%）で平年に比べ少雨であった。更に、梅雨期間を含む6月と7月の降水量は140mm（平年比19%）で極端な少雨であった。一方9月~10月の降水量は653mmで平年の2倍以上であった。気温は平年差+0.8℃であったが、6月~8月の平均気温平年差は+1.4℃と猛暑であった。日照時間は平年比108%であったが、9月の日照時間は平年比74%で寡少となった。九州北部に台風が3個上陸し、特に9月7日に長崎市に上陸した台風18号によって牛深市では最大瞬間風速52m/sの強風が吹いた。

平成17年は年間降水量1863mm（平年比89%）、梅雨期間を含む6月と7月の降水量は670mm（平年比92%）の少雨であった。気温は平年差+0.1℃であったが、9月~10月の平均気温平年差は+1.8℃であった。日照時間は平年比98%であった。9月6日に天草地方に台風14号が上陸し、牛深市では最大瞬間風速29m/sの強風が吹いた。

表2 施肥実績

施 肥 日	慣 行 区			減 肥 区			
	肥 料	施肥量 (kg/10a)	窒素成分 (kg/10a)	肥 料	施肥量 (kg/10a)	窒素成分 (kg/10a)	
平成13年	7月11日			肥効調節型肥料	30	3.6	
	8月29日	有機化成配合肥料	50				4.0
	11月13日	有機化成配合肥料	50				4.0
	年計						
平成14年	2月16日	有機化成配合肥料	80	6.4	肥効調節型肥料	60	7.2
	4月30日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	6月16日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	7月 4日				肥効調節型肥料	90	10.8
	9月19日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	10月31日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	年計		25.6			18.0	
平成15年	3月 6日	有機化成配合肥料	80	6.4	肥効調節型肥料	77	9.2
	4月10日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	6月 7日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	7月 9日				肥効調節型肥料	51	6.2
	8月25日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	11月 4日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	年計		25.6			20.5	
平成16年	3月25日	有機化成配合肥料	80	6.4	肥効調節型肥料	77	9.2
	4月18日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	6月 6日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	7月 7日				肥効調節型肥料	94	11.3
	9月 3日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	11月29日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	年計		25.6			20.5	
平成17年	3月 2日	有機化成配合肥料	80	6.4	肥効調節型肥料	77	9.2
	4月10日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	6月15日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	7月 4日				肥効調節型肥料	94	11.3
	9月20日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	11月15日	有機化成配合肥料	60	4.8			
	年計		25.6			20.5	

2 施肥実績

試験期間中の施肥実績は表2の通りであった。減肥区にはスーパーNKロング、尿素、燐安、硫加、FTE、骨リン、フェザーミール、発酵魚粉、ぼかしを配合した有機率が50%であり、窒素成分は12%、うち有機態窒素を3%含む肥効調節型肥料を使用した。慣行区には地域で慣行的に使用されている肥料を用いた。すなわち硫安、燐安、硫加、硫マグ、なたね粕、フェザーミール、ぼかしを配

合した有機率が65%で、窒素成分は8%、うち有機態窒素を4.4%含む有機化成配合肥料を使用した。

減肥は平成13年7月施肥から開始した。平成14年は減肥区の11月施肥が行われなかったため、施肥量は窒素成分で18kg/10a、慣行区の70%であった。平成15年は慣行区、減肥区ともに設計通りの施肥が行われた。平成16年および平成17年は更に施肥回数を削減し省力化するため減肥区は施肥窒素量は変更せずに年2回施肥とした。

試験期間中（平成14年～17年）の施肥窒素量は慣行区が102.4kg/10a、減肥区は79.5kg/10aであった。このため減肥区の窒素施肥量は慣行区に比べ78%となり試験目的とする2割減肥を実施することができた。

3 表層中無機態窒素量の推移

土壌表層中無機態窒素量の推移は慣行区と減肥区ではほぼ同様の推移を示した（図1）。すなわち、表層土（0～20cm）中の硝酸態窒素濃度は3月の春肥施用前に最も低くなり、その後夏肥施用後の8月に最も高くなる推移を示した。表層土（0～20cm）における硝酸態窒素濃度は減肥区と慣行区に大きな差はみられず、2割減肥を行っている減肥区においても、年間を通して慣行区と同等の窒素が土壌中に供給されたと考えられた。しかし、表層土の窒素が降雨により溶脱しやすい梅雨期間の後である8月下旬では、慣行区と比較すると、減肥区では土壌表層中の硝酸態窒素量が同等かまたは多くなっていた。

