

## 肥効調節型肥料によるミカン樹育成期の年1回施肥技術の確立

栗田恭伸<sup>1)</sup>・光部博雄<sup>1)</sup>・黒田貴信<sup>2)</sup>

**摘要**：ミカン樹育成期の施肥作業の省力化と安定した肥効を得るため、新たに肥効調節型肥料を試作した。肥効調節型肥料は、年1回の全量施肥が可能で、窒素の溶出が地上部生育中に途切れないよう設計した。栽培試験では、窒素量を慣行と同等とした区と慣行の20%削減した区を設け慣行施肥と比較した。

溶出試験では、肥効調節型肥料は窒素を3月から11月まで途切れることなく溶出することがわかった。栽培試験で窒素量を慣行と同量施用したとき、慣行と比べ、土壌のpHは高く、ECは低く、硝酸態窒素はやや低く、リン及びカリウムは同等であった。葉内成分は、窒素、リン、カリウムは同程度であった。生育に差は見られなかった。一方、窒素量を慣行の20%削減したとき、慣行と比べ土壌中のpHは高く、ECは低く、硝酸態窒素はやや低く、リン及びカリウムに差は見られなかった。葉内成分は、窒素が低くリンとカリウムは同程度であった。生育では、総葉数、主枝長、樹冠容積に差は無く、根量は少なくなった。

**キーワード**：ミカン、被覆尿素、肥効調節型肥料、苗木、省力、施肥

## Establishment of Single Basal Fertilizer Application Technology with Controlled-Release Fertilizer to Satsuma Mandarin Young Trees

KURITA Yukinobu, KOUBE Hiroo and KURODA Takanobu

**Abstract**: We developed the controlled-release fertilizer in order to obtain stable fertilization effect and to eliminate labor for young Satsuma mandarin trees. The fertilizer treatments were designed for continuous elution of nitrogen during growth of above ground biomass, and to complete total fertilization in early March once a year. During growing tests, we established an experimental plot that had 20% nitrogen reduction than practices and an experimental plot that had as much nitrogen as practices. These were compared with habitual fertilizer.

In the elution experiment, controlled-release fertilizer continued eluting nitrogen from March to November. In the cultivation experiment, when we used the same amount of nitrogen as practices at a cultivation experiment, pH of soil was high, EC was low, nitrate nitrogen in soil was slightly low, and the phosphorus and the potassium were equal. Nitrogen, phosphorus, and potassium in leaves were equal. There was no difference in growth. On the other hand, when we made 20% reduction in nitrogen than practices, pH of soil was high, EC was low, and nitrate nitrogen in soil was slightly lower. Phosphorus and potassium were also equal. Nitrogen in leaves was low, and the phosphorus and the potassium were equal. There was no difference in total leaf number, branch length, of canopy volume, Root weight was found to decrease.

**Key Words**: Satsuma mandarin, Coated urea, Controlled-release fertilizer, Young tree, Labor-saving, Fertilization

## 緒言

愛知県のウンシュウミカンは、2014年度に栽培面積1450 haで、全国順位は第8位である<sup>1)</sup>。ウンシュウミカンは、1960年より全国で選択的拡大作物として増殖奨励され、愛知県でも1965年頃には栽培面積が2610 ha、ピークの1975年には3720 haとなった<sup>2)</sup>。この時期の植栽樹は樹齢40年を越えるようになり、主産地であるJA蒲郡市が2012年に樹齢を調査したところ41年生以上の割合が25%で、2017年には32%となることが予測されている。ウンシュウミカンは樹齢の経過とともに生産性が悪化することから、産地では苗木更新を積極的に進め、2012年には約19000本の苗木が導入された<sup>3)</sup>。

産地では苗木専用の施肥体系を組んでいる。肥料には即効性の有機質原料を含む複合肥料を用い、肥切れ防止のため1樹に対し年間5回の施肥を行っている。しかし、施肥は各作業の合間に行われることが多いため、適期を外れることや施肥が省かれてしまうこともある。

