

環境と八女茶産地に適応した茶園の効率的施肥技術

第1報 窒素施用量 50kg/10a レベルにおける高品質煎茶生産のための 時期別施肥割合と好適な土壤中の無機態窒素濃度

堺田輝貴*・吉岡哲也

煎茶園において、窒素施用量 50kg/10a レベルにおける高品質茶生産のための時期別施肥割合と、好適な土壤中無機態窒素濃度について検討した。

1. 年間窒素施用量が 50kg/10a レベルの場合、春肥や芽出し肥の割合を高くした春季重点型の施肥体系が、収量、品質において優れた。
2. 施肥窒素の寄与率は、一番茶では春季重点区が高く、施肥窒素の一、二番茶に対する乾物量当たりの分配量は、春季重点区が他区に対し 9~18% 多かった。
3. 春季重点区における時期別の土壤中無機態窒素濃度の平均値 (mg/乾土 100g) は、1~2 月 : 7.5, 3~4 月 : 27.0, 5~6 月 : 31.9, 7~8 月 : 17.4, 9~10 月 : 18.5, 11~12 月 : 13.0 であり、窒素施用量 50kg/10a レベルにおける高品質茶生産に好適な土壤中無機態窒素濃度の目安として考えられた。

[キーワード : 煎茶園, 施肥低減, 時期別施肥割合, 土壤中無機態窒素濃度]

Technique of Efficiently Fertilizer Application in Tea Field that Adjusts to Environment and Yame Tea Field(1). Fertilizer Application Ratio of Each Time and Suitable Concentration of Inorganic Nitrogen in the Soil for Production of High-quality Sencha with Nitrogen Application 50kg per 10a Level in Tea Field for Sencha. SAKAIDA Teruki and Tetsuya YOSHIOKA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull.FukuokaAgric.Res.Cent.* 26:93-97 (2006)

We investigated fertilizer application ratio of each time and suitable concentration of inorganic nitrogen in the soil for production of high-quality sencha with nitrogen application 50kg per 10a level in tea field for sencha.

1. In case of nitrogen application 50kg per 10a level, emphasis in spring fertilizer application system that high ratio of spring-applied fertilizer and pop up fertilizer was more superior than other fertilizer application systems.
2. In first crop of tea, rate of contribution that fertilizer application was high level in emphasis in spring fertilizer application system. Amount of absorption that fertilizer application for first and second crop of tea was more higher from 9 to 18 % than other fertilizer application systems.
3. Averages that concentration of inorganic nitrogen in the soil of each time were from Jan. to Feb. 7.5, from Mar. to Apr. 27, from May. to Jun. 31.9, from Jul. to Aug. 17.4, from Sep. to Oct. 18.5, from Nov. to Dec. 13. We suggested to standard that concentration of inorganic nitrogen in the soil for production of high-quality sencha with nitrogen application 50kg per 10a level.

[key words: tea field for sencha, fertilizer decrease, fertilizer application ratio of each time, concentration of inorganic nitrogen in the soil]

緒 言

近年、茶栽培において、多量施肥による窒素溶脱等の環境負荷が懸念されている⁸⁾。また、1999年2月には、地下水及び河川水中の硝酸性窒素濃度について環境基準値(10ppm以下)が設定され、基準値をクリアするためには、茶園の窒素フロー収支から50kgN/10aレベルまでの施肥低減が必要となった⁹⁾。このため、福岡県では2000年に、従来の窒素施用量を煎茶園で16%、玉露園で28%低減した施肥基準(煎茶園:生葉摘採量1500kg/10aの場合53kgN/10a, 玉露園:生葉摘採量500kg/10aの場合54kgN/10a)に改訂し、生産農家へ施肥量削減に対する意識の浸透を図っている。しかし、品質、特に滋味等の内質や生葉の硬軟等を重視する八女茶産地では、窒素施用量の削減による品質低下を懸念しており、品質の維持

を前提として、窒素施用量の削減を図る必要がある。そのためには、茶樹の養分吸収特性に応じて適期に必要な量を施肥する効率的な施肥体系の確立が不可欠である。

これまでに、烏山⁴⁾は黒ボク土壌で、久保田⁷⁾は赤黄色土壌で、収量、品質面から好適な時期別の土壤中無機態窒素濃度を明らかにしている。また、岩橋³⁾は、最適な土壤中無機態窒素濃度を設定し、不足した場合に必要な量を供給する施肥法を報告している。一方、茶芽への施肥窒素の寄与率^{5), 6), 10)}や時期別の窒素吸収率^{2), 12), 13)}に関しては、多くの報告がある。

