

タケノコ栽培における肥培管理の改善 被膜肥料の選定と施肥基準の再検討

片野田逸朗*

要旨: タケノコ栽培における慣行肥培管理の問題点を明らかにした上で、本県の早掘りタケノコ栽培に適した被膜肥料を検索するとともに、親竹管理の実態に即して施肥基準を見直した。慣行肥培管理において、緩効性肥料の窒素肥効はおよそ2ヶ月であったが、秋肥では施肥時期を10月から9月に早めたことで、窒素肥効が12月までの3ヶ月間期待できるようになった。しかしながら、緩効性肥料に配合された被膜肥料の種類を変更しても、12月～3月までの窒素肥効を改善することはできなかった。夏肥では、被膜肥料の配合をLP70とLPS60に変更した緩効性肥料が地下茎の伸長と最もよく一致した窒素肥効を示した。本県の施肥基準は収量目標を1,000kg/10aとし、これに対する年間施肥量をN:P:K=29:15:18 (kg/10a) とすることを提案した。
キーワード: タケノコ栽培, 施肥基準, 緩効性肥料, 被膜肥料, 小型反射式光度計

Improvement of fertilizer management on bamboo sprout cultivation. Itsuro KATANODA (Division of Forestry management, Kagoshima Prefectural Forestry Experiment Station, Kagoshima 899-5302, Japan) *Bulletin of the Kagoshima Prefectural Forestry Technology Center* 11 : 1 – 15 (2008)

Abstract : To resolve the problems of current fertilizer management on the bamboo (*Phyllostachys pubescens*) sprout cultivation, more suitable coated fertilizer for the early harvesting of bamboo sprout in Kagoshima region was searched. In addition, fertilizer application standard followed the actual need of the culms management was considered. In the case of current fertilizer management, nitrogenous effect of slow-acting fertilizer lasted for about 2 months, but it was possible to expect that the nitrogenous effect of slow-acting fertilizer would continue for 3 months until December when the autumn fertilizer application was brought forward to September from October. The nitrogenous effect of slow-acting fertilizer from December to March was not improved even if the kind of coated fertilizer combined with slow-acting fertilizer was changed. In summer fertilizer application, the slow-acting fertilizer combined with coated fertilizer LP70 and LPS60 showed optimum nitrogenous effect corresponded with the extension of the underground stem. It was suggested that the fertilizer application standard in this region should be N:P:K=29:15:18 (kg/10a) for the annual bamboo sprout yield target to be 1,000kg/10a.

Keywords: Bamboo sprout cultivation, Fertilizer application standard, Slow-acting fertilizer, Coated fertilizer, Small reflection photometer

はじめに

鹿児島県では全国一の竹資源と温暖多雨な気象条件をいかし、10月から3月にかけて地中にあるモウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) のタケノコを掘り取って出荷する、いわゆる「早掘りタケノコ」の生産に取り組んでおり、東京、大阪などの中央市場で既に高い評価を得ている。県でも行政や普及、研究機関が協力しながら早掘りタケノコのブランド化に向けた取り組みを推進しているものの、近年の生産量は減少

傾向にある。生産量減少の原因として、度重なる台風被害や高齢化による管理不足などが考えられるが、経験豊富な生産者や指導員からは、施肥不足や肥料の早期流亡、土壌の保肥力低下や人為的踏み付けによる土壌硬化等が生産量減少の原因ではないかと指摘されてきた。

そこで、本研究ではタケノコ栽培における肥培管理の問題点を検索、改善するため、タケノコ専用肥料として現在使用されている緩効性肥料(商品名: ニューさつまたけのこ、以下「サツマ」)と速効性肥料(商

*現 鹿児島県林業振興課

*Present address : Kagoshima Pref. Office Forestry Promotion Division, Kagoshima 890-8577

品名：たけのこBB40号，以下「BB40」)を慣行どおり施肥した場合の肥効を明らかにした上で，本県の早掘りタケノコの栽培に適した被膜肥料を検索するとともに，施肥時期や施肥方法の改善策について検討した。また，本県の施肥基準（鹿児島県林務水産部，2006）は上田（1963）に準じて定められているが，上田（1963）は胸高直径9cmの親竹を毎年40本収奪するものとして施肥基準量を算出しているため，親竹密度がおよそ300本/10aで毎年60本前後の親竹を伐竹し，しかも親竹の胸高直径が10cmを超えるものが多い本県の実態に即しているとは言い難い。そこで，本県における親竹管理のデータを採取し，その数値を基に上田（1963）の計算方法に従って施肥基準を見直したので，その結果についても報告する。

なお，本研究は国庫助成研究の林業普及情報活動システム化事業（2004～2006年）で実施した。

慣行肥培管理における施肥試験

1. 試験地と方法

出水市内のタケノコ栽培竹林を表1のとおり選定し，H竹林とT竹林において15×15mの施肥区を2個ずつ設置した。試験に供したタケノコ専用肥料の窒素成分含量と各施肥区における施肥内容を表2に示す。タケノコ専用肥料のサツマとBB40どちらも窒素成分含量は20%であるが，緩効性肥料であるサツマはそのうちの8%が緩効成分の被膜肥料であり，残り12%が速効成分となっている。被膜肥料としてはLP100とLPSS100の2種類が配合されているが，LPとLPSSでは窒素の溶出パターンが異なり，LPは単純溶出のリニア型，LPSSは初期溶出を45日間（LPSは30日間）抑えるシグモイド型であることを示しており，それに続く数字は被膜肥料を25 の水中に静置した状態で保証窒素成分の80%が溶出されるまでの日数を示している。施肥は出水地域の慣行肥培管理に従い，サツマは2004年10月6日の秋肥と2005年5月23日の夏肥に60kg/10aずつの年2回，BB40は2004年10月6日の秋肥に60kg/10a，2005年2月14日の追肥に45kg/10a，2005年5月23日の夏肥に45kg/10aの年3回施肥し，年間窒素施肥量はサツマで24kg/10a，

表 1 試験地の概要

試験地	海 抜 (m)	方 位	傾 斜 (度)	親 竹	
				密度 (本/10a)	平均胸高 直径 (cm)
H竹林	220	S12W	12	262	11.3
T竹林	220	N52W	26	251	12.9
M竹林	250	N20W	5	304	10.7

注1) 親竹の毎竹調査は2005年2月4日に実施した。

注2) 施肥試験はH竹林，T竹林で実施した。

表 2 慣行肥培管理の施肥試験内容

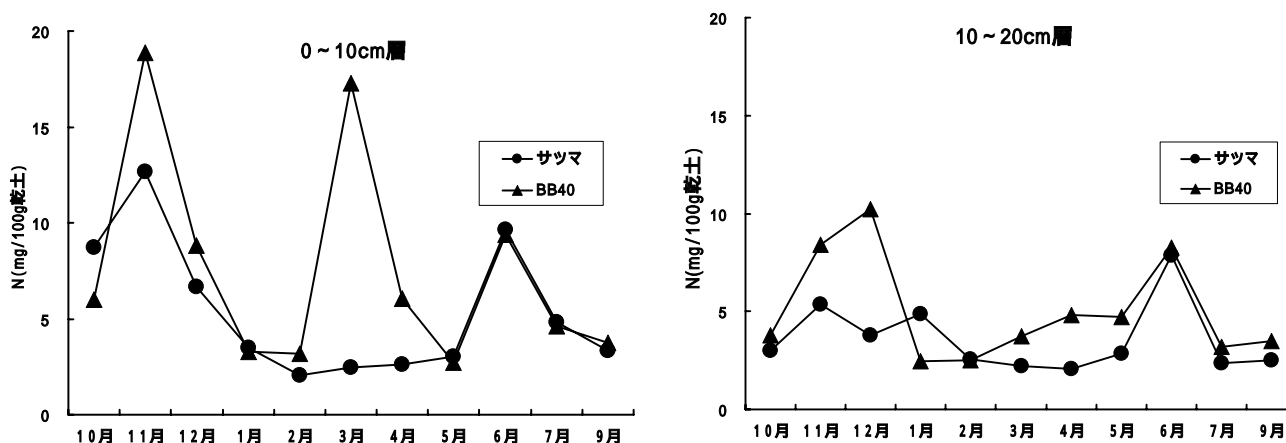
施肥区 (供試肥料)	供試肥料の窒素成分含量 (%)			施肥量 (kg/10a)		
	速効成分	緩効成分 (被膜肥料名)	計	2004年 10月6日	2005年 2月14日	2005年 5月23日
サツマ	12	(LP100) 4	(LPSS100) 4	20	60	60
BB40	20		20	60	45	45