そこで、施肥回数の削減による負担軽減および、肥切れが無い安定的な肥効を得ることを目的に、愛知県経済農業協同組合連合会（以下、JAあいち経済連）との共同研究により、被覆尿素有主体とした、年1回施用のミカン育成用肥効調節型肥料（以下、肥効調節型肥料）を開発した。ここでは肥効調節型肥料からの窒素溶出率の把握、土壌およびミカン苗木の樹体に及ぼす影響について試験したのでここに報告する。

## 材料及び方法

2012年3月27日に愛知県農業総合試験場園芸研究部常緑果樹研究室（蒲郡市）内のほ場（土壌統：褐色森林土）に、ウンシュウミカン「宮川早生」1年生苗を畝間1.75 m×株間2.00 mで植栽した。ほ場には、2010年1月までウンシュウミカン「興津早生」43年生が植栽されていたが、伐採、除根後、中耕した上で1年間更地にした。2013年2月7日に粒状苦土石灰を1樹当たり550 g表層施用した。

「宮川早生」は植栽1年目の2012年5月下旬に新梢を5本に整理し伸長させた。植栽2年目の2013年3月上旬には5本から成長の良い3本に整理し、約60度の角度で支柱に誘引した。試験期間中は、芽かき、剪定は行わなかった。

肥効調節型肥料はJAあいち経済連と共同で設計・開発したバルクブレンディング肥料（N12%-P7%-K8%）である。窒素として、被覆尿素（ジェイカムアグリ（株）製、商品名LPコート）のリニアタイプ50日溶出型を27%、同100日溶出型を27%、シグモイドタイプ160日溶出型を20%、有機態窒素肥料としてAGB940（N9%-P4%）を20%、無機態窒素肥料としてDAP（リン酸二アンモニウム）を6%（N18%-P46%）配合した。リンはAGB940とDAP、

過リン酸石灰である。カリは硫酸カリである。配合設計は、全量を年1回施用するため地上部の生育期間中、窒素の供給が途切れないう設計した。慣行区は、複合肥料（商品名：くみあい有機入り化成特1号、N8%-P5%-K5%、（株）片倉チッカリン製、過リン酸石灰、硫酸、フェザーミール、有機率30%、有機態窒素2.3%）を年5回に分けて施用した。

### 1 肥効調節型肥料からの窒素溶出率の把握

肥効調節型肥料からの窒素溶出率を把握する試験を2012年から2014年まで行った。2012年は6月上旬、2013年、2014年は3月上旬から開始した。配合した被覆尿素有種類ごとにナイロンメッシュ袋に定量入れ、地表面に水平に置き、袋が見えない程度に覆土した後、鳥害防止用に5mm目の青色ネットで覆った。ナイロンメッシュ袋は14日及び28日間隔で回収し、水道水で洗浄し風乾後、袋から被覆尿素を取り出し窒素量の分析を行った。分析はジェイカムアグリ（株）に依頼し、ジメチルアルミドベンズアルデヒド法により行った。溶出した窒素割合を基に蒲郡市の気温による溶出シミュレーションをJAあいち経済連が行い、年間の窒素溶出率とした。なお、AGB940とDAPの窒素溶出は蒲郡市の気温によるシミュレーション値を用いた。

### 2 肥効調節型肥料が土壌に及ぼす影響

試験は1区3樹3反復とした。年1回区と慣行区は、1樹当たり窒素量を地域慣行に合わせ、2012年（植栽1年目）は24 g、2013年（植栽2年目）は48 g、2014年（植栽3年目）は72 gとした。年1回減肥区は、窒素量を慣行の20%削減とした。施肥時期は、2012年のみ植栽時の根傷みを考慮し、慣行に合わせて6月上旬に行い、2013年と2014年は3月上旬とした。施肥は、表層施用で樹冠拡大に合わせ2012年は主幹から半径30 cm以内、2013年は同40 cm以内、2014年は同60 cm以内に均等に行った（表1、表2、表3）。