4 収量と品質の推移および樹勢の評価

減肥を平成13年7月より行ったが、試験期間中は減肥区の等級別収量は慣行区と同等またはやや多く推移し、品質は慣行区と同等に推移した（図2、表3）。平成15年は減肥区、慣行区ともに収量が低下し、減肥区収量が2t/10aであったのに対して、慣行区は1t/10aの収量であった。これは5月下旬と6月に強風被害により発生した傷果を摘果したため、着果数が少なくなったこと、および傷果発生程度に処理区で差があったことが原因と考えられた。また、平成16年は台風被害により傷果、枝折れが発生し、その程度が処理区により異なったために、減肥区と慣行区に収量の差があったことが原因と考えられた。風害等により減肥開始後3～4年目の収量の比較が同一条件で行えなかったため、減肥開始後5年目に枝先20cmの調査を行い樹勢の比較を行った。その結果、新梢数、新梢長、新葉数、着果数に大きな差はなく、減肥による樹勢の低下はみられなかった（表4）。

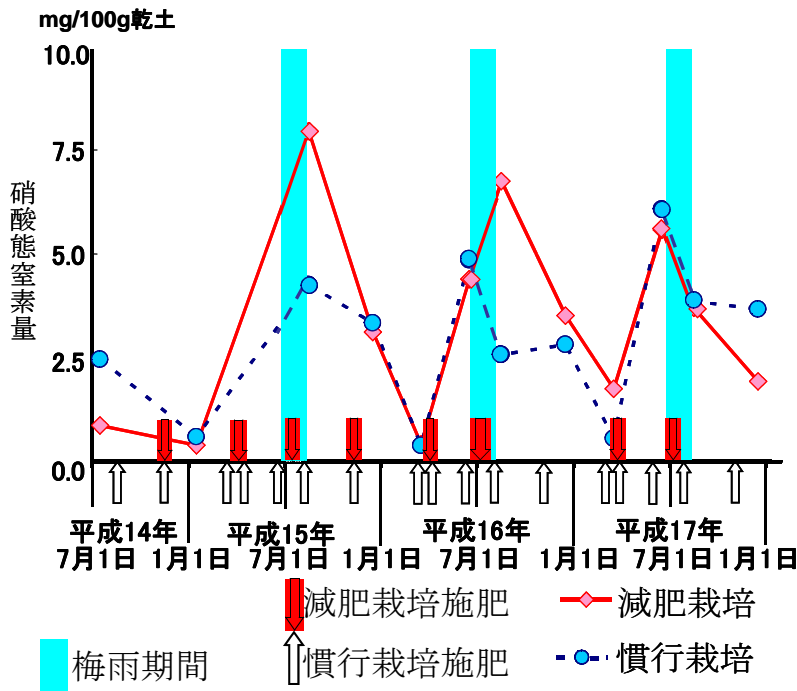


図1 表層土(0-20cm)における硝酸態窒素量の推移

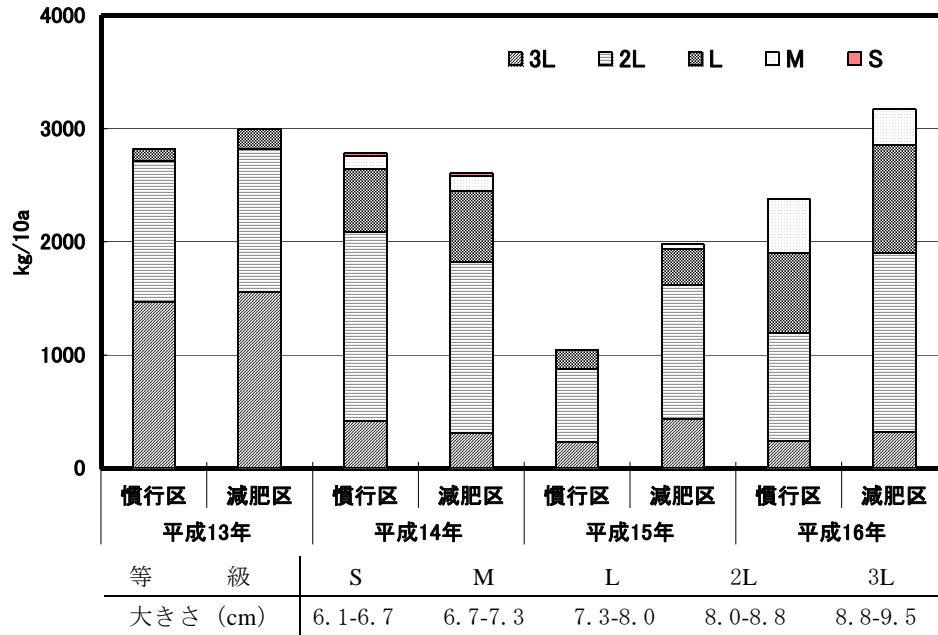


図2 等級別収量の推移

表3 果実品質の推移

年度 (調査日)	平成13年 (平成14年/1/18)		平成14年 (平成15年/1/10)		平成15年 (平成16年/1/8)		平成16年 (平成17年/1/7)	
	糖度	酸含量	糖度	酸含量	糖度	酸含量	糖度	酸含量
慣行区	11.3	1.33	12.6	1.65	12.2	1.70	11.7	1.44