注) N, P, Kの保証成分量 (%) は両肥料も20:10:10である。

BB40で30kg/10aとした。施肥に際しては，施肥区を5m×5mに9等分し，細分した区画（25m²）毎に計量した肥料を均一にばらまいた。

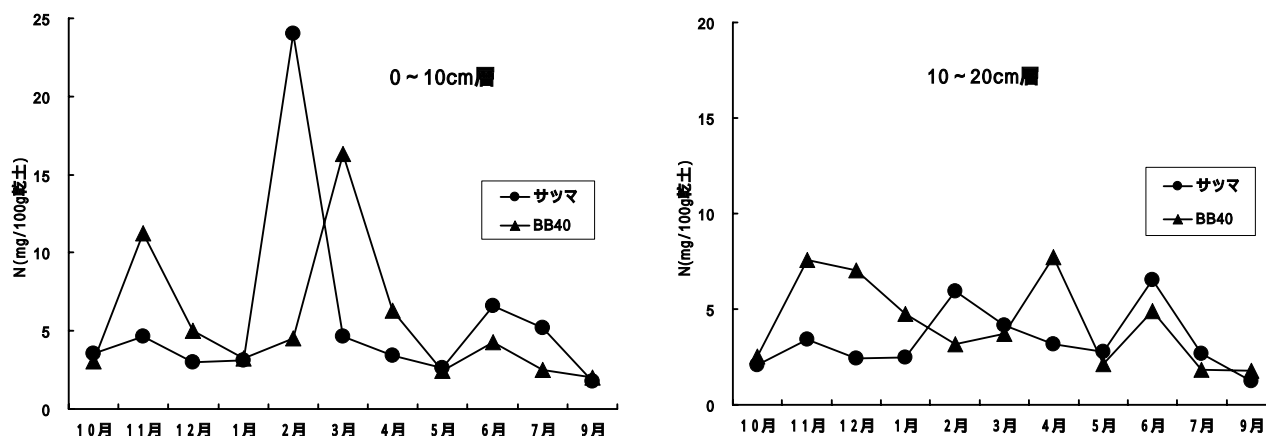
各施肥区における肥効については，土壌中の無機態窒素量の推移を調べることで類推した。施肥後ほぼ1ヶ月毎に施肥区（15×15m）の内側10×10m内の3箇所から，0-10cm層と10-20cm層の土壌を採取し，室内で自然乾燥させた後，2mmの篩でふるって風乾土壌を得た。この風乾土壌20gに蒸留水100gを加え，30分間振とう後，2のろ紙でろ過し，得られた土壌浸出液に含まれる硝酸イオンとアンモニウムイオンの濃度を小型反射式光度計（商品名：RQフレックス，メルク社製）で測定して硝酸態窒素（NO₃-N）とアンモニア態窒素（NH₄-N）の含量を算出し，この値を風乾土壌の含水率を7%として乾土100g当たりの無機態窒素量（NO₃-NとNH₄-Nの含量）に換算した。なお，小型反射式光度計による測定は25 に設定した室内で行なった。

被膜肥料の野外気象条件下における溶出は，一定条件下で設計されている通常の溶出パターンと異なることが報告されている（古屋，1995）。そこで，サツマに配合された被膜肥料のLP100とLPSS100を化学合成繊維のメッシュパック（約5×5cm）に2.5gずつ入れた試料をそれぞれ18個ずつ作成し，これを2004年10月6日にT竹林の地表と地中10cmの深さに設置した。地表に設置した試料は見えない程度に落



* サツマは2004年10月6日、2005年5月23日に施肥し、BB40は2004年10月6日、2005年2月14日、2005年5月23日に施肥した。

図 1 H竹林の慣行肥培管理における土壤中の無機態窒素量の推移



* サツマは2004年10月6日、2005年5月23日に施肥し、BB40は2004年10月6日、2005年2月14日、2005年5月23日に施肥した。

図 2 T竹林の慣行肥培管理における土壤中の無機態窒素量の推移

葉で被覆した。その後ほぼ1ヶ月毎に各被膜肥料の試料を2個ずつ回収して窒素成分の溶出量をPDAB発色による吸光度法で測定するとともに、T竹林の地温を2005年3月～2006年2月までの一年間測定した。なお、溶出試験の試料の調製と分析、地温の測定はチッソ旭肥料株式会社が実施した。

2. 結果と考察

H竹林における土壤中の無機態窒素量の推移を図1に示す。0-10cm層において、BB40では施肥翌月の11月と3月に17.3-18.9mg/100g乾土、6月にはそのおよそ半分の9.4mg/100g乾土まで無機態窒素量が増加したが、その2,3ヶ月後の1月と5月、9月には施肥前とほぼ同レベルまで減少した。サツマでも秋肥

後の11月には12.6mg/100g乾土まで増加したが、BB40ほど増加せず、1月～5月までは2.1-3.5mg/100g乾土と低レベルのまま推移した。しかしながら、夏肥後の6月にはBB40とほぼ同じ9.6mg/100g乾土まで増加し、その後もBB40と同様に推移した。一方、10-20cm層では無機態窒素量の変動幅が0-10cm層より小さく、BB40では秋肥後12月までの2ヶ月間増加し、2月の追肥後は0-10cm層とは対照的に5月まで微増し続けた。サツマでは秋肥後も無機態窒素量があまり上昇せず、1月までの3ヶ月間は3.8-5.3 mg/100g乾土の低レベルで推移し、その後5月までは2.0-2.9mg/100g乾土とさらに低レベルで推移した。しかしながら、夏肥後の6月はBB40とほぼ同じ7.8 mg/100g乾土まで増加し、その後は0-10cm層と同様

にBB40とほぼ同じレベルで推移した。

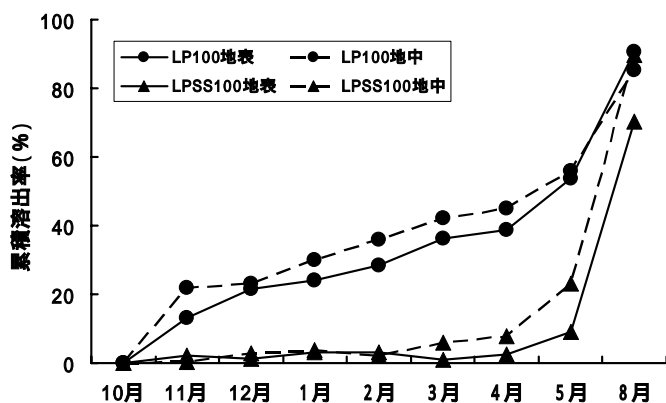
T竹林における無機態窒素量の推移を図2に示す。0-10cm層において、BB40では施肥翌月の11月と3月に無機態窒素量が11.3-16.3mg/100g乾土まで増加したが、2ヶ月後の1月と5月にはH竹林と同様、施肥前と同レベルまで減少した。サツマでは秋肥後の11月は4.6mg/乾土までしか増加しなかったが、夏肥後7月までの2ヶ月間は5.2-6.6mg/乾土と、BB40(2.5-4.3mg/乾土)よりも高い値で推移したものの、H竹林と比較すると2月の異常値を除き、年間を通して低レベルで推移した。一方、10-20cm層ではH竹林と同様、0-10cm層よりも無機態窒素量は低レベルで推移したが、BB40では秋肥後の11月～1月までの3ヶ月間はその減少幅が0-10cm層よりも緩やかで、追肥後は0-10cm層より1ヶ月遅れの4月に無機態窒素量が急増した。サツマでは秋肥後も0-10cm層と同様に無機態窒素量はほとんど増加しなかったが、夏肥後の6月には6.5mg/乾土まで増加し、7月までは0-10cm層と同様、サツマがBB40より若干高い値を示した。なお、T竹林の0-10cm層において、2月にサツマの無機態窒素量が急増しているが、これは竹林所有者が2月の土壤採取日前に誤ってサツマ施肥区に硫酸を追肥したことが原因であった。しかしながら、3月には無機態窒素量が激減し、さらに5月の施肥直前には0-10cm層、10-20cm層ともにBB40とほぼ同じ値にまで減少したことから、夏肥以降の分析結果に硫酸の影響はほとんどなかったものと判断した。

サツマに配合された被膜肥料(LP100とLPSS100)の累積溶出率を図3に示す。LP100については、地表と地中ともに累積溶出率が5月まで緩やかに増加したが、その増加幅は少なく、12月までに21.7-23.0%、3月までに36.4-42.1%しか溶出しなかった。一方、LPSS100は3月までに0.8-6.0%しか溶出せず、4月以降にようやく溶出し始めたが、それでも5月の累積溶出率は9.0-23.2%であった。図4はLP100とLPSS100の溶出結果を基に算出した、サツマに配合されたLP100とLPSS100を一つの被膜肥料とした場合の累積溶出率であるが、これでも12月までに11.6-12.9%、3月までに18.6-24.1%しか溶出していなかった。竹