調査項目は、土壌中のpH（H<sub>2</sub>O）、EC（1:2.5）、硝酸態窒素、交換性カリウム、可給態リン酸とした。土壌は、樹冠下の地表面を除去し、深さ5～10 cmの部位を1樹当たり2か所採取して区ごとに混ぜ、自然乾燥させ、2mmの篩にかけたものを測定した。pHの測定はガラス電極法、ECは水浸出法、窒素は土壌モジュール、交換性カリウムは原子吸光法、可給態リン酸はトルオーグ法により測定を行った。

### 3 肥効調節型肥料がミカン樹に及ぼす影響

試験2と同じ試験ほ場及び樹体を用いた。

葉内成分は、6月までは前年発生は無着果春葉を、7月以降は当年発生は無着果春葉を測定した。試料は1樹当たり10枚採取して洗浄し、60℃で通風乾燥後、粉碎機により粉碎した。窒素はCNコーダーで、リンは乾式灰化後にバナドモリブデン酸法で、カリウムは乾式灰化後に塩酸で抽出し原子吸光法で測定した。

生育調査は、幹周（接ぎ木部より10 cm上部）を月に

1回、総葉数、主枝長、樹冠容積は年1回測定した。根量は2014年2月に樹冠容積を測定した樹体の中から平均的な2樹に対し、掘取り法(主幹から30~90 cm、角度60°の扇形、深さ30 cm、3か所/1樹)にて測定した。

## 結果及び考察

### 1 窒素溶出率の把握

2012年は、肥効調節型肥料からの窒素溶出率は、6月下旬に20%、7月下旬に50%、8月下旬に80%を超えた。2013年は同肥料からの溶出率は、4月中旬に20%、7月上旬に50%、10月上旬に80%を超えた。2014年の同肥料からの溶出率は、4月中旬に20%、7月上旬に50%、10月中旬に80%を超えた。3か年とも試験中に窒素溶出が途切れることはなかった(図1、図2、図3)。肥効調節型肥料に含まれる被覆尿素は、溶出期間の調節を被覆した樹脂に溶出調節剤を作用させて行っており、地温によって溶出速度が変化する性質がある。10℃高くなると溶出速度は約2倍になり、逆に温度が10℃低くなると約半分になる<sup>4)</sup>。また、表層施用での窒素溶出は土壌混和した場合に比べ溶出が遅れ、特にシグモイド型でその傾向が強くなるといわれている<sup>5)</sup>。今回の試験においても

被覆尿素からの窒素溶出が80%を超えるまでの日数は、メーカーが表示する溶出期間に比べ遅れがみられた。特に3月に施用した2013年、2014年は試験に用いた全ての被覆尿素で溶出遅れが顕著に見られ、リニアタイプ50日溶出型で160日、同100日溶出型で190日、シグモイドタイプ160日溶出型では300日を要した(表4)。今回試作した肥効調節型肥料は、窒素溶出が遅れることを前提に各被覆尿素の組み合わせを行った結果、ミカン樹の地上部の生育期間中、窒素溶出が途切れることはなかった。しかし、被覆尿素を使い新たに配合肥料を作る場合、溶出遅れを計算したうえで、慎重な設計が必要と考えられる。

### 2 肥効調節型肥料が土壌に及ぼす影響

pHは、各区とも施肥後一時低下し、その後徐々に上昇し、次年度試験開始前の3月に最も高くなる傾向が見られた(図4)。愛知県におけるミカン栽培土壌のpH適正值は、5.6から6.4である<sup>6)</sup>。今回の試験中、各区のpHは適正範囲よりも低く推移した。中でも慣行区は年1回区および年1回減肥区よりも低く、2012年に施肥後の8月と10月のpHが4.0以下になり、その後も概ね4.0から4.5の間で推移し強い酸性を示した。土壌を酸性化させる作用が強い因子に硫酸根がある。硫酸根は硫酸に副成分として含まれており、土壌中の塩基を流亡あるいは不活性