減肥区	11.7	1.42	12.4	1.88	11.8	1.61	12.3	1.75

表4 減肥5年目における枝先調査

	新梢数 (新梢/枝)	平新梢長 (cm)	新葉数 (枚/新梢)	着果数 (個/枝)
慣行区	18.7	5.1	4.4	0.7
減肥区	13.1	7.0	5.1	1.2

調査実施日 2005年8月17日

5 土壌中硝酸態窒素量の深さ別時期別推移

深さ別の土壌中の硝酸態窒素量はほとんどの時期において、減肥区、慣行区ともに0-10cmが最も多かった。また、調査を行ったいずれの時期においても40cmより深い位置の土壌中に含まれる硝酸態窒素量は1mg/100

g乾土以下であった(図3、4)。

6 深層土壌中硝酸態窒素量の推移

減肥区と慣行区では施肥時期および施肥量が異なっているため、土壌中硝酸態窒素量を単純に比較することは

難しい。そこで、‘不知火’に吸収利用されないと考えられる180~200cm深さにおける土壤中硝酸態窒素量を減肥区と慣行区で比較した。その結果、土壤中硝酸態窒素量は減肥を開始して3年目の平成15年の調査時には慣行区に比べ減肥区では減少し、その量は慣行区の約60%であった。その後も減肥区の硝酸態窒素量は慣行区と同等または少なくなっており、減肥開始5年目の平成17年6月

の調査では減肥区の硝酸態窒素量は慣行区の約20%であった(図5)。180~200cm深さにおける土壤中硝酸態窒素の調査期間中の平均値は減肥区で0.19mg/kg乾土、慣行区0.38mg/kg乾土であった。このため、硝酸態窒素の溶脱は肥効調節型肥料を用いると半分程度に抑えられると推定された。