林における平均地温の推移を図5に示す。被膜肥料の溶出期間は25℃の条件下で設計されているが、竹林内の平均地温が20℃を超えた期間は6月上旬～10月上旬までであり、10月上旬以降、平均地温は低下し続け、1月上旬に最低平均地温の4.9℃を記録、その後平均地温は上昇したものの、図3に示すようにLPSS100が溶出し始める4月までは15℃以下であった。このことから、LP100とLPSS100は秋肥後、地温低下の影響で溶出が著しく遅れ、理論上100日で80%溶出するものが、実際は約6ヶ月を経過した4月においても20.6-26.5%しか溶出しなかったものと考えられた。

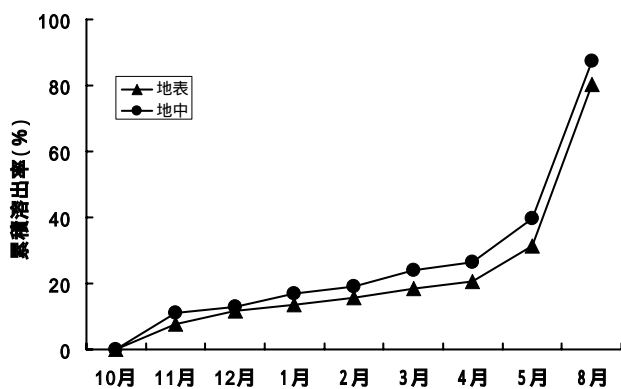
両竹林における土壤中の無機態窒素量の推移と被膜肥料の溶出試験結果をもとに、慣行肥培管理における窒素肥効について考察すると、速効性肥料のBB40では10月の秋肥、2月の追肥、5月の夏肥ともに施肥後の窒素肥効は顕著に表れ、その期間はおよそ2ヶ月であった。緩効性肥料のサツマについては、秋肥、夏肥ともに窒素肥効はBB40と同様、およそ2ヶ月であったが、秋肥の窒素肥効はBB40より明らかに劣った。これは被膜肥料のLP100とLPSS100が12月までに1割程度しか溶出せず、BB40の6割しか配合されていない速効性の窒素成分だけで12月までの窒素肥効を補ったためと推察された。また、冬期における窒素肥料の追肥は早掘りタケノコの収量増大に効果的であるが(森田・濱田, 1983)、サツマを秋肥で使用した場合、追肥の役目を担うはずの被膜肥料が12月以降ほとんど溶出せず、早掘り期間中の窒素肥効がほとんど期待できないことから、12月～3月に速効性肥料を追肥しなければならないことがわかった。なお、被膜肥料が土壤表面に露出している場合、局部的に乾燥し溶出が大幅に遅れる場合があることから(越野・小林, 2003)、サツマを土壌と混和して窒素肥効を高める方法も考えられるが、図3,4に示すとおり地表と地中の被膜肥料の累積溶出率にほとんど差がみられなかったことから、土壌混和だけで秋肥におけるサツマの窒素肥効を高めることはできないものと判断した。

夏肥について、BB40は秋肥や春期の追肥よりも施肥後の窒素肥効の発現が劣る傾向にあったが、サ



試料設置日：2004年10月6日

図3 被膜肥料 (LP100, LPSS100) の累積溶出率



試料設置日：2004年10月6日

図4 サツマに配合された被膜肥料 (LP100+LPSS100) としての累積溶出率

ツマは両竹林とも秋肥よりも明確かつBB40と同程度の窒素肥効を示した。古屋(1995)によれば、夏肥は硝酸化成速度が早く、施用された窒素が一度に下層に移行するという。このことから、夏肥ではBB40の窒素成分は施肥後すぐに硝酸態窒素となり、土壤に吸着されない硝酸態窒素はそのまま梅雨時期の降雨によって流亡するが、サツマに配合された被膜肥料の窒素成分は降雨によって一度に溶出、流亡することはなく、地温によってのみ溶出が規制され、しかも地温の上昇に伴って秋肥よりも理想的な溶出パターンに近づいたため、両者の窒素肥効が同程度となったものと考えられた。なお、T竹林で誤って施用した硫酸については、その施肥量は不明であるが、土壤中の無機態窒素量の推移から、窒素肥効はおよそ1ヶ月と推察された。

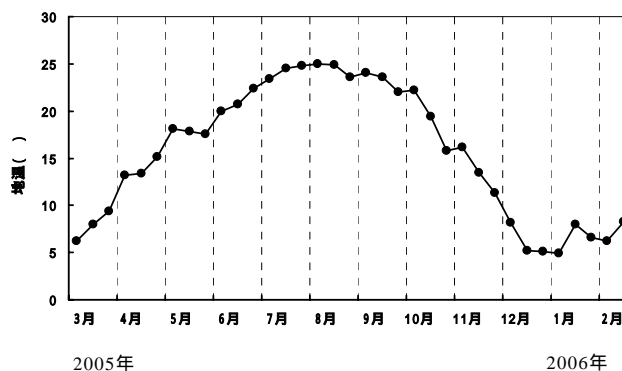


図5 竹林内における平均地温の推移

慣行肥培管理の問題点として、BB40では夏肥における窒素成分の早期流亡、サツマでは秋肥における窒素肥効の低下、特に1月～3月までの早掘り期間中における窒素肥効の低下が挙げられた。これらの問題はBB40では夏肥の分施で、サツマでは1月～3月における速効性肥料の追肥で対応可能と考えられるが、タケノコ栽培における生産者の高齢化が進む中、労力的負担の増加する方向での技術改良は現実的でないことから、現在使用されている緩効性肥料のサツマを改良することで、秋肥あるいは夏肥における肥効の改善と施肥の省力化を図ることとした。

秋肥における肥効改善試験

1. 2005年秋肥

(1) 試験地と方法

慣行肥培管理試験の秋肥において、サツマは12月～3月の早掘り期間中における窒素肥効が期待できなかったことから、サツマに配合された被膜肥料を溶出期間の短いタイプに変更することで、早掘り期間中における窒素肥効の改善を試みた。

2005年秋肥では、サツマに配合されたLP100とLPSS100をリニア型のLP30やLP40, LP50, シグモイド型のLPS40やLPS60に変更した緩効性肥料を表3のとおり4種類調製して試験に供した。新しく調製した緩効性肥料は、被膜肥料の種類を変更したこと以外はサツマと同じ成分である。試験地は慣行肥培管理試験と同じH竹林とT竹林とし、各竹林に施肥

区(15×15m)を新たに1個加えた各竹林3個の施肥区で試験を行なった。2005年10月19日、各施肥区に供試肥料を60kg/10aずつ施肥し、その後毎月土壌を採取して土壌中の無機態窒素量を分析した。また、各被膜肥料(LP30, LP40, LP50, LP100, LPS40, LPS60)の竹林内における溶出パターンを調べるため、2005年10月19日に各被膜肥料の試料をT竹林に設置後、毎月2個ずつ回収し、窒素成分の溶出量をPDAB発色による吸光度法で測定した。施肥区における施肥方法や土壌の採取・分析方法、被膜肥料溶出試験における試料の調製や分析方法については慣行肥培管理試験と同様であるが、慣行肥培管理試験では地表と地中に設置した被膜肥料の累積溶出率にほとんど差がなかったことから、被膜肥料の設置は地表のみとした。

(2) 結果と考察

H竹林における土壌中の無機態窒素量の推移を図6に示す。0-10cm層において、サツマ40S40は施肥翌月の11月に無機態窒素量が13.0mg/100g乾土まで増加したが、12月には2.1mg/100g乾土まで低下し、1月には4.3mg/100g乾土までやや増加したものの、2月～3月は1.4mg/100g乾土と低レベルのまま推移した。サツマ30S40は11月に無機態窒素量が22.5mg/100g乾土まで急増し、12月に2.0mg/100g乾土まで急低下するなど、図1のBB40に似た推移を示したが、12月以降は低レベルのまま推移した。サツマは施肥後12月までサツマ40S40とほぼ同じ値で推移したが、1月はサツマ40S40のように増加する傾向はみられず、そのまま3月まで低レベルで推移した。10-20cm層では、全体的に0-10cm層の変動がより低いレベルで表れる傾向にあったが、1月におけるサツマ40S40の値が施肥翌月の11月より高かったことが0-10cm層と大きく異なった。

T竹林における土壌中の無機態窒素量の推移を図7に示す。0-10cm層において、施肥翌月の11月における無機態窒素量はサツマが10.6mg/100g乾土と最も高く、次にサツマ40S40、サツマ50S60の順であったが、12月以降はいずれも1.2-2.6mg/100g乾土と低レベルで推移した。10-20cm層ではサツマ40S40の無機態窒素量が12月に4.2mg/100g乾土まで上昇した