表1 試験区の構成(2012年)

試験区	肥料名	肥料成分 (N-P-K) (%)	1樹当たり 施肥量 (g)	1樹あたり成分量			施肥日
				N	P	K	
年1回区	肥効調節型肥料	12-7-8	200	24.0	14.0	16.0	6月1日
年1回減肥区	肥効調節型肥料	12-7-8	160	19.2	11.2	12.8	6月1日
慣行区	有機化成特1号	8-5-5	60	4.8	3.0	3.0	6月1日
		8-5-5	60	4.8	3.0	3.0	7月2日
		8-5-5	60	4.8	3.0	3.0	8月1日
		8-5-5	60	4.8	3.0	3.0	9月3日
	計		300	24.0	15.0	15.0	

※年1回減肥区の窒素施肥量は、年1回区および慣行区の20%削減とした。

表2 試験区の構成(2013年)

試験区	肥料名	肥料成分(%) (N-P-K)	1樹当たり 施肥量(g)	1樹あたり成分量(g)			施肥日
				N	P	K	
年1回区	肥効調節型肥料	12-7-8	400	48.0	28.0	32.0	3月4日
年1回減肥区	肥効調節型肥料	12-7-8	320	38.4	22.4	25.6	3月4日
慣行区	有機化成特1号	8-5-5	120	9.6	6.0	6.0	3月4日
		8-5-5	120	9.6	6.0	6.0	4月4日
		8-5-5	120	9.6	6.0	6.0	6月3日
		8-5-5	120	9.6	6.0	6.0	8月2日
	計		600	48.0	30.0	30.0	

※年1回減肥区の窒素施肥量は、年1回区および慣行区の20%削減とした。

表3 試験区の構成 (2014年)

試験区	肥料名	肥料成分 (%) (N-P-K)	1 樹当たり 施肥量 (g)	1 樹あたり成分量 (%)			施肥日
				N	P	K	
年1回区	肥効調節型肥料	12-7-8	600	72.0	42.0	48.0	3月6日
年1回減肥区	肥効調節型肥料	12-7-8	480	57.6	33.6	38.4	3月6日
慣行区	有機化成特1号	8-5-5	180	14.4	9.0	9.0	3月6日
		8-5-5	180	14.4	9.0	9.0	4月4日
		8-5-5	180	14.4	9.0	9.0	6月5日
		8-5-5	180	14.4	9.0	9.0	8月5日
計			900	72.0	45.0	45.0	

※年1回減肥区の窒素施肥量は、年1回区および慣行区の20%削減とした。

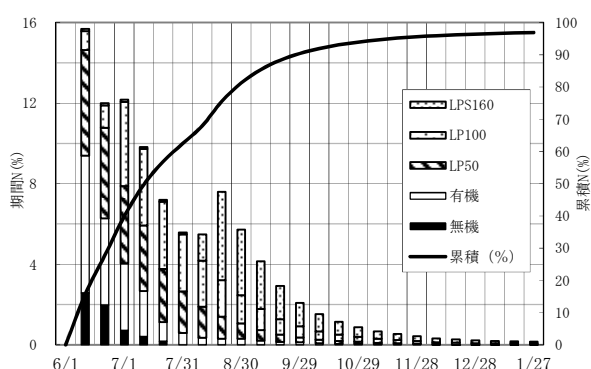


図1 肥効調節型肥料からの窒素溶出率 (2012)

