

徳島農技セ研報 No. 8
25~33 2021

被覆肥料を活用したスダチの超省力施肥

新居美香・梯 美仁

Ultra-labor-saving fertilization method for Sudachi (*Citrus sudachi*) using coated fertilizer

Mika NII and Yoshihito KAKEHASHI

要 約

徳島県の中山間地域の基幹品目であるスダチを対象に、窒素30%、リン酸75%、加里80%減肥が可能な一発肥料を開発し、年1回施肥により5年間、現地ほ場で栽培試験を実施した。

その結果、土壌中硝酸態窒素含有量は、表層では一発区で高く推移し、次層では差が見られなかった。土壌中交換性カリ含有量は、試験開始3年目から一発区で低く推移した。葉中無機成分は一発区でカリウムが高く推移し、年間施用量とは異なる結果となった。窒素およびリンには処理区間差は見られなかった。一発区の試験期間中の収量は対照区の約10%増、果実緑色は対照区と同程度であった。

一発肥料からの成分溶出は、事前のシミュレーションよりも遅延する傾向が見られ、収穫後も溶出した。

参考価格に基づいて、肥料に係る経費を試算した結果、慣行のスダチ専用肥料の80%程度に抑えることが可能であった。

以上のことから、省力化及びコスト軽減対策として、一発肥料を活用したスダチの年1回施肥が有効である。

キーワード：スダチ、超省力施肥、被覆肥料

keyword : *Citrus sudachi*, Ultra-labor-saving fertilization, Coated fertilizer

緒 言

徳島県内の中山間地域に広がる傾斜ほ場では、ブランド果樹品目であるスダチをはじめとする香酸カンキツが生産されているが、生産者の減少や高齢化、生産経費の高騰等により、施肥回数、特に窒素等の施用量の減少が懸念されている。リン酸、加里は連年施用により、土壌に蓄積していることが過去の調査結果から明らかになっている¹⁰⁾。しかし一方では、地球温暖化に伴う集中豪雨の発生回数の増加⁹⁾で、施用した肥料成分の流亡等を懸念した生産者が過剰とも考えられる量の肥料を施用する

例も見られる。

そこで、年1回の施肥作業で慣行のスダチ栽培と同様の施肥効果が得られるスダチ専用一発肥料を開発し、それを用いた栽培試験を実施した結果を報告する。

なお、本研究はJA全農肥料委託試験（課題名：果樹園における施肥効率向上技術の確立）で実施した。

方 法

1 処理区概要

被覆肥料を用いた年1回施肥がスダチ樹の生育、果実

品質及び土壌に与える影響について検討するため、2013年から2017年の5年間、現地ほ場で試験を実施した。

(1) 一発肥料の設計

熊本県のウンシュウミカンの肥効調節型肥料に関する報告では、肥効調節型肥料を用いた場合、窒素成分量は慣行施肥の70%で果実品質等が優れていた⁸⁾。この知見に基づき、年間窒素施用量は徳島県のスダチの施肥基準の70%とした。また、夏季の土壌中硝酸態窒素含有量が高いほど果皮緑色が濃い傾向があることから²⁾、施肥直後(3月)から収穫期(9月)までなだらかに溶出が続く設計とした。また、リン酸および加里施用量は、土壌からの溶脱が早い加里成分が収穫によりほ場外へ持ち出される量(5.2kg/10a)を参照して算出した⁹⁾。一発肥料の溶出シミュレーションを第1図に示す。

(2) 処理区の設定

第1表で示した一発肥料区(以下、一発区)および対照区を設置した。対照区は県内スダチほ場で一般的に使用されているスダチ専用肥料(N:P₂O₅:K₂O=12:6:9)、商品名:すだち王(原材料:硫安、尿素、塩化加里、副産リン酸肥料、なたね油かす、FTE)を表層施用した。施肥量は、徳島県施肥基準に基づき、対照区は窒素成分で年間35kg/10a、リン酸成分で17.5kg/10a、加里成分で26.3kg/10aであった。

一発区はエムコート70、エムコート100、エコロング413L型(70日タイプ)を配合して製造した。窒素成分の施

用量は対照区の30%減の24.5kg/10a、リン酸成分は約75%減の4.4kg/10a、加里成分は約80%減の5.1kg/10aとした。

試験場所は徳島県名西郡神山町の現地ほ場(褐色森林土)で、1処理区45m²(植栽間隔3m×3mのスダチ樹(35年生)5樹)を供試した。

第1表 処理区概要(2013年~2017年)

施肥時期	一発区※			対照区※※		
	施肥量(kg/10a)			施肥量(kg/10a)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
3月上旬	24.5	4.4	5.1	7.0	3.5	5.3
5月下旬	-	-	-	10.5	5.3	7.9
7月上旬	-	-	-	10.5	5.3	7.9
9月下旬	-	-	-	7.0	3.5	5.3
計	24.5	4.4	5.1	35.0	17.5	26.3