表3 2005年秋肥の施肥試験内容

試験竹林		供試肥料の窒素成分含量(%)			施肥量 (kg/10a)	施肥日
H竹林	T竹林	速効成分	緩効成分 (被膜肥料名)			
	サツマ30S40	12	(LP30) 4	(LPS40) 4	20	2005年 10月19日
	サツマ40S40	12	(LP40) 4	(LPS40) 4	20	
	サツマ	12	(LP100) 4	(LPSS100) 4	20	
	サツマ50S60	12	(LP50) 4	(LPS60) 4	20	

注) N, P, Kの保証成分量(%)はいずれの肥料も20:10:10である。

が、これを上限値として、全体的に低レベルで推移した。

各被膜肥料の累積溶出率を図8に示す。リニア型のLP30やLP40, LP50は12月までに51.3-68.1%溶出し、溶出期間の短いタイプのものほど累積溶出率が高かった。その後2月までの2ヶ月間でLP30は6.9%, LP50は6.3%しか溶出しなかったが、LP40は15.3%と他のリニア型よりも溶出する傾向にあった。このことは、H竹林やT竹林の12月と1月におけるサツマ40S40の無機態窒素量が他の肥料よりもやや高い値を示したことと密接に関係しているものと考えられた。LP100は12月までの累積溶出率が23.8%と、図3とほぼ同じ値を示したが、今回供試した同じリニア型のLP30やLP40, LP50の累積溶出率に比べるとその半分にも達せず、12月以降もほとんど増加しなかった。一方、シグモイド型のLPS40とLPS60は12月までに1.3-5.2%しか溶出せず、2月になっても3.5-8.4%の累積溶出率であった。同様な現象が図3のLPSS100でもみられたが、竹林内における平均地温の推移(図5)と照らし合わせて考察すると、10月19日に設置したシグモイド型被膜肥料の溶出抑制期間が切れる11月下旬の平均地温は約11度であり、これは図3のLPSS100が溶出し始めた4月下旬頃の平均地温である15度前後を下回っている。このことから、シグモイド型のLPS40やLPS60は溶出抑制期間が過ぎても低温の影響でそのまま溶出が抑制され続けたものと考えられた。

図8の結果を基に算出した、供試肥料に配合された被膜肥料としての累積溶出率を図9に示す。最もよく溶出したサツマ30S40でさえ12月までに36.7%、

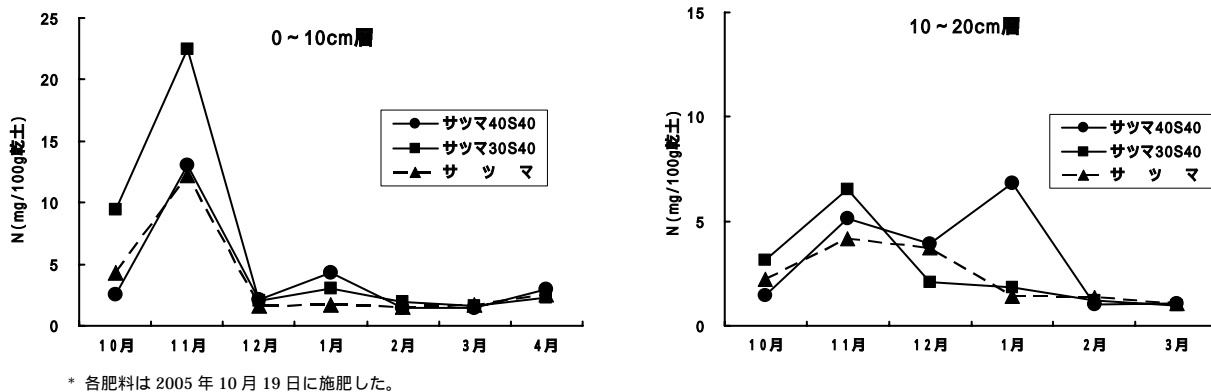


図 6 H竹林の2005年秋肥における土壌中の無機態窒素量の推移

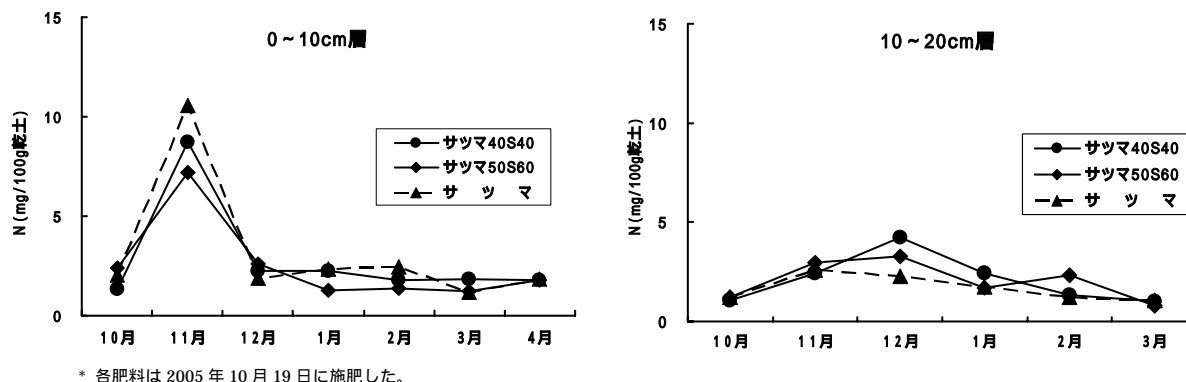


図 7 T竹林の2005年秋肥における土壌中の無機態窒素量の推移

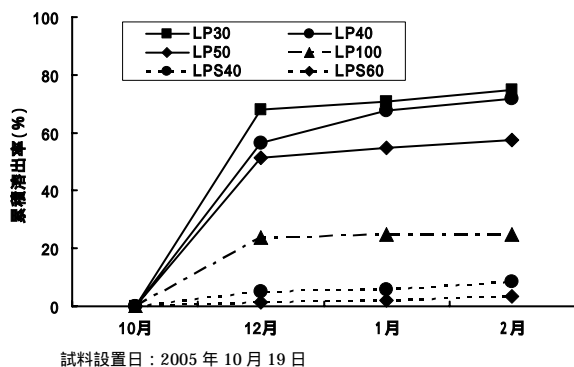


図 8 2005年秋肥における各被膜肥料の累積溶出率

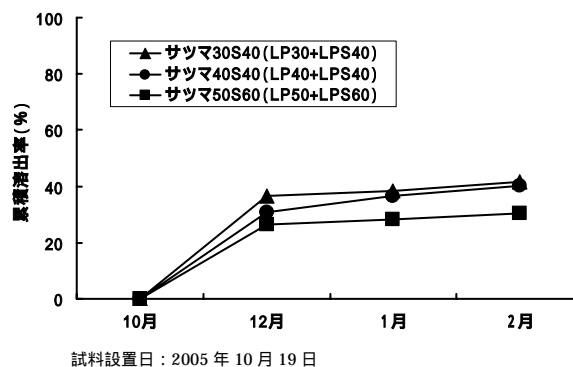


図 9 2005年秋肥の供試肥料に配合された被膜肥料の累積溶出率

2月までに41.7%しか溶出していない結果となった。このことは、リニア型とシグモイド型と一緒に配合することで被膜肥料全体の溶出率が低下することを示しており、これが図6,7におけるサツマとサツマ40S40, サツマ30S40, サツマ50S60との間で明確

な差が出なかった一つの要因とも考えられた。

2. 2006年秋肥

(1) 試験地と方法

慣行肥培管理試験と2005年秋肥試験では施肥を

10月に実施したが、溶出期間の短い被膜肥料を使用してもシグモイド型は施肥直後からほとんど溶出せず、リニア型も12月以降ほとんど溶出しなくなることで、9月には既に地下茎の伸長がピークを迎えつつある(上田, 1963; 重森, 1999)ことなどから考慮して、2006年秋肥では施肥を1ヶ月早い9月に設定して試験を行なった。

緩効性肥料に配合する被膜肥料としては、2005年秋肥で12月以降も若干溶出する傾向がみられたLP40と、施肥を1ヶ月早い9月に設定したことを考慮してLP50の2種類を選定した。供試肥料の窒素成分内訳と施肥内容を表4に示す。緩効性肥料は被膜肥料の配合割合を従来の8%から10%または12%に増やしたのも調製して試験に供したが、供試肥料の窒素成分以外の配合はサツマと同じである。試験はH竹林とT竹林に施肥区(15×15m)を新たに1個ずつ加えた4施肥区で行ない、従来の肥料であるサツマ及びBB40と比較した。2006年9月15日に60kg/10aずつ施肥し、BB40のみ追肥として1月23日に45kg/10a施肥した。LP40とLP50の溶出試験はH竹林で実施したが、秋肥では施肥時期の遅れが被膜肥料の溶出に大きな影響を与える恐れがあることから、溶出試験の試料は施肥当日の9月15日と、約1ヶ月遅れの10月26日に分けて設置した。施肥区における供試肥料の施肥方法や施肥後の土壤中無機態窒素量の調査方法及び分析、溶出試験における試料設置や分析方法は2005年秋肥と同様であるが、10-20cm層の土壌では無機態窒素量の値や変動幅が小さく、各肥料の肥効パターンを把握することが困難であったことから、今回は0-10cm層の土壌のみを分析対象とした。