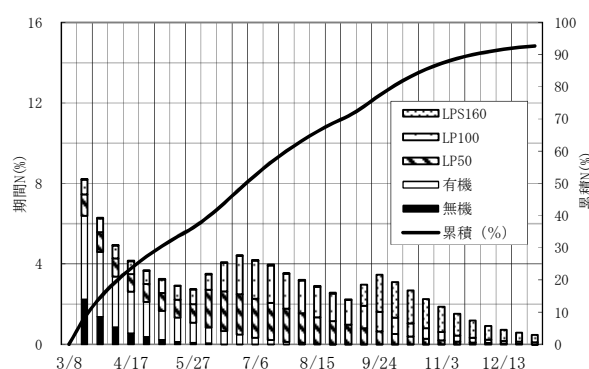


図2 肥効調節型肥料からの窒素溶出率 (2013)

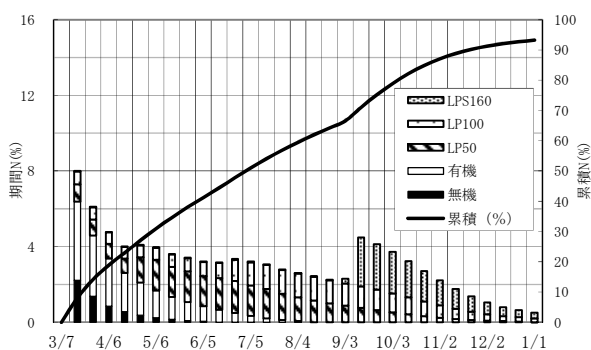


図3 肥効調節型肥料からの窒素溶出率 (2014)

表4 被覆尿素が施用後80%溶出するまでの経過日数

(単位:日)

施用年月	L P 50	L P 100	L P S 160
2012.6	60	90	240 <sup>1)</sup>
2013.3	160	190	300 <sup>2)</sup>
2014.3	170	240	300

1) 240日経過時、溶出率は68.1%にとどまった。

2) 300日経過時、溶出率は67.9%にとどまった。

化させ土壌を酸性化させる作用が強い<sup>7)</sup>といわれている。年1回区、年1回減肥区が慣行区よりもpHが低下しなかった要因としては、使用した肥効調節型肥料に含まれる被覆尿素が無硫酸根肥料であること、また、DAPも中性肥料であること、一方、慣行区は硫酸根肥料である硫酸を含んだ肥料を用いたことが考えられる。

ECは年1回区、年1回減肥区とも慣行区に比べ低く、概ね0.3 ds/m以下で推移した。慣行区は施肥後0.3 ds/m以上になることが多く、変動の幅も大きかった(図5)。愛知県におけるミカン栽培土壌のECの適正値は0.1 ds/m

から0.3 ds/mの範囲であり<sup>6)</sup>年1回区及び年1回減肥区では試験中概ねこの範囲内で推移した。また、2012年5月、2013年3月及び2014年3月は試験区間の差が少なくなった。これは各区とも前年の施肥から期間が経過していることや施肥前の土壌を採取したため、各区とも肥切れ状態となっており区の差が少なくなったと考えられる。

土壌の硝酸態窒素含有量は、各区とも似た動きを見せた(図6)。2012年5月、2013年3月及び2014年3月は数値が低くなった。年1回区及び年1回減肥区は慣行区

に比べやや低く推移した。年1回減肥区は他区よりも低くなるが多かった。愛知県でのミカンを含めた果樹の土壌中硝酸態窒素の欠乏濃度は0.5 mg/100 g以下である<sup>8)</sup>。年1回区、年1回減肥区とも、3月や11月に欠乏濃度を下回ることがあった。3月は施肥前であること、11月は溶出した尿素から硝酸態窒素への変化が気温の低下に伴い遅れることや、ミカンの生育量増加に伴い窒素吸収量が増加したことで、土壌中の含有量が低下したものと考えられる。年1回減肥区では、2014年8月以降、他