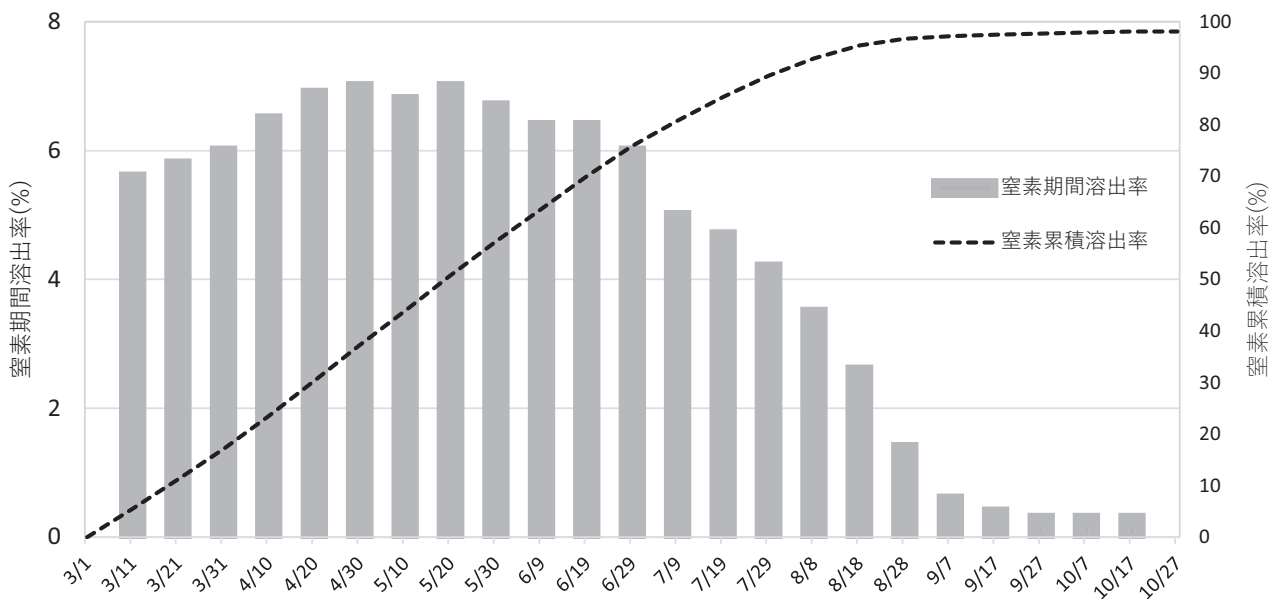
※ 一発:(N:P:K=29:4.8:5.7)
 エムコート 70(70日 N:P:K=42:0:0),
 エムコート 100(100日 N:P:K=42:0:0),
 エコロング 413L型(70日 N:P:K=14:11:13)の混合資材(混合割合は非公表)
 ※※対照:(N:P:K=12:6:9) スダチ専用配合肥料(商品名:すだち王)
 (原材料:硫安、植物油かす類、副産リン酸肥料、塩化加里、尿素、FTE)

2 土壌化学性および葉中無機成分分析

(1) サンプルング

土壌は、各処理区の樹冠下、樹幹から1m程度の位置で、表土1cm程度を取り除き、10cm程度の深さを表層、10~20cm程度の深さを次層として採取した。

葉は試験樹の地表から120cm近傍の樹冠周囲で当年



第1図 一発肥料溶出シミュレーション

窒素期間溶出率(%)=一定期間に溶出した窒素量/施用窒素全量×100
 窒素累積溶出率(%)=施用初日から溶出した累積窒素量/施用窒素全量×100

度春に発芽したもののうち、着花又は着果がない枝の先端から4枚目の葉を、1回のサンプリングにつき一樹につき15枚程度を採取した。

(2) 試料調製方法

土壌は、風乾後、乳鉢で粉碎し、2mm目の網ふるいを全通させて、分析試料とした。

葉は2%酢酸水溶液で表面の汚れを洗浄し、水道水、蒸留水の順で洗浄後、通風乾燥機を用いて60℃で72時間以上乾燥したものをミルサーを用いてパウダー状に粉碎して分析試料とした。

(3) 分析方法

植物体の無機成分および土壌のpH、EC、各無機成分は、常法⁷⁾により分析した。窒素は乾式燃焼法で、リンは比色法で、カリウム、カルシウムは原子吸光度法で測定した。土壌に含まれる成分は乾土1kg当たりのgで、葉に含まれる窒素、リン、カリウム、カルシウムは乾物1kg当たりのgで表示した。

3 収量・果実品質調査

収穫期(8月下旬～9月中旬)に2L級(横径3.6～4.0cm)に達した果実を順次収穫し、果実個数、収穫時重量および果皮色を計測した。果実品質調査は1樹につき10果採取し、常法⁷⁾により分析した。果皮色は測色色差計(CR-300, コニカミノルタ(株))により測定し、緑色度は(L(明度)×b(青～黄)/|a(緑～赤)|)値を

指標とした。

4 被覆肥料の重量減少率調査

各被覆肥料成分の溶出状況を推定するため、各製品の重量減少率を計測した。エムコート70、エムコート100、エコロング413L型70日タイプを各10gずつ不織布製の袋に入れ、施用時期の3月10日に現地試験ほ場のスダチ樹冠下の土壌表層(3～5cm程度)に設置し、定期的に回収した。採取したサンプルは土等の付着物を取り除き、通風乾燥機を用いて45℃で16時間以上乾燥した後、重量を計測し、減少した重量を溶出した肥料成分とした。