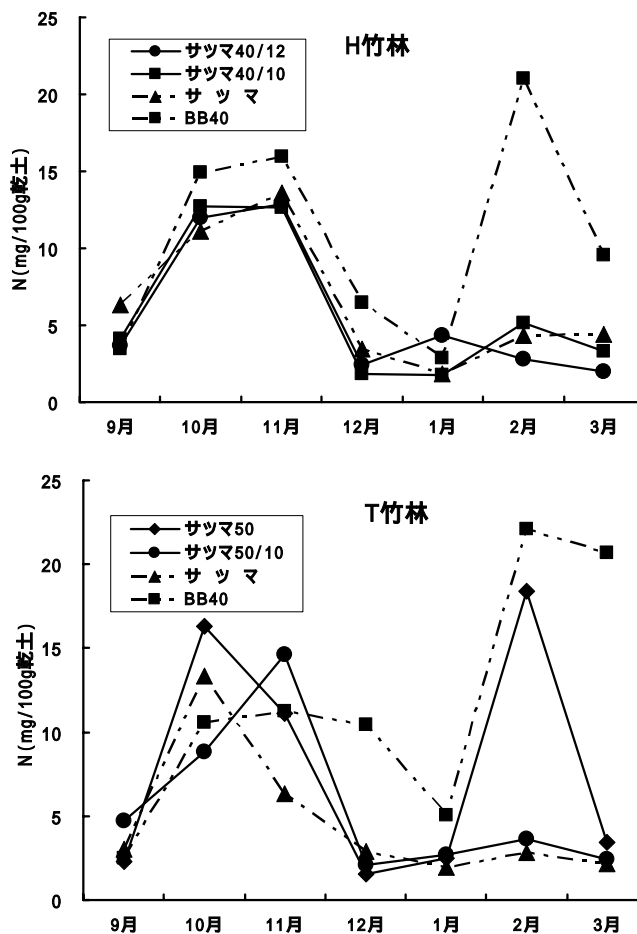
(2) 結果と考察

H竹林とT竹林における土壌中の無機態窒素量の推移を図10に示す。H竹林において、BB40は9月に施肥してから12月までの3ヶ月間、他の緩効性肥料よりも無機態窒素量が高い値で推移し、1月には2.8mg/100g乾土まで低下したが、追肥後の2月には21.0mg/100g乾土まで増加し、3月には9.6mg/100g乾土まで減少したものの、他の緩効性肥料の2倍～5倍近い値を示した。これまでの試験において、10

表 4 2006年秋肥の施肥試験内容

試験竹林		供試肥料の窒素成分含量(%)			施肥量(kg/10a)		
H竹林	T竹林	施肥区(供試肥料)	速効成分	緩効成分(被膜肥料名)	計	2006年9月15日	2007年1月23日
		サツマ40/12	8	(LP40)12	20	60	
		サツマ40/10	10	(LP40)10	20	60	
		サツマ	12	(LP100)4 (LPSS100)4	20	60	
		BB40	20		20	60	45
		サツマ50	12	(LP50)8	20	60	
		サツマ50/10	10	(LP50)10	20	60	

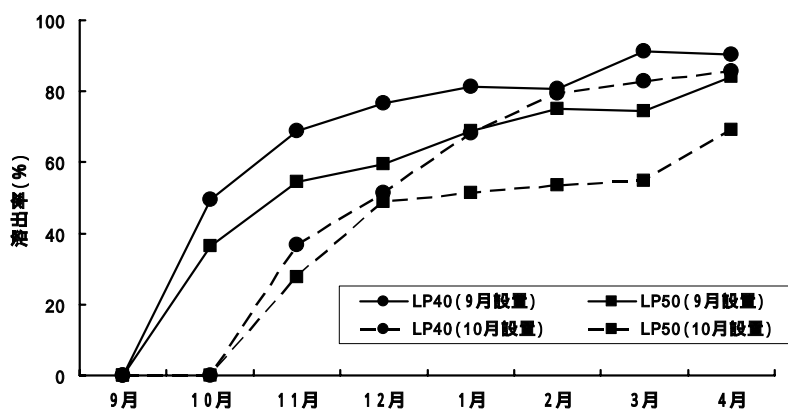
注) N, P, Kの保証成分量(%)はいずれの肥料も20:10:10である。



* BB40は2006年9月15日と翌年1月23日、その他は2006年9月15日のみ施肥した。

図 10 2006年秋肥における土壌中の無機態窒素量の推移

月に施肥した緩効性肥料は施肥後2ヶ月目の12月には無機態窒素量が施肥前に近い値まで低下したが、



試料設置日：2006年9月15日，10月26

図 11 2006年秋肥における各被膜肥料の累積溶出率

表 5 秋肥の施肥試験における施肥後2ヶ月間の降水量の比較

	2004年		2005年			2006年			
	施肥日	土壌採取日	施肥日	土壌採取日	施肥日	土壌採取日	土壌採取日		
	10月6日	11月9日	12月8日	10月19日	11月22日	12月19日	9月15日	10月27日	11月20日
期間降水量 (mm)	← 213 → ← 157 →		← 54 → ← 74 →	← 74 → ← 54 →					
平均日降水量 (mm/日)	← 5.9 →		← 2.1 →			← 1.9 →			

注) 降雨量は気象庁ホームページ (URL: <http://www.jma.go.jp/>) の出水観測地点におけるデータを使用した。

今回供試したサツマ40/12やサツマ40/10，サツマなどの緩効性肥料は，いずれも施肥後2ヶ月経過した11月の無機態窒素量が施肥翌月の10月と比べてほぼ同じかそれよりも高く，12.6-13.6mg/100g乾土と高い値を示し，施肥後3ヶ月目の12月になって1.8-3.4mg/100g乾土と施肥前に近い値まで低下した。しかしながら，12月以降はサツマ40/12やサツマ40/10，サツマでやや増加する傾向がみられたものの，これまでの試験結果と同じように低レベルで推移した。

T竹林では，BB40は施肥後10月～12月まで無機態窒素量が10.4～11.3mg/100g乾土と安定的に高いレベルで推移し，1月になって5.0mg/100g乾土まで減少するなど，窒素肥効はおよそ4ヶ月に及んだ。また，追肥後の2月～3月も20.7～22.1mg/100g乾土とさらに高いレベルで推移した。

一方，サツマ50とサツマは施肥翌月の10月に無機態窒素量がピークを示し，11月にはサツマは6.3mg/100g乾土まで低下したが，サツマ50は11.2mg/100g乾土とBB40とほぼ同じ値を示し，12月になって急激に低下した。サツマ50/10はサツマ50

やサツマより1ヶ月遅れの11月に無機態窒素量がピークを迎えたが，12月にはサツマ50やサツマと同じように2.1mg/100g乾土まで急激に低下し，12月以降はサツマと同じように低レベルで推移した。なお，サツマ50は2月に無機態窒素量が急上昇しているが，これは2月の土壌採取日前に竹林所有者が硫酸を誤って追肥したことによるものであった。

各被膜肥料の累積溶出率を図11に示す。9月設置では，12月までの累積溶出率はLP40で76.6%，LP50で59.5%，3月まではLP40で91.2%，LP50で74.5%であり，12月以降，両者の累積溶出率の差が開く傾向はなかった。一方，1ヶ月遅れの10月設置では，12月までの累積溶出率はLP40で51.3%，LP50で48.8%とあまり差がなかったが，3月になるとLP40で82.9%，LP50で54.9%と両者の差が大きく開く傾向にあった。

今回の秋肥では，BB40の窒素肥効はおよそ3～4ヶ月であったが，2004年の慣行肥培管理試験ではおおよそ2ヶ月であった。両試験期間における降水量を表5に示す。秋肥施肥日から12月の土壌採取日までの降水量を日平均降雨量に換算すると，2004年の

5.9mmに対して2006年は約1/3の1.9mmであった。このため、BB40の肥料成分が流亡しにくくなり、窒素肥効がおよそ3~4ヶ月と長くなったものと考えられるが、1979年~2000年までの22年間における出水地区の月平均降水量 (URL:http://www.jma.go.jp/) から算出した9月~12月までの日平均降水量は3.2mmであることから、秋施肥におけるBB40の窒素肥効はおよそ3ヶ月を目安にすればよいものと推察された。