区よりも含有量が低く、欠乏濃度に近い数値で推移したことから、植栽3年目には窒素量が不足することが懸念される。可給態リン酸及び交換性カリウムは各区とも同様に推移し含有量に大きな違いは見られなかった(図7、図8)。愛知県でのミカンを含めた果樹の土壌中欠乏濃度は、可給態リン酸は10 mg/100 g以下、交換性カリウムは8mg/100 g以下であり<sup>7)</sup>、各区とも十分に供給されていることがわかった。

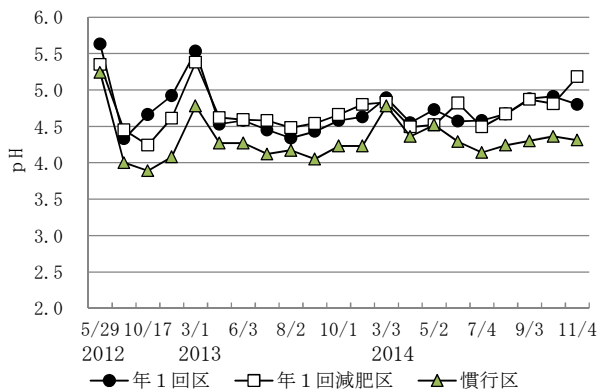


図4 土壌pHの推移

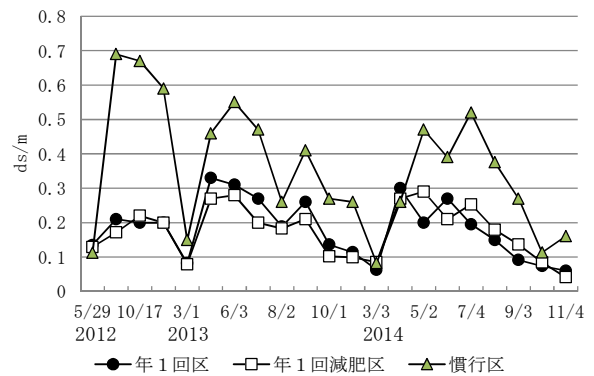


図5 土壌ECの推移

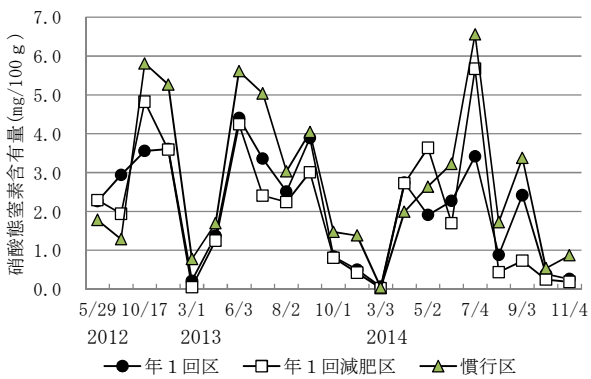


図6 土壌の硝酸態窒素含有量の推移

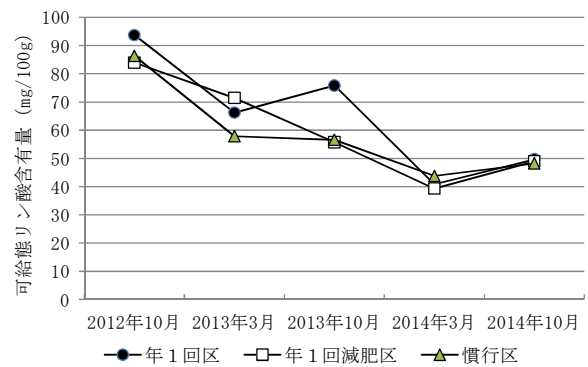


図7 土壌の可給態リン酸含有量の推移

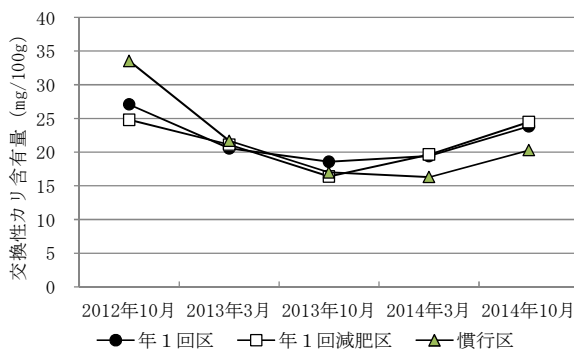


図8 土壌の交換性カリウム含有量の推移

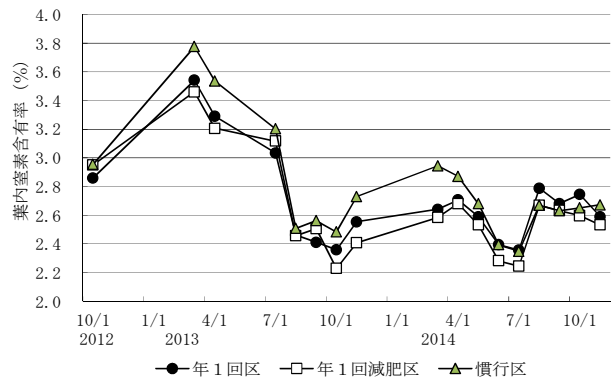


図9 葉内窒素含有率に及ぼす影響