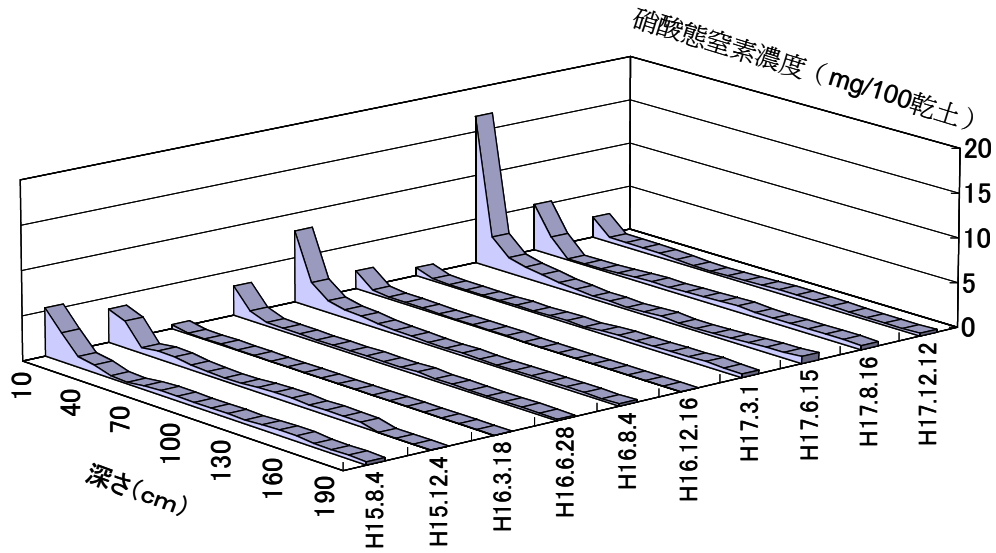


図3 慣行区の時期別深さ別土壤中硝酸態窒素濃度の推移

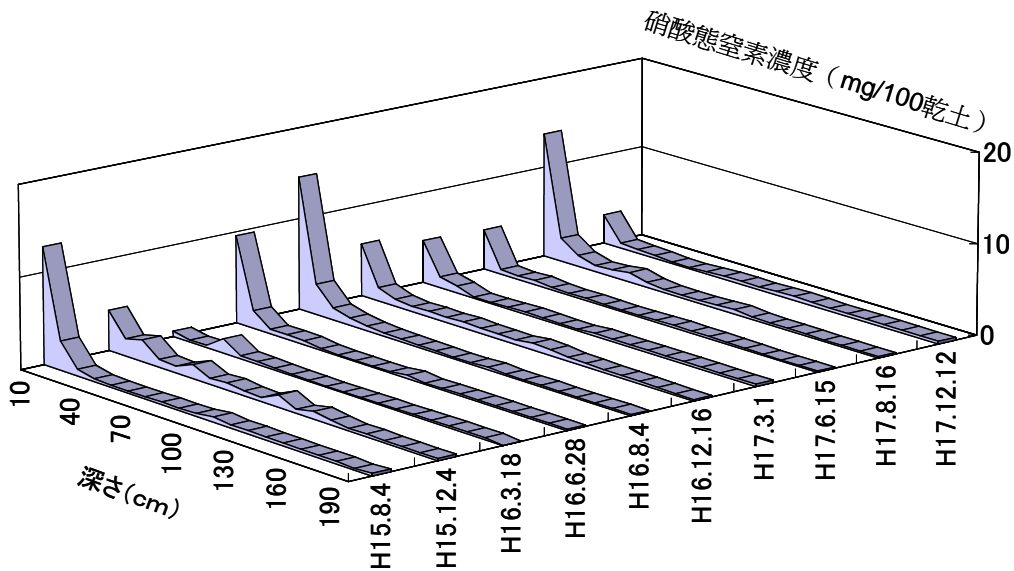


図4 減肥区の時期別深さ別土壤中硝酸態窒素濃度の推移

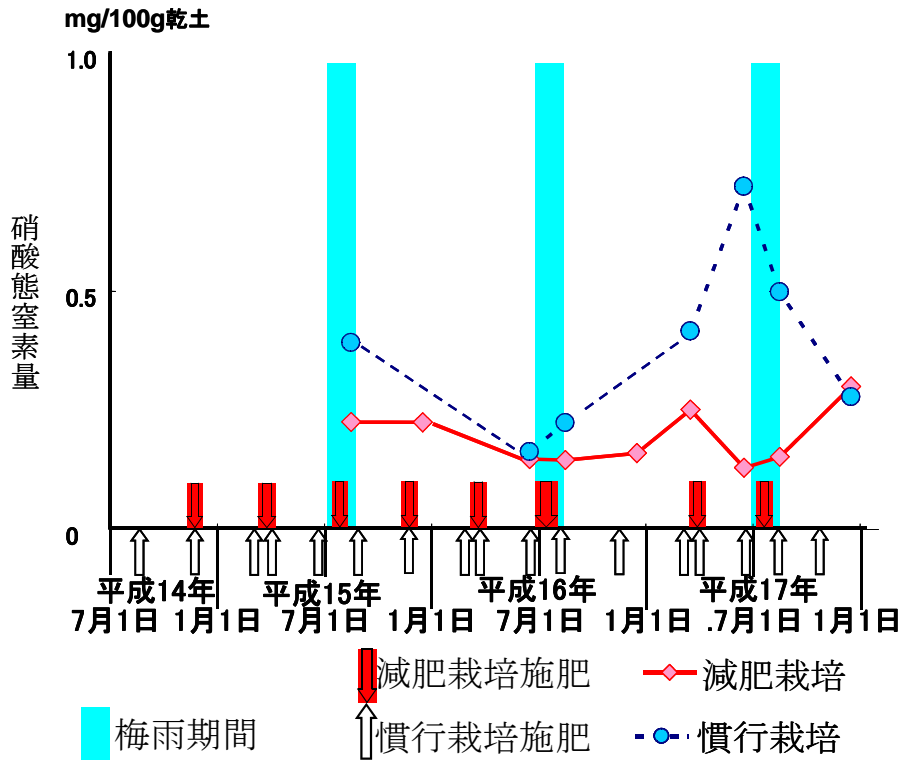


図5 深層土(180-200cm)における硝酸態窒素量の推移

IV 考察

‘不知火’は、根の伸長が7月上旬から下旬にかけて最も多く、次に9月中旬から下旬に多いこと、他の柑橘類と比較した場合、全体としての根量が少なく、特に直径5mm以上の大根および中根の割合が小さいこと、地上部の生育量に比べ地下部の生育は小さいことなどが明らかとなっている⁷⁾。これらのことから‘不知火’は樹勢が弱く、根張りが悪いと考えられている⁸⁾。このため、‘不知火’に対する従来の施肥法は樹勢の維持向上および果実肥大を目的として、肥料を切らさないために、年5回の分施肥体系になっている。このうち、果実肥大促進のための6月と9月の施肥は、根の伸長時期とも合致している。

しかし、この調査結果から6月に施肥された窒素は梅雨期間中の降雨により、ほ場の表層から溶脱していることが明らかとなった。減肥試験開始4年後の梅雨後の調査(平成17年8月16日)では、表層の土壌pHは減肥区6.4、慣行区5.8であり、減肥区に比べ慣行区の土壌pHは低かった。多肥栽培の場合、塩基類の溶脱が促進されることなどにより土壌は酸性化しやすい⁹⁾。