一方、サツマなどの緩効性肥料の窒素肥効はおよそ3ヶ月であったが、2004年の慣行肥培管理試験及び2005年秋肥試験ではおよそ2ヶ月であった。今回、窒素肥効が1ヶ月延びたことについて、表5のとおり2005年と2006年との日平均降雨量を比較してもほとんど差がないことと、緩効性肥料の窒素成分の4割は被膜肥料であることなどから推察すると、BB40のように少雨によって窒素肥効が延びたとは考えにくい。図3,8が示すように、10月に施肥した被膜肥料は2ヶ月後の12月には溶出が極めて緩慢になるが、図11が示すように9月に施肥すれば12月までの3ヶ月間溶出しやすい状態が継続されることから、緩効性肥料を9月に施肥したことで、緩効性肥料に配合された被膜肥料からの窒素成分の溶出が12月までの3ヶ月間確保されるようになり、その結果として窒素肥効も3ヶ月間期待できるようになったものと推察された。

夏肥における肥効改善試験

1. 試験地と方法

慣行肥培管理試験では、サツマとBB40どちらも施肥翌月の6月に土壤中の無機態窒素量が増加したが、7月には施肥前とほぼ同レベルまで低下した。地下茎の伸長は7月頃に最初のピークを迎え、8月には一旦衰えて9月~10月頃に最大のピークを迎える (上田, 1963; 重森, 1999) ことから、夏肥では7月まで土壤中の無機態窒素量を高いレベルで維持し、8月になって肥効が落ちてから9月上旬の秋肥を迎えることが、効率的な肥培管理を図る上で重要と考えられる。そこで、夏肥における肥効改善試験と

表 6 2006年夏肥の施肥試験内容

試験竹林		供試肥料の窒素成分含量 (%)			施肥量 (kg/10a)		
H竹林	T竹林	施肥区 (供試肥料)	速効成分	緩効成分 (被膜肥料名)	計	2006年 5月16日	2006年 7月14日
		サツマ	12	(LP100) ₄ (LPSS100) ₄	20	60	
		サツマ70S60/10	10	(LP70) ₅ (LPS60) ₅	20	60	
		サツマ70	12	(LP70) ₈	20	60	
		サツマS60	12	(LPS60) ₈	20	60	
		サツマ100S60	12	(LP100) ₄ (LPS60) ₄	20	60	
		サツマ100	12	(LP100) ₈	20	60	
		BB40	20		20	22.5	22.5

注) N, P, Kの保証成分量 (%) はいずれの肥料も20 : 10 : 10である。

して、7月までの窒素肥効を改善するための被膜肥料を検索するとともに、BB40は梅雨による窒素成分の早期流亡が懸念されたことから、分施による窒素肥効の維持を確認することとした。

施肥を5月上旬に設定した場合、8月上旬までに約90日経過することになるが、図5が示すように5月における平均地温は20℃を下回り、6月になっても25

に達しないことから、被膜肥料の溶出速度は理論値よりもやや遅くなることが考えられる。よって、被膜肥料はLP100とLP70, LPS60を選定し、これらを単独あるいは組み合わせた緩効性肥料を表6のとおり調製してサツマやBB40とともに試験に供した。被膜肥料の配合割合はサツマ70S60/10のみ10%、他は従来どおり8%とし、窒素以外の成分はサツマと同じ配合とした。試験は2006年秋肥試験と同様、H竹林、T竹林の4施肥区とし、緩効性肥料は2006年5月16日に慣行どおり60kg/10a施用し、BB40は慣行施肥量の45kg/10aを5月16日と7月14日の2回に分けて22.5kg/10aずつ分施した。各被膜肥料の溶出試験はH竹林で実施したが、試料設置は施肥区における施肥日より半月程遅れの2006年6月2日となった。なお、供試肥料の施肥方法や施肥後の土壤中無機態窒素量の調査方法及び分析、溶出試験における試料調製や調査・分析方法は2006年秋肥と同様である。

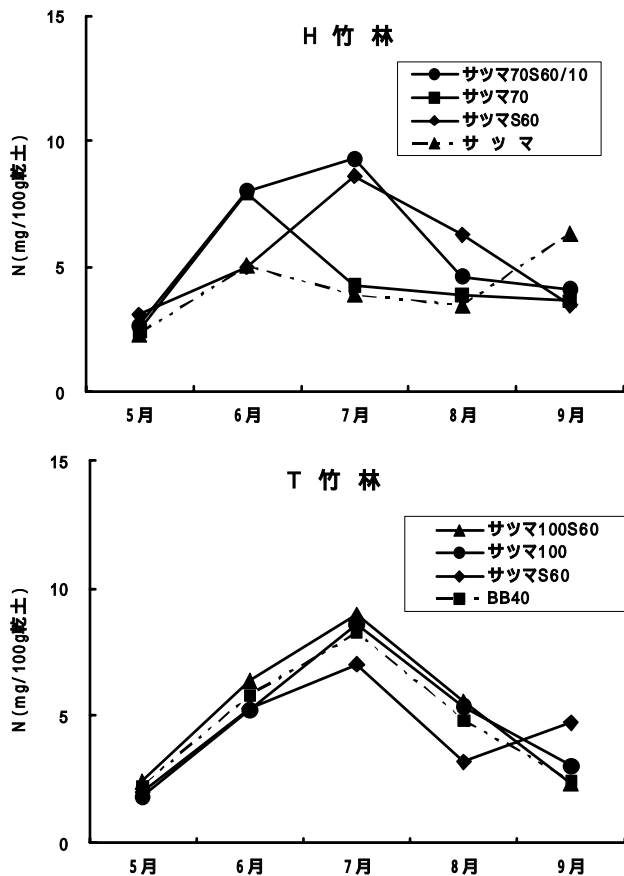
2. 結果と考察

土壤中の無機態窒素量の推移を図12に示す。H竹林ではサツマは6月にやや無機態窒素量が増加した

ものの、8月まで3.4-5.0mg/100g乾土の低レベルで推移し、秋肥直前の9月になって6.3mg/100g乾土まで若干増加した。一方、サツマ70S60/10やサツマS60は施肥後2ヶ月目の7月に無機態窒素量が8.6-9.3mg/100g乾土でピークを示し、その後9月まで漸次減少したが、サツマ70S60/10は6月~7月の前半で、サツマS60は7月~8月の後半で高い値を示す傾向にあった。また、サツマ70は施肥翌月の6月に7.9mg/100g乾土でピークを示したが、7月には施肥前とほぼ同じ値まで低下した。

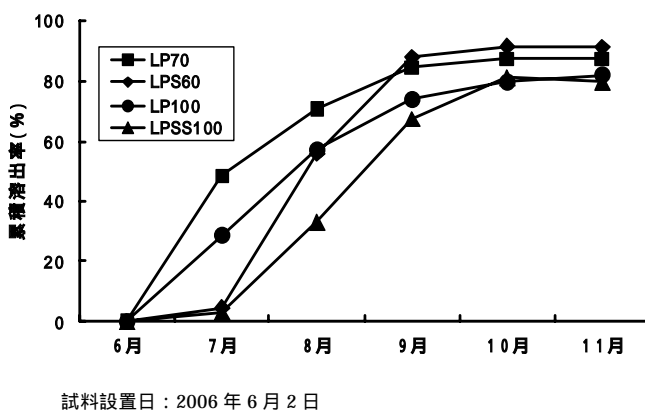
T竹林ではいずれの供試肥料も7月に無機態窒素量が7.0-9.0mg/100g乾土でピークとなり、サツマ100S60とサツマ100は5月~9月にかけてBB40の2回施肥とほぼ同様の値を示したが、サツマS60は7月~8月で他の供試肥料よりも無機態窒素量が低く、秋肥直前の9月に増加傾向を示した。また、BB40は5月と7月に分施したにもかかわらず、8月の無機態窒素量は6月や7月よりも低下し、他の3種類の緩効性肥料よりも低い値を示した。これについては、7月14日に分施した直後の7月20日~22日にかけて、出水地区を襲った豪雨が3日間で493mmという記録的な降雨をもたらしたため、これによってBB40の窒素成分が流亡したものと考えられた。