### 3 肥効調節型肥料がミカン樹に及ぼす影響

葉内窒素含有率は、各区とも同様の動きを示した(図9)。愛知県では、ウンシュウミカンの葉内窒素含有率の適正値を2.5~3.0%とし、欠乏を2.0%以下、過剰を3.3%以上としている<sup>8)</sup>。2013年3月は全区で、同年4月は慣行区で過剰となったが、以降は各区ともほぼ適正値で推移した。各区とも欠乏することはなかった。年1回区は慣行区に比べ2014年5月まではやや低かったが、同年6月以降は同じかやや上回るようになった。また、年1回減肥区は他区に比べ低くなるが多かった。葉内リン含有率は区による違いは見られず、各区ともほぼ

愛知県の適正値である0.1%~0.18%<sup>8)</sup>の範囲内にあった(図10)。葉内カリ含有率は区による違いは見られず、2012年10月を除き各区とも愛知県の適正値である1.0~2.0%<sup>8)</sup>の範囲内にあった(図11)。

苗木の幹周は、年1回区及び年1回減肥区とも慣行区との差は見られなかったが、試験開始時からの肥大率は、年1回区及び年1回減肥区は慣行区よりも大きい傾向がみられた(表5)。総葉数、主枝長、樹冠容積は、年1回区及び年1回減肥区とも慣行区との差は見られなかった(表6)。根量は、年1回区で慣行区より多く、年1回減肥区は慣行区より少ない傾向が見られた(表7)。