5 経費試算

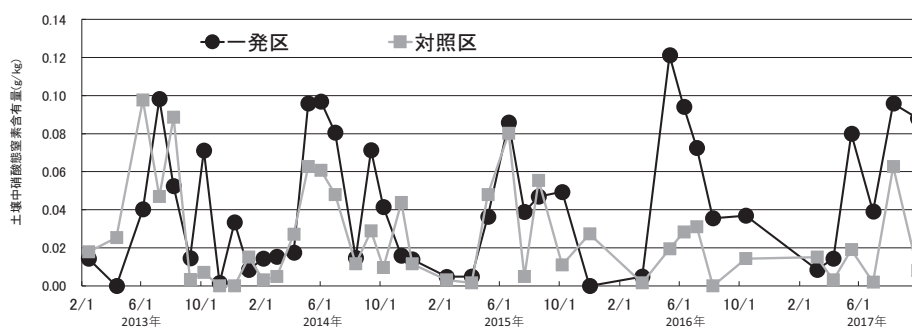
JA全農とくしまから2021年4月時点の肥料参考価格を聞き取り、経費を試算し、比較を行った。

一発区に供試した肥料は、本試験終了後、JA全農とくしまより「すだち一発」として販売が開始され、価格は1袋15kg当たり5,370円である。スダチ専用配合肥料(商品名:すだち王)は1袋20kg当たり2,630円とし、10a当たりの必要量を算出した。

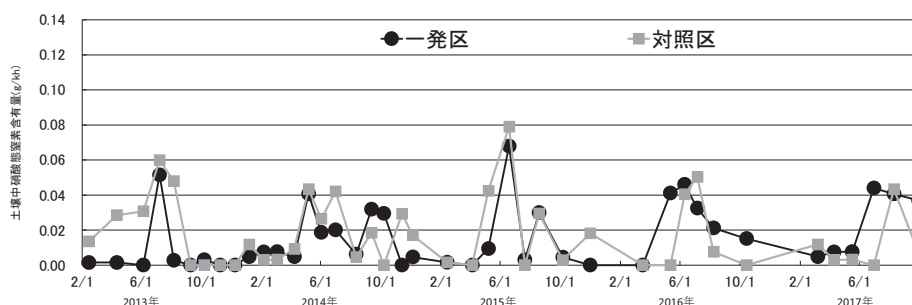
結 果

1 土壌化学性の変化

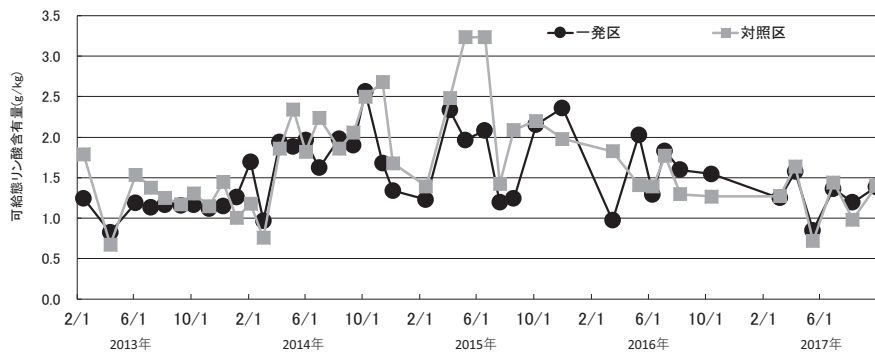
試験期間中の土壌中硝酸態窒素含有量の推移を第2-1図、第2-2図に示す。表層では2014年、2016年及び2017年は一発区が高く推移したが、2013年、2015年は対



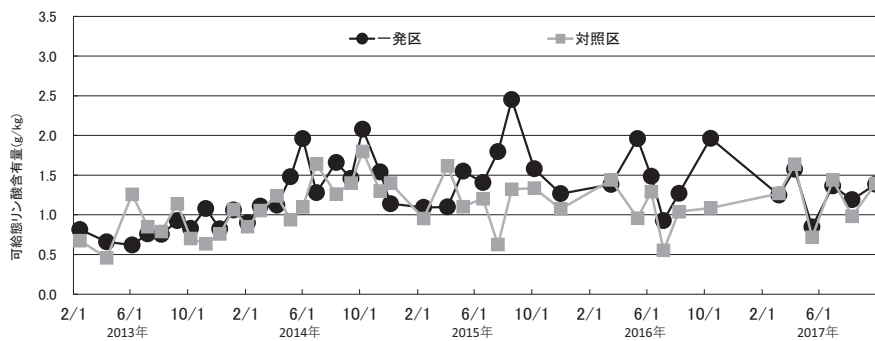
第2-1図 土壌中硝酸態窒素含有量の推移(表層: 1～10cm)



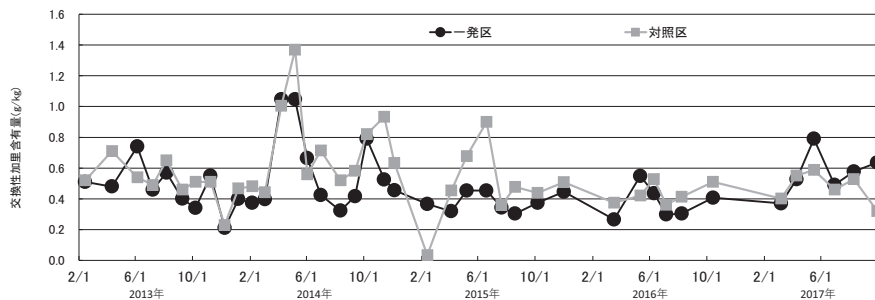
第2-2図 土壌中硝酸態窒素含有量の推移(次層: 10～20cm)