各被膜肥料の累積溶出率を図13に示す。リニア型のLP70は6月に設置してから2ヶ月後の8月には70.6%、3ヶ月後の9月には84.3%溶出し、LP100は設置後3ヶ月後に74.1%、4ヶ月後に79.5%溶出するなど、理論値よりも約1ヶ月遅れで溶出する傾向にあった。シグモイド型の被膜肥料については、秋肥の試験では溶出抑制期間である30日あるいは45日を過ぎてもほとんど溶出しなかったが、今回の夏肥で配合したLPS60やLPSS100の溶出は設置後1ヶ月目の7月までほぼ理論どおり抑えられ、その後急速に溶出し始めてLPS60は2ヶ月後に55.8%、3ヶ月後に87.7%溶出し、LPSS100は3ヶ月後に67.4%、4ヶ月後に80.8%溶出するなど、リニア型と同様、理論値よりも約1ヶ月遅れで溶出する傾向にあった。溶出試験は施肥試験より約半月遅れで実施したため、両者の試験結果を単純に重ねることはできないが、LPS60やLPSS100の累積溶出率が設置後2~3ヶ月目に急上



* BB40は2006年5月16日と7月14日、その他は2006年5月16日のみ施肥した。

図12 2006年夏肥における土壌中の無機態窒素量の推移



試料設置日：2006年6月2日

図13 2006年夏肥試験における各被膜肥料の累積溶出率

昇したことは、図12のH竹林におけるサツマS60の7月～8月、サツマの9月、T竹林におけるサツマS60の9月の無機態窒素量が増加したと関連しているものと考えられた。また、栽培竹林の現場では夏肥を6月に行なう生産者をよく見かけるが、図13が示すようにサツマを6月に施肥した場合は、サツマに配合されたLP100とLPSS100が地下茎の成長が一旦衰退する8月頃から秋肥の時期である9月頃に最もよく溶出することになる。このため、夏肥でサツマを6月に施肥した場合、秋肥までの効果的な窒素肥効は期待できないものと推察された。

地下茎の伸長は6月頃から始まり、7月にピークを迎え、8月には一旦衰退する(上田, 1963; 重森, 1999)ことから、夏肥で使用する肥料はこの地下茎の伸長パターンと窒素肥効が一致するものを選択すべきと考えられるが、図12の試験結果ではH竹林で使用したサツマ70S60/10が最もよく地下茎の伸長パターンと一致しているものと判断できるとともに、両竹林共通の供試肥料であるサツマS60を基準に、速効性肥料のBB40の2回施肥の窒素肥効と比較しても、サツマ70S60/10の方が優れていたものと推察された。このことは、図13に示すように被膜肥料を設置してから3ヶ月目に当たる9月の累積溶出率がLPS60, LP70の順で高く、この2種類を組み合わせた場合、その溶出パターンから推察すると、5月に施肥してから1ヶ月後の6月まではリニア型のLP70を中心に、2ヶ月後の7月からはシグモイド型のLPS60を中心に溶出するものと推定できる。しかしながら、今回の溶出試験は施肥日より半月遅れの6月上旬に実施したことから、5月上旬の施肥時期に合わせた溶出試験を実施してその溶出パターンを再確認する必要がある。また、サツマ70S60/10は被膜肥料の配合割合が従来のもより2%高くなっており、市販化に際しては被膜肥料を増量した分だけ販売価格も高くなり、これが生産者への普及を妨げる要因になりかねないことから、配合割合を従来の8%で調整した緩効性肥料との比較試験も行なう必要がある。

施肥基準の再検討

1. 試験地と方法

年間施肥量を再検討するため、2004年12月2日に出水市のタケノコ栽培竹林で梢端の折損していない3年生以上の親竹を2本伐竹し、2005年12月12,14日に蒲生町の竹林においても同様の親竹を13本伐竹した後、胸高直径、稈長、枝下高を測定するとともに、稈部と枝条部(葉を除く)の生重量を電子天秤(最小目盛り5g)で測定した。また、伐竹日ごとに地際から2m上部の稈1節と枝下から2m上部の稈1節、葉群中央の2m範囲内にある枝(葉を除く)をサンプルとして生重量と乾燥重量(80℃168hr)を測定して乾燥比率(乾燥重量/生重量)を算出した。この乾燥比率を用いて伐倒した親竹15本の乾燥重量を算出した。

2. 結果と考察

親竹の胸高直径と乾燥重量との関係を図14に示す。親竹の胸高直径をD(cm)、葉を除いた親竹の乾燥重量をW(kg)とすると、

$$W = 0.0842D^{2.1955} \quad (R^2 = 0.929) \quad \dots \quad (1)$$

という関係式を得られた。表1の3箇所の竹林の毎竹調査(n=368)から親竹の平均胸高直径を算出したところ、11.6cmとなった。これを式(1)に代入して得られた親竹の平均乾燥重量は18.3kgであり、現行の施肥基準を定める際に使用した乾燥重量よりも

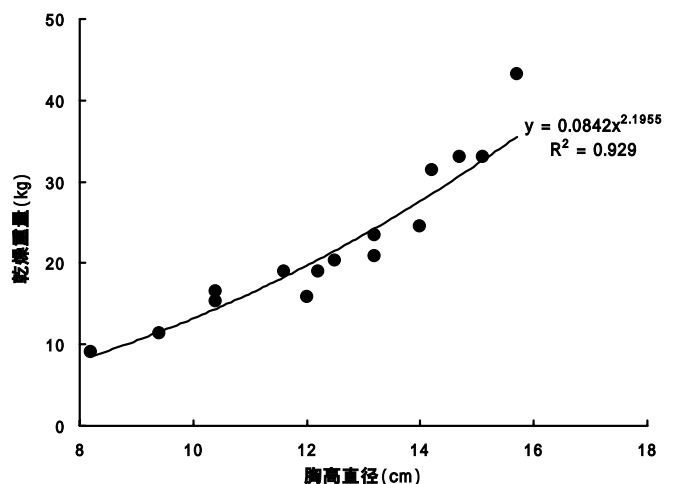


図 14 親竹の胸高直径と乾燥重量との関係

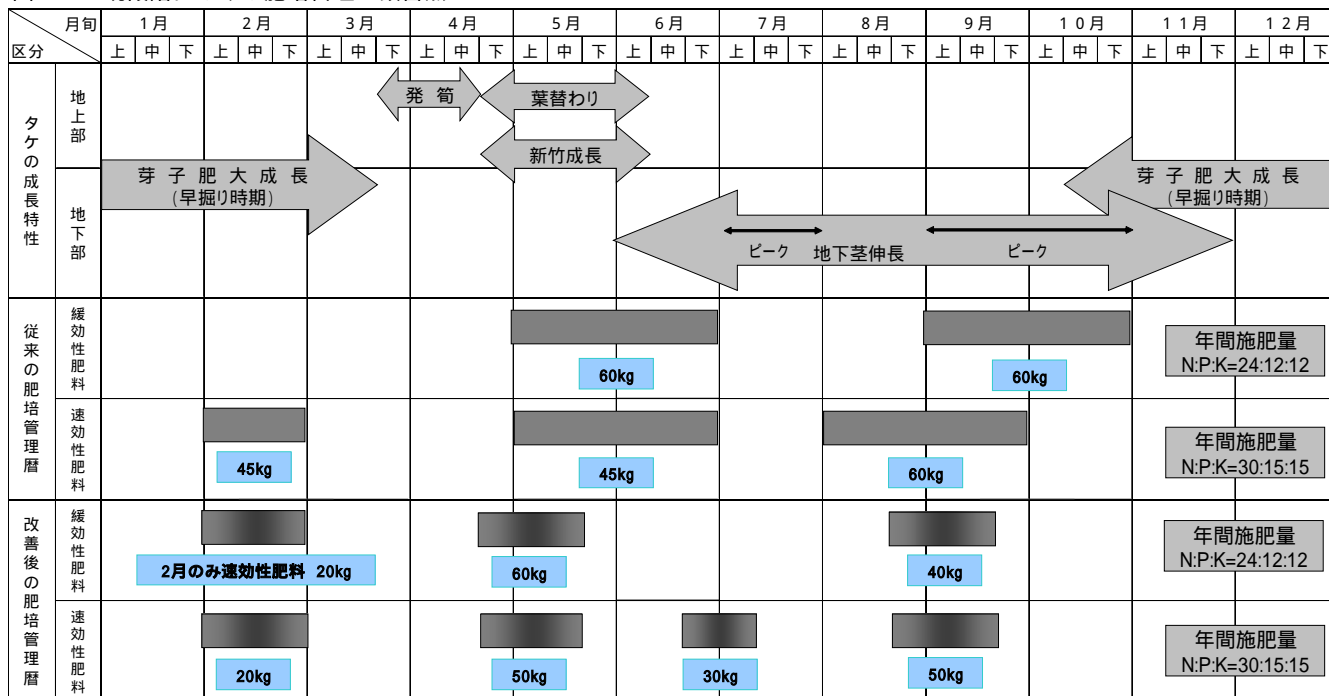
表 7 収穫目標別の施肥基準 (kg/10a)

収穫目標	窒素	リン酸	カリ
1,000	29	15	18
1,250	36	18	23
1,500	44	22	28

表 8 収穫目標1,000kg/10aに対する各県の施肥基準 (kg/10a)