温州ミカンにおいては土壌の酸性化により水溶性マンガン含量が高まり、マンガンの過剰吸収による障害として異常落葉がおきることが明らかとなっている¹⁰⁾。同じ柑橘類である‘不知火’においても土壌が酸性化した場合にはマンガン過剰障害

が生じることが懸念される。このため、土壌からの窒素溶脱を抑制することは環境負荷軽減だけでなく、‘不知火’の健全な生育のためにも重要である。

一方、今回の調査により、3月上旬の春肥施用時には土壌表層中には硝酸態窒素はほとんど存在しないことが明らかとなった。これは、‘不知火’に対して「肥料が不足している状態」である。この一時的な肥切れが‘不知火’の樹勢が低下しやすい一因になっていると考えられる。今後は11月の基肥または3月の春肥の施用時期や施用量、肥料の種類についての検討が必要と考えられる。

‘不知火’による窒素吸収に関しては見解が少ない。柑橘類の窒素吸収量は温州ミカンでは21.4kg/10a⁵⁾、ナツミカンでは20.2kg/10a²⁾と報告されており、‘不知火’においても、年間の窒素吸収量は20kg/10a程度であると考えられる。‘不知火’の年間窒素吸収量を20kg/10aとした場合、減肥区の施肥量とほぼ同量である。施肥量と樹体による窒素吸収量が等しい場合、ほ場からの窒素溶脱量はなく、環境への窒素負荷も生じない。このため今回試験を行った‘不知火’に対する肥効調節型肥料を用いた窒素成分20kg/10a施肥体系は環境保全型施肥法であると考えられる。