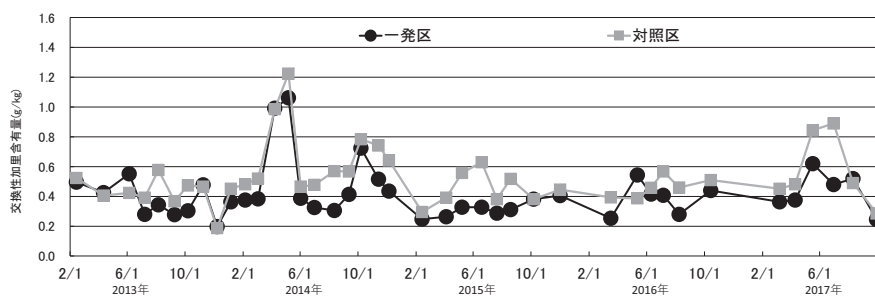
第3-1図 土壤中可給態リン酸含有量の推移 (表層: 1~10cm)



第3-2図 土壤中可給態リン酸含有量の推移 (次層: 10~20cm)



第4-1図 土壤中交換性加里含有量の推移 (表層: 1~10cm)



第4-2図 土壤中交換性加里含有量の推移 (次層: 10~20cm)

照区との差は見られなかった。次層では処理区間差は認められなかった。

土壤中の可給態リン酸含有量の推移を第3-1図, 第3-2図に示す。一発区のリン酸施用量は1/5程度であったが, 土壤中のリン酸含有量は2015年, 2016年に一発区で高い傾向が見られた。

土壤中交換性加里含有量の推移を第4-1図, 第4-2図に示す。3年目にあたる2015年頃から一発区の次層で加里含有量が対照区よりも低く推移する傾向が見られた。

栽培試験開始前(2012年9月)および5年間の栽培試験終了時(2017年9月)に採取した土壌を分析した結果を第2表, 第3表に示す。

pHは一発区, 対照区ともに栽培試験前は弱酸性であったが, 栽培試験終了時には強酸性になった。

ECは栽培試験終了後, 表層, 次層ともに一発区で0.24 dS/m, 0.20dS/mと高く, 対照区では0.08dS/m, 0.05 dS/mと低かった。

土壤中交換性加里含有量は, 一発区の表層では試験開

第2表 栽培試験実施前土壌調査結果

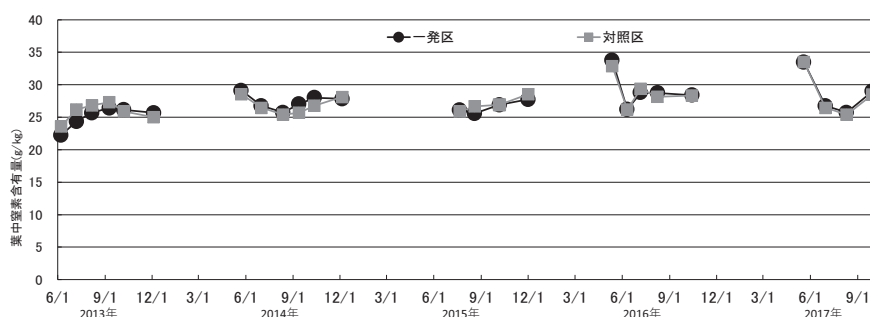
		pH	EC(1:5)	可給態リン酸	K ₂ O	CaO	MgO	NO ₃ -N	含水率
		(H ₂ O)	(dS/m)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(%)
一発区	表層(1~10cm)	6.5	0.31	0.74	0.55	5.3	0.25	0.005	24.3
	次層(10~20cm)	6.7	0.17	0.30	0.50	1.6	0.14	0.000	22.8
対照区	表層(1~10cm)	6.6	0.21	0.79	0.59	5.8	0.30	0.000	27.8
	次層(10~20cm)	6.5	0.14	0.48	0.54	2.7	0.18	0.000	21.0

採取日：2012年9月21日

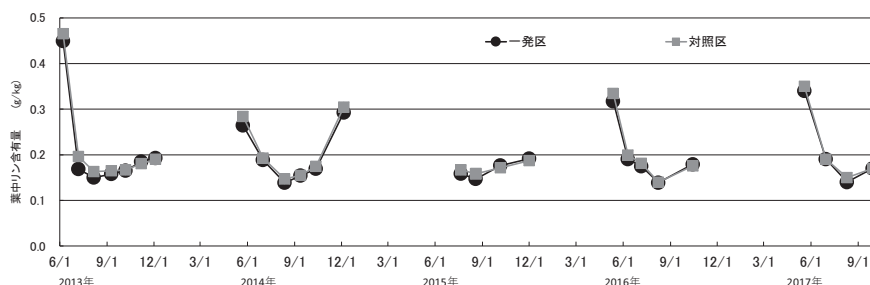
第3表 栽培試験終了時土壌調査結果

		pH	EC(1:5)	可給態リン酸	K ₂ O	CaO	MgO	NO ₃ -N	含水率
		(H ₂ O)	(dS/m)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(%)
一発区	表層(1~10cm)	5.3	0.24	0.39	0.64	2.9	0.38	0.009	25.6
	次層(10~20cm)	5.3	0.20	0.47	0.25	2.3	0.38	0.008	22.0
対照区	表層(1~10cm)	5.4	0.08	0.50	0.32	2.9	0.29	0.001	28.2
	次層(10~20cm)	5.0	0.05	0.38	0.29	1.6	0.21	0.000	22.2