県名	窒素	リン酸	カリ	施肥回数	備考
鹿児島	20.3	9.0	12.8	3	鹿児島県林務水産部 (2006)
茨城	20	10	12	3	茨城県きのご特産技術センター (1996)
静岡	20.3	9.0	12.8	4	静岡県農地森林部 (1980)
徳島	20	8	10	5	徳島県立農業試験場 (1998)
福岡	20	10	12	5	野中 (2003)
大分	20.0	11.4	17.3	3	大分県林業水産部林業振興課 (1980)
熊本	22~26	10~11	14~16	3	熊本県林業研究指導所 (1997)
宮崎	16.8	7.2	9.6	5	宮崎県林務部 (2003)

図 15 現段階における肥培管理の改善点



注1) 従来の肥培管理層は、2005年現在における出水地区の肥培管理層である。
 注2) 施肥量は、緩効性肥料ではニューさつまたけのこ、速効性肥料ではたけのこBB40号あるいは森林肥料を使用した場合の数量であり、いずれの肥料もN:P:K=20:10:10である。

2.3kg重い値となった。本県のタケノコ生産竹林の一般的な親竹密度は300本/10aであることから、毎年60本/10aの親竹を伐竹、搬出することになるが、今回得られた平均乾燥重量と毎年の収奪本数(60本/10a)を用いてタケノコの収穫目標別年間施肥量を上田(1963)に準じて算出したところ、表7のとおりとなった。表8はタケノコ収穫目標1,000kg/10aに対する各県の施肥基準を示したものである。いずれの県も上田(1963)を参考に施肥基準を定めているため、ほぼ同様な年間施肥量となっているが、再

計算によって得られた表7の年間窒素施肥量は、表8の本県や各県の年間窒素施肥量の約1.4倍であった。本県における優良早掘りタケノコ生産者への聞き取り調査では、年間施肥窒素量は30~35kg/10aであり、年間収穫量はいずれの生産者も1,000kg/10a未満であった。これらのことから、年間収穫目標を1,250kg/10aとしている現行の施肥基準について、収量目標を1,000kg/10aとし、これに対する年間施肥量を表7のとおりN:P:K=29:15:18(kg/10a)に変更することを提案したい。

県内の主要なタケノコ生産組合では、県の施肥基準を参考にそれぞれ独自の肥培管理暦を作成して生産技術の向上とタケノコの増産を図っている。今回得られた調査結果を基に暫定的ではあるが、図15のとおり肥培管理暦を作成することで、慣行肥培管理における問題点と改善策について整理した。従来、緩効性肥料による夏肥は5月～6月の2ヶ月間を施肥時期としていたが、現在市販されているサツマは5月上旬頃に施肥しなければ9月の秋肥までに被膜肥料の窒素成分が十分溶出しないことと、夏肥にはタケノコ生産で消耗したタケの体力を早期に回復させるとともに、5月の葉替わりや新竹の成長を助ける目的もあることなどから、5月上旬を施肥適期とした前後1ヶ月間に施肥時期を縮めた。速効性肥料による夏肥についても、従来5月～6月に施肥するように設定されていたが、梅雨で肥料成分が流亡しやすいことから、地下茎伸長のピークに合わせて5月上旬頃と7月上旬頃に分施するようにした。なお、夏肥についてはLP70とLPS60配合の緩効性肥料が現在市販されているサツマやBB40よりも窒素肥効が優る傾向にあったことから、将来的にはこの配合の緩効性肥料による1回施肥に統一したいと考えている。

秋肥についても、従来は9月～10月までの2ヶ月間を施肥時期としていたが、緩効性肥料は窒素肥効の期待できる期間が12月までであることと、地下茎の伸長は9月～10月頃がピークであることなどから、9月上旬を適期とした前後1ヶ月間を施肥時期とした。また、緩効性肥料による秋肥の場合、早掘りタケノコの収量増大を図るには12月以降に追肥をする必要があることと、早掘りタケノコの約9割が2月～3月に収穫されることなどから、速効性肥料による追肥を2月に設定した。年間施肥量については、今回得られた施肥基準であるN:P:K=29:15:18 (kg/10a) に準じ、速効性肥料を使用した場合をN:P:K=30:15:15 (kg/10a) とした。一方、被膜肥料を使うと肥料成分の損失が最小となり、施肥効率が高くなって施肥量を削減できることが各地で実証されており(越野・小林, 2003)、その際の窒素施肥量は慣行の1割から2割減肥することが一般的で

あることから、緩効性肥料を使用した場合は2割減のN:P:K=24:12:12 (kg/10a) としたが、これらの施肥量は県の施肥基準よりも施肥量を多く設定していた出水地区の慣行肥培管理施肥量と同じであった。なお、今回提示した肥培管理暦の施肥時期や施肥量については、生産現場におけるデータをフィードバックさせながら今後も検討を重ねていく予定である。

今回の試験で、従来の肥培管理では緩効性肥料の本来の目的である肥効の向上と省力化、減肥が十分に達成できていない状況であったが、施肥時期や被膜肥料の配合を見直すことで、これらの問題を少なからず改善することができると考えられ、今後はさらに緩効性肥料の改良による窒素肥効向上と生産量増大を確認した上で、新たな緩効性肥料を主体とした肥培管理による施肥の省力化と早掘りタケノコの生産量増大を実現したいと考えている。また、12月以降の追肥については、硫酸等を連年使用することで土壌が酸性化し、これによってタケノコの皮に黒シミが発生し、生産量も減少することを指摘する生産者もいることから、追肥の時期や肥料の種類、施肥量等が早掘りタケノコの収量や品質に与える影響についても検討する必要がある。

謝 辞

試験地設定にご協力いただいた出水農林水産事務所、土壌及び試料の採取と地温測定、施肥にご協力いただいたJA鹿児島いずみ、供試肥料を調製してくださった鹿児島経済連、溶出試験の試料調製と分析をしていただいたチッソ旭肥料株式会社に深謝する。

摘 要

タケノコ栽培における慣行肥培管理の問題点を明らかにした上で、本県の早掘りタケノコ栽培に適した被膜肥料を検索するとともに、施肥時期や施肥方法の改善策を検討した。また、親竹管理の実態に即して本県の施肥基準を見直した。

1. 速効性肥料のBB40については、秋肥、追肥、夏肥ともに施肥後の窒素肥効は顕著に現れ、その期間はおよそ2~3ヶ月と考えられた。
2. 緩効性肥料であるサツマについては、秋肥及び夏肥の窒素肥効はおよそ2ヶ月であり、秋肥における窒素肥効はBB40より明らかに劣った。
3. サツマに配合された被膜肥料を溶出期間の短いニア型に変更しても、12月~3月までの窒素肥効を改善することはできなかった。
4. 秋肥で緩効性肥料を使用した場合、12月~3月までの窒素肥効はほとんど期待できないため、追肥が必要であることがわかった。
5. 10月に実施していた緩効性肥料による秋肥を9月に早めたことで、窒素肥効が9月~12月までの3ヶ月間期待できるようになった。
6. 夏肥では、被膜肥料のLP70とLPS60を配合した緩効性肥料が地下茎の伸長時期と最もよく一致した窒素溶出パターンを示した。
7. 夏肥でサツマを6月に施肥した場合、秋肥までの効果的な窒素肥効は期待できないものと推察された。
8. 本県の施肥基準は収量目標を1,000kg/10aとし、これに対する年間施肥量をN:P:K=29:15:18(kg/10a)とすることを提案した。

- 野中重之(2003)福岡県森林研報 4: 1-52.
大分県林業水産部林業振興課(1980)タケ(マダケ・モウソウタケノコ)の栽培技術指針, 95pp.
重森宙一(1999)鹿児島林試業報 47: 61-64.
静岡県農地森林部(1980)静岡県タケノコ栽培技術指針, 48pp.
徳島県立農業試験場(1998)筍栽培Q&A, 44pp.
上田弘一郎(1963)有用竹と筍, 314pp, 博友社, 東京.

引用文献

- 千葉佳朗・上山啓一・武田良和・安井孝臣(2000)土肥誌 71: 706-709.
古屋 栄(1995)土肥誌 66: 574-580.
茨城県きのこ特産技術センター(1996)竹林経営改善の手引き, 19pp.
鹿児島県林務水産部(2006)林業普及マニュアル特用林産, 56-91.
越野正義・小林 新(2003)農林水産技術研究ジャーナル 26, 10-14.
熊本県林業研究指導所(1997)タケノコ栽培の手引, 26pp.
森田 茂・濱田 甫(1983)鹿児島林試業報 31: 32-33.
宮崎県林務部(2003)タケノコ生産指導指針, 11pp.