肥効調節型肥料は、肥料成分が緩やかに溶け出すことで、長期間肥効を維持し、施肥効率を向上させることが

できる¹¹⁾が、その肥効安定性は地温と降水量に大きく依存している。本試験期間中の平均気温は平年に比べやや高く推移したが、降水量は少なかった。このため、窒素成分は高温により肥効調節型肥料からやや早く溶出した可能性が考えられるが、少雨であったため降雨による流亡が抑えられたことから窒素利用率が高く、慣行施肥量(25kg/10a)と同等の収量・品質が得られたと考えられる。しかし、この環境保全型施肥法が普及するためには高温多雨年などにおいても安定した肥効が得られる技術が求められ、その一つとして草生栽培が考えられる。

草生栽培は雑草抑制、有機物補給、土壌浸食防止などを目的として行われるが、草生栽培園では施肥された窒素は一度草に吸収され、草が枯死し分解後に樹体に吸収される。このため草生栽培園では高温多雨な気象条件においても肥効調節型肥料によって施肥された窒素はほ場外への流亡が抑えられ、高い利用率を確保できると考えられる。

果樹へ肥効調節型肥料を施用する場合の課題点として施肥後の省力的な土壌への混和技術の確立と共に、草生栽培への適応の可否を検討する必要性が指摘されている¹²⁾が、肥効安定性の向上のためにも、肥効調節型肥料の草生栽培への適応性を今後検討する必要があると考えられる。

本研究を行うに当たり、貴重なご助言および現地調査、収量品質調査にご協力いただいた相川博志氏、上村浩憲氏、福永悠介氏、大崎伸一氏に深く感謝申し上げます。

V 引用文献

- 1) 熊本県：熊本県果樹振興実績書，平成17年
- 2) Hiraoka, Umemiya:JARQ, 34, 87-92 (2000)
- 3) 熊本県：環境負荷原因道程調査結果,平成16年
- 4) 岡島量男、相川博志：熊本県農業研究センター報告, 7, 77-87, (1998)
- 5) 土田通彦：熊本県「農業の新しい技術」, No521, 平成15年
- 6) 折本善之、武井昌秀、小山田勉：土肥誌, 76, 161-168, (2005)
- 7) 熊本県農業研究成果情報, No154, 平成15年
- 8) 熊本県, 環境に優しい施肥技術, 39-43, 平成16年
- 9) 船引真吾, 永木幸江：土肥誌, 34, 125-130(1963)
- 10) 大塚恭司：土肥誌, 35, 1-5(1964)
- 11) 農林水産技術会議：環境保全型農業技術, 180-187, 平成7年
- 12) 古屋 栄：土肥誌, 66, 574-580 (1995)

Summary

Effect of Application of Controlled Release Nitrogen Fertilizer to Citrus 'Shiranuhi' on Yield, Fruit Quality and Nitrate-leaching from Orchard

Shunsuke KAKIUCHI, Masatosi MISUMI and Yosinao NAKAHATA

Comparison experiment between conventional fertilization and amount-reducing dressing of controlled release fertilizer (CRF) by 20% was carried out to estimate environmental conservative fertilization in orchard culture of citrus 'Shiranuhi'. Nitrate-nitrogen leaching at the depth of 0-20 cm soil in amount-reducing plot, where 20.5 kg N of CRF was applied per 10a annually, was equal to that in conventional plot, where 25.6 kg N of commercial fertilizer was applied per 10a, all the year around. The yield of 'Shiranuhi' in amount-reducing plot was the same and/or a little more than that in conventional plot. Additionally, the growth and fruit quality of 'Shiranuhi' in amount-reducing plot were equal to those in conventional one. However, the nitrate-nitrogen leaching at the depth of 180-200 cm from amount-reducing plot was less than that from conventional one.

These results indicated that growth, yield and fruit quality of 'Shiranuhi' were not affected, when CRF was applied with reducing amount by 20% in 'Shiranuhi' orchard, and suggested that the reducing application of CFR was available not only to keep growth, yield and fruit quality but to preserve environmental pollution by nitrate-nitrogen in orchard of 'Shiranuhi'.

Key words : 'Shiranuhi', controlled release fertilizer, nitrate-nitrogen leaching