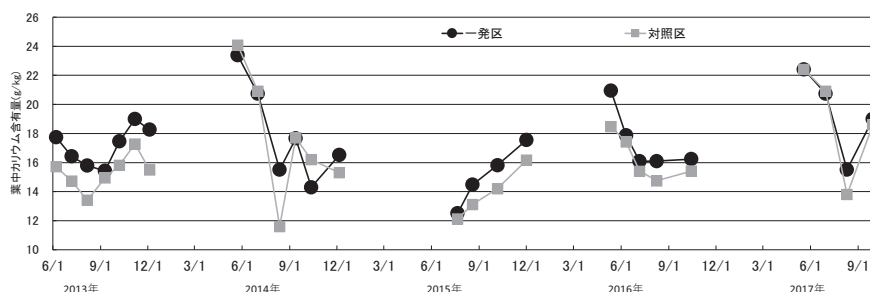
採取日：2017年9月29日



第5図 葉中窒素含有量の推移(2013~2017年)



第6図 葉中リン含有量の推移(2013~2017年)



第7図 葉中カリウム含有量の推移(2013~2017年)

始前と同程度であったが、対照区では減少した。次層では処理区間に差は見られなかった。

硝酸態窒素は、一発区で8.8mg/kg(表層), 7.7mg/kg(次層)であったが、対照区は0.8mg/kg(表層), 0.2mg/kg(次層)であった。

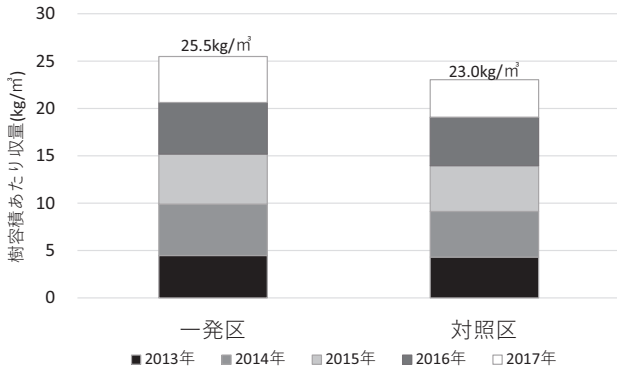
2 葉中無機成分の推移

葉中窒素含有量の推移を第5図、葉中リン含有量の推移を第6図、葉中カリウム含有量の推移を第7図に示す。葉中窒素、葉中リンともに処理区間差は見られなかった。葉中カリウム含有量は2014年を除いて一発区で対照区よ

りも高く推移する傾向が見られた。

3 収量および果実品質

試験期間中（2013～2017年）の処理区別の樹1㎡当たりの収量調査結果を第8図に示す。5年間の累計収量は一発区で25.5kg/㎡、対照区で23.0kg/㎡であり、一発区の単位樹容積当たりの収量が10%程度多い傾向が見ら



第8図 累積収量調査結果（2013～2017年）

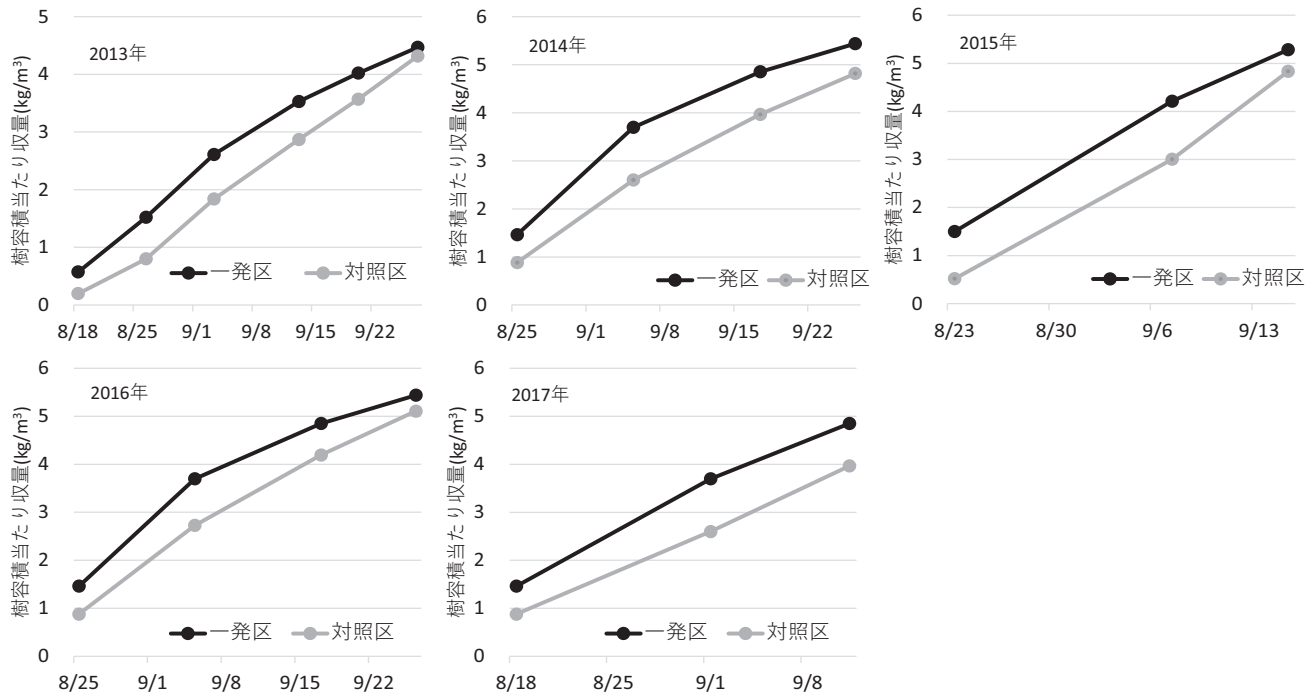
れた。各年度の累積収量推移を第9図に示す。いずれの年も一発区は収穫初期の8月下旬から果実肥大・収量ともに対照区より優れていた。