しかしながら、窒素施用量が50kg/10aレベルで、好適な時期別土壤中無機態窒素濃度を検討した例は少ない。さらに、施肥窒素の寄与率等を考慮し、時期別の施肥割合を変えた条件でそれらを詳細に検討した報告も無い。また、土壤中無機態窒素濃度と相関の高い土壌溶液のECを土壌埋設センサーで測定し、パソコンに連結することで施肥の調節を行うシステム¹¹⁾が八女地域で導入され

*連絡責任者(八女分場)

ているが、このシステム確立のためにも、好適な時期別土壤中無機態窒素濃度の設定が急務である。

そこで、窒素施用量を50kg/10a程度に設定し、高品質煎茶生産のための時期別の施肥割合と土壤中無機態窒素濃度について検討した。

試験方法

1 試験場所及び試験区の構成

福岡県八女郡黒木町の八女分場内(標高144m,赤黄色土, LiC/HC)の茶園において、品種‘やぶきた’(1977年4月定植,露地栽培)を供試し、2002年8月~2005年7月の4年間、試験を実施した。なお、供試圃場の土壤理化学性を第1表に、試験区の構成及び施肥設計を第2表に示した。春季重点区は春肥と芽出し肥,摘採前重点区は芽出し肥と夏肥I,春・秋肥重点区は春肥と秋肥の施肥割合を高く設定し,標準区は2000年に改訂した施肥基準の施肥割合とした。なお,年間窒素施用量は県の施肥基準に準じ53.0kg/10aとした。施肥は各区の10a当たり窒素施用量相当の硫酸を1000Lの水に溶かし,液肥として各施肥期間に数回に分けて施用した。施肥位置はうね間表層とした。また,リン酸は過リン酸石灰,カリは硫酸カリで春,秋にそれぞれ11.5kg/10a施用した。試験規模は1区14.4m²で,3反復実施した。

2 調査項目

土壤中の無機態窒素濃度について,うね間中央の表層(0~20cm)及び下層(20~40cm)の土壤をほぼ2週間間隔で採取し,硝酸態窒素はイオンクロマトグラフ,アンモニア態窒素はイオンメーター(ORION-901)で測定した。それらの合計値を無機態窒素濃度(乾土100g当たり)とした。土壤中無機態窒素濃度の時期別の平均値は,久保田らの報告⁷⁾に基づいて算出した。また,施肥窒素の新芽への寄与率(新芽に含まれる窒素のうち施肥に由来する窒素の割合)等について明らかにするため,第2表の施肥設計で¹⁵N硫酸(7.05atom%)を窒素成分でポット当たり2.65g施用した。処理は各区,2反復実施した。調査は一,二番茶芽を対象とし,新芽に含まれる¹⁵N濃

度を質量分析で測定し,新芽への分配量(新芽への¹⁵Nの利用量)や寄与率を求めた。

荒茶品質の官能評価は,茶の標準審査法に基づいて外觀(形状,色沢)及び内質(香気,水色,滋味)を審査し,茶チーム員6名の合議による標準採点法で評価した。荒茶の全窒素含有量はセミマイクロケルダール法,遊離アミノ酸及びタンニン含量は近赤外分析計(静岡製機GT-8S)で測定した。

結果

1 土壤中の無機態窒素濃度

うね間土壤中の無機態窒素濃度の推移を第1図に示した。冬季は全区,10mg/乾土100g前後で低く推移した。3月から一番茶摘採前にかけての春季は,春季重点区や春・秋肥重点区が高く推移した。その後,一番茶摘採期にあたる5月から二番茶生育・摘採期の6月は,春季重点区や摘採前重点区が他区に比べ高く推移した。一方,梅雨期の降雨により,7月は全区,窒素濃度は大幅に低下したものの,8月以降は全区,同様に上昇傾向を示し,秋季は春・秋肥重点区や標準区が他区に比べ高く推移した。

処理期間における土壤中無機態窒素濃度の時期別平均値を第3表に示した。1~2月は7~10mg/乾土100gで試験区間の差は比較的小さかったが,3月から6月にかけては春季重点区が30mg/乾土100g程度の高い値を示した。また,5月から6月にかけては摘採前重点区も春季重点区と同等以上の高い濃度を示した。7月から8月は梅雨期の降雨の影響で全区,前期間に比べ低下した。9月から12月にかけては,春・秋肥重点区及び標準区が20~25mg/乾土100g程度で推移し,他区に比べ高かった。

2 施肥窒素の寄与率と新芽への分配量

施肥窒素の新芽への寄与率(新芽に含まれる窒素のうち施肥に由来する窒素の割合)及び分配量(新芽への¹⁵Nの利用量)について第4表に示した。施肥窒素の寄与率は,一番茶では春季重点区が57.2%と最も高かった。二