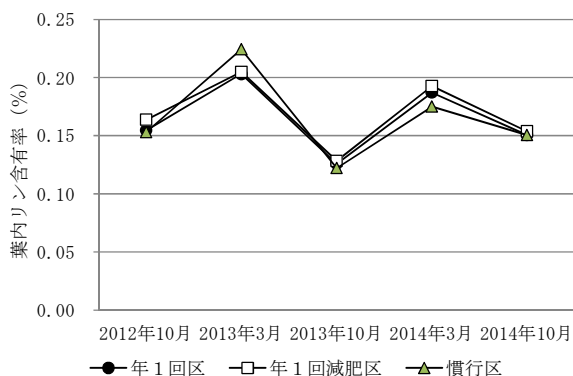


図10 葉内リン含有率に及ぼす影響

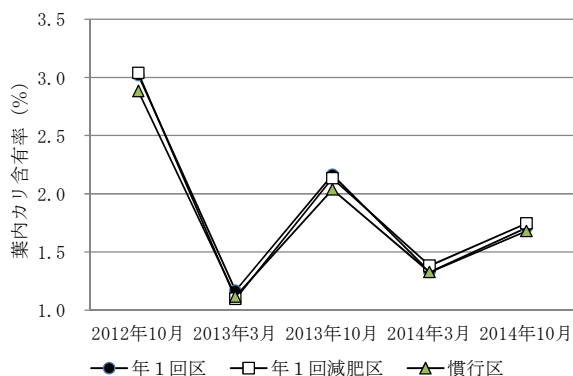


図11 葉内カリ含有率に及ぼす影響

表5 ミカン苗木の幹周

	2012. 5		2012. 11		2013. 11		2014. 11	
	幹周 (mm)	幹周 (mm)	肥大率 <sup>1)</sup> (%)	幹周 (mm)	肥大率 <sup>1)</sup> (%)	幹周 (mm)	肥大率 <sup>1)</sup> (%)	
年1回区	31.3	44.9	143.3	85.0	271.3	144.6	461.3	
年1回減肥区	32.6	47.0	144.4	88.2	271.0	150.2	461.4	
慣行区	33.6	44.1	131.5	82.0	244.4	141.6	421.9	
有意性 <sup>2)</sup>	ns	ns		ns		ns		

1) 2012.5からの幹周肥大率  
2) Tukeyの多重検定による。ns：有意差なし。

表6 ミカン苗木の総葉数、主枝長、樹冠容積

試験区	総葉数(枚)			主枝長(cm)			樹冠容積(m <sup>3</sup> ) <sup>1)</sup>	
	2012.12	2013.12	2014.12	2012.12	2013.12	2014.12	2013.12	2014.12
年1回区	162.9	1496.9	5451.4	55.1	128.8	162.7	1.8	6.4
年1回減肥区	172.6	1491.0	5539.7	52.4	127.7	157.4	2.2	5.8
慣行区	161.6	1288.9	4586.1	50.5	121.1	158.0	2.2	6.4
有意性 <sup>2)</sup>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

1) 樹冠容積は7掛け法(樹高×東西×南北×0.7)  
2) Tukeyの多重検定による。ns：有意差なし

表7 ミカン苗木の根量

試験区	根量（乾物重）(g)				
	細根	小根	中根	大根	合計
年1回区	194.3	46.4	52.0	37.2	329.8
年1回減肥区	172.3	34.3	41.3	25.7	273.6
慣行区	185.5	46.6	48.9	37.8	318.7

以上のとおり、ミカン育成用肥効調節型肥料からの窒素の溶出はミカン地上部の生育期間中途切れることなく溶出していた。ミカン樹の生育も、窒素を慣行より20%削減した場合、土壌中の硝酸態窒素及び葉内窒素が少なくなる傾向を示したが、慣行と同等の窒素量であれば慣行と同等の生育になることがわかった。よって、肥料からは十分な肥効を得ていると推測される。

肥効調節型肥料の利用に当たって、施肥は、育成1年目は根傷み防止のため6月上旬に、2年目以降は3月上旬に行う。急傾斜地では大雨による被覆尿素的の流亡を防ぐため土壌と混和することが望ましい。

## 引用文献

1. 農林水産省. 平成26年耕地及び作付面積統計. (2015)
2. 愛知県. 果樹生産流通統計資料. (1991)
3. 蒲郡市農業協同組合販売部営農指導課. 平成25年度柑橘栽培要項. (2013)
4. 上野正夫. 肥料便覧第6版. 塩崎尚朗編. 農文協. 東京. p.100(2008)
5. 石川啓, 野中稔, 藤井栄一. 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. 愛媛果樹試研報. 15, 21-34(2002)
6. 愛知県農業総合試験場. 農業及び環境分析診断ハンドブック. p.136(2010)
7. 上野正夫. 肥料便覧第6版. 塩崎尚朗編. 農文協. 東京. p.3(2008)
8. 愛知県農業総合試験場. 農業及び環境分析診断ハンドブック. p.98(2010)