収穫時の果皮緑色度を調査した結果を第4表に示す。いずれの年も明確な処理区間差は見られなかったが、収穫終期には一発区の果皮緑色が濃い対照区と比較して傾向が見られた。

4 被覆肥料溶出量

一発肥料の組成に従って、窒素溶出量を推定した結果を第10図に示す。一発肥料は埋設1か月後から徐々に溶出し、6月には施用量の20%、累積溶出率は37%を超えた。9月下旬の収穫終期には78%が溶出した。

一発肥料の設計時のシミュレーションでは、施用直後から収穫期まで安定的に窒素成分が溶出する想定であったが、実測値では施用後3ヶ月目の6月を最大にして、収穫終了後まで溶出し、当初の設計よりも窒素成分の溶出が遅延することが明らかとなった。



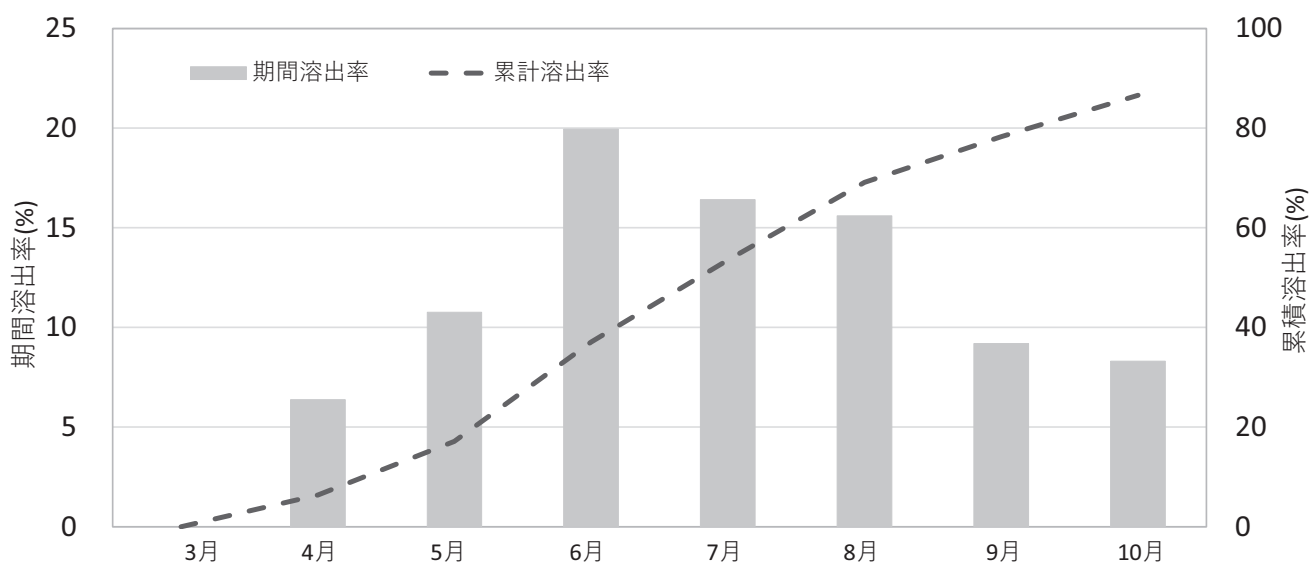
第9図 試験年毎の累積収量推移

第4表 収穫時の果皮緑色度

収穫日	2013				2014			
	8/16	8/27	9/7	9/14	8/25	9/5	9/17	9/26
一発区	37.7	45.0	42.7	50.8	36.1	40.1	42.8	47.3
対照区	37.9	45.6	42.9	51.8	40.7	46.3	46.7	48.9

収穫日	2015			2016		2017	
	8/23	9/7	9/15	8/30	9/22	8/18	9/11
一発区	42.8	44.6	47.2	42.9	46.4	52.2	42.1
対照区	45.4	47.7	52.1	43.9	47.0	52.9	39.9

※色差計計測値より算出（ $L \times b / |a|$ ）値が小さいほど緑色が濃いことを示す。



第10図 重量減少率から推定された一発肥料の窒素成分溶出率 (2014年)

第5表 経費試算結果

商品名	単価 (円/袋)	重量 (kg/袋)	肥料成分(%)*			窒素年間 施用量 (kg/10a)	年間施用量 (kg/10a)	年間肥料 経費 (円/10a)
			N	P	K			
すだち一発	5,370	15	29	4	5	24.5	84	30,245
スダチ専用配合肥料 (すだち王)	2,630	20	12	6	9	35	292	38,354

*肥料成分は保証値として表示するため、小数点以下は切り捨て。

5 経費試算

肥効調節型肥料は施肥効率が良いこと、ウンシュウミカンの肥効調節型肥料を用いた施肥では、30%減肥区で果実品質、収量等が優れるとの報告があること⁴⁾から、年間窒素施用量を30%減量(24.5kgN/10a)に設定したところ、一発肥料を用いた栽培に必要な肥料は1年間に84kg/10aであり、経費は30,245円であった。対照区に施用したスダチ専用肥料は年間窒素施用量35kgN/10aに設定したところ、292kg/10aであり、経費は38,354円であった(第5表)。

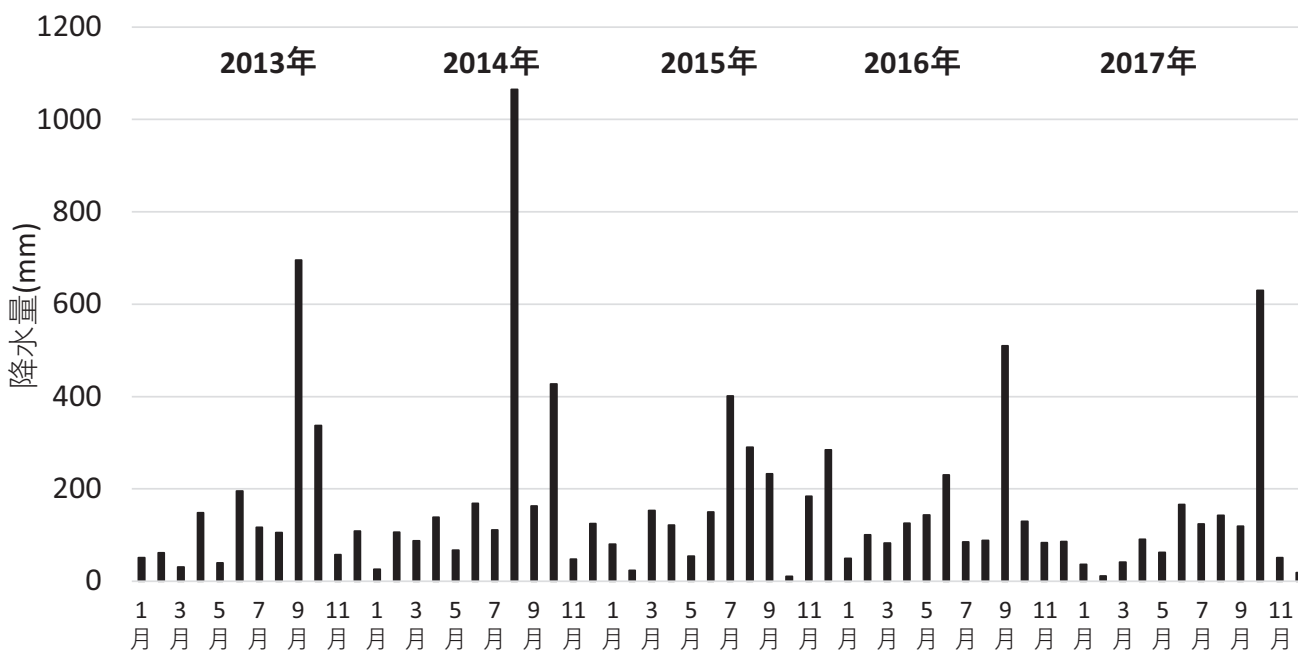
考 察

肥効調節型肥料は、ポリエチレン等プラスチック資材によるコーティングや縮合等の化学修飾等の手法により肥効をコントロールし、肥料成分の流亡を防ぐ効果を付与した肥料で、溶出期間や溶出パターンが異なる多様な種類のものが肥料メーカーから販売されている。水稻、野菜栽培においては、基肥全量施肥や育苗時全量施肥、局所施肥等の技術開発により、施肥作業の省力化と施肥効率の向上を目的に幅広く活用されている。また、他県

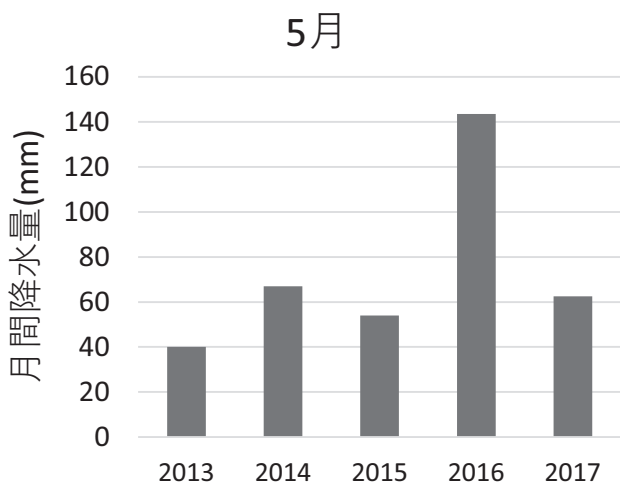
では果樹栽培での導入事例があり、鹿児島県ではポンカン¹⁾、愛媛県では早生温州ミカンの栽培⁴⁾、愛知県では幼木の育成等への導入・普及³⁾が進んでいるが、徳島県内の果樹生産現場へは普及していない。

スダチ等の果樹は、20年から40年の長期にわたり同じほ場で継続して栽培される。また、樹体内に養分を蓄積しているため、施肥の影響が明らかになりにくく、長期にわたる一発肥料のみの施肥が土壌及び植物体に与える影響が懸念される。以下に5年間の土壌中及び葉中の各無機成分の推移の傾向について考察する。

土壌中の硝酸態窒素含有量は、試験期間中を通じて表層(1~10cm)では一発区が高く推移したが、次層(10~20cm)では、処理区間差は見られなかった。これは、表層に施用した被覆肥料が土壌水分を吸収し、その内容成分を表層から放出し続けているためと考えられた。また、夏季の土壌中硝酸態窒素含有量が一発区で高い年(2014年、2016年及び2017年)と処理区間差がない年(2013年、2015年)が見られた。被覆肥料の溶出は、その特性から供給される水分との相関が高く、果樹園では表層施用され、耕耘しないことから、降水量の影響が強いと考えられる。徳島地方气象台(地点:徳島)の降水



第11図 試験期間中の平均気温と降水量 (徳島地方気象台 地点：徳島市)



第12図 試験期間中の5月降水量

量を第11図に示す。各年の5月の降水量が多い年は夏季の土壤中硝酸態窒素含有量が高かった (第2-1図)。特に、2016年は降水量が多く、対照区の窒素成分が流亡する一方、一発区は被覆肥料が吸水し、窒素成分を安定して放出したと考えられた。

土壌中の交換性加里含有量は、ほ場栽培試験では、一発区で3年目以降減少する傾向が見られた。これは、ほ場へ施用する加里分量が対照区では26.3kg/10a、一発区ではその20%以下の5.1kg/10aであることによるものと考えられ、その傾向は2017年の収穫直前まで継続した。2017年収穫時期に一発区、対照区の差が見られなくなったのは、試料採取直前に台風による集中的な降雨があり、対照区のスタチ専用配合肥料に含まれる塩化加

里が流亡したものと考えられた。

葉中無機成分は、窒素およびリンは処理区間差が見られなかったが、一発区のカリウム含有量が高く、対照区で低い傾向が見られ、土壌への施用量とは一致しなかった。これは、一発区の加里成分の肥効率が高く、安定して肥料を吸収できたためではないかと考えられた。

今回の試験期間中の一発区の収量は約2t/10aであった。この収量を得るために必要な加里成分は、約5.2kg/10aである。一発肥料の加里施用量は年間5.1kgであり、流亡等を考慮した場合、5年以上継続して施用する際には、定期的に土壌分析を実施し、加里成分の不足等に注意する必要があると考えられる。

本報告で栽培試験に使用した一発肥料は2021年3月から販売が開始され、今回の聞き取り調査から算出した経費は、10a当たり1年間に30,245円であった。対照区に施用したスタチ専用肥料は1年間に38,354円/10aであったことから、一発肥料を施用することで、肥料に係る経費を80%程度に抑えることができる。さらに、施肥回数は対照区の年間4回から年間1回になることから、大幅な省力化を図ることが可能である。

肥効調節型肥料は徳島県内果樹栽培の現場にはほとんど活用されていないが、労力不足に悩むほ場管理作業の省力化、効率化の一助になり得る技術として、被覆肥料を活用したスタチの年1回施肥技術の生産現場への導入、普及に努めたい。

摘 要

被覆肥料を活用し、徳島県の中山間地域の基幹品目であるスタチの年1回施肥と窒素30%、リン酸75%、カリ80%減肥が可能な肥料を設計、現地ほ場で栽培試験を実施し、以下の結果を得た。

1. 土壌中硝酸態窒素含有量は、表層では一発区が高く、次層では差は見られなかった。
2. 土壌中交換性加里含有量は、試験開始3年目以降、一発区の次層(10~20cm)で低く推移した。
3. 葉中無機成分は、窒素、リンは処理区間差がなかったが、カリウムは一発区で対照区よりも高くなる傾向が見られた。
4. 一発区の収量は、対照区と比較して10%程度高く、5年間累計で25.5kg/m³であった。
5. 果皮緑色度に処理区間差は見られなかった。
6. 試験期間中の一発区の収量は約2t/10aであり、収穫によりほ場外へ持ち出される加里成分は5.2kg/10aである。一発区の加里施用量は5.1kgであり、流亡等を考慮すると長期間の施用は、将来的にカリが不足することが懸念されるため、定期的な土壌分析が必要である。
7. 肥料に係る経費を算出した結果、一発肥料区で30,245円/10aであり、対照区の80%程度に抑えることが可能である。

以上の結果から、被覆肥料を活用した一発肥料は超省力施肥法として、スタチ生産現場の省力化・効率化に有効であることが明らかになった。

引用文献

- 1) 橋田泰昌(2001): 屋根掛け栽培‘吉田ボンカン’における被覆肥料を利用した施肥回数低減. 土肥誌, 72(4): 562~564.
- 2) JA 全農・肥料農薬部技術対策課(2013): 果樹園における環境などの変動に対応した施肥効率向上技術の確立試験(平成21~23年)成績書: 127~148.
- 3) 栗田恭伸・光部博雄・黒田貴信(2015): 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. 愛知農総試研報, 47: 83~89.
- 4) 三堂博昭・石川啓(2016): ‘宮川早生’ウンシュウミカンにおける肥効調節型肥料を用いた効率的年1回施肥法. 園芸学研究, 15(2): 145~152.
- 5) 農林水産省果樹試験場興津支場編(1987): カンキツの調査方法, 5~8.
- 6) 坂本辰馬・奥地 進(1963): 温州ミカン成木に対する6年間のカリ肥料施用の影響について. 園芸学雑誌, 32(4): 256~264.
- 7) 徳島県(1997): 土壌および作物栄養の分析法(第10次改訂): 48~61, 146~154
- 8) 土田通彦・相川博志・岡島量男(2003): 肥効調節型肥料による露地ウンシュウミカンの年1回施肥法. 熊本県農研センター研報(12): 122~131.
- 9) 和田一範・石川琢哉・桜井康博(2007): 地球温暖化に伴う四国地方の洪水リスク評価に関する考察. 水工学論文集(51): 433~438.
- 10) 和田健太郎・梯 美仁(2016): 徳島県の農耕地土壌の実態とその変化(第2報). 徳島農技セ研報, No. 3: 37~49.