第1表 供試圃場の土壤理化学性(試験開始時:2002年)

圃場区分 ¹⁾	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	NO ₃ -N (mg/100g)	NH ₄ -N (mg/100g)	CEC (me)	交換性塩基 (me/100g)			土性	三相分布 (%)		
							CaO	MgO	K ₂ O		固相	液相	気相
表層	4.5	2.6	0.37	15.1	3.4	27.3	4.82	1.52	2.51	LiC	39.8	36.4	23.8
下層	4.1	3.8	0.22	8.6	1.7	19.1	4.29	1.26	1.89	HC	43.5	35.0	21.5

注1) 表層は深さ0~20cm,下層は深さ20~40cm。

第2表 施肥体系と時期別の窒素施用量の割合 (%)

施肥体系	春肥 (2~3月)	芽出し肥 (4月)	夏肥I (一茶摘採後)	夏肥II (二茶摘採後)	秋肥 (8~9月)	計
春季重点	35 (18.5)	35 (18.5)	15 (8.0)	—	15 (8.0)	100 (53.0)
摘採前重点	15 (8.0)	35 (18.5)	35 (18.5)	—	15 (8.0)	100 (53.0)
春・秋肥重点	35 (18.5)	15 (8.0)	15 (8.0)	—	35 (18.5)	100 (53.0)
標準	20 (10.6)	20 (10.6)	20 (10.6)	10 (5.3)	30 (15.9)	100 (53.0)

1) カッコ内は窒素施用量 (kg/10a)

2) リン酸は過リン酸石灰,カリは硫酸カリを,春,秋に各11.5kg/10a施用した。

3) 標準は福岡県茶施肥基準(2000年)に準じる。

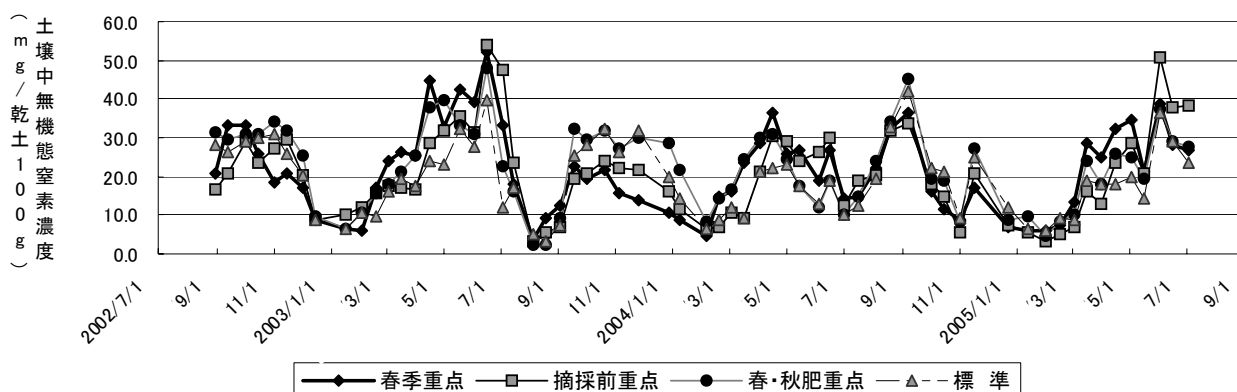
第3表 土壤中無機態窒素濃度の時期別平均値¹⁾ (mg/乾土100g)

試験区名	1~2月	3~4月	5~6月	7~8月	9~10月	11~12月
春季重点	7.5	27.0	31.9	17.4	18.5	13.0
摘採前重点	8.3	17.0	32.8	20.9	19.3	15.8
春・秋肥重点	10.4	23.8	27.0	16.8	24.2	22.2
標準	8.6	17.3	24.3	15.6	24.8	20.0

1) 平均値 = {a(A+B) / 2 + b(B+C) / 2 + c(C+D/2) + ...} / (a+b+c...)

ここで, A, B, C...は窒素濃度の測定値, a, b, cは測定の間隔日数を示す。

2) 調査期間: 2002年8月~2005年7月



第1図 うね間土壌中の無機態窒素濃度の推移

1) 表層 (0~20cm) 及び下層 (20~40cm) 土壌の平均値

番茶は、摘採前重点区が高かったが、処理間の差は小さかった。なお、一番茶窒素に占める施肥窒素の寄与率は二番茶に比べて、全ての区が高かった。

施肥窒素の新芽への分配量は、一番茶では春季重点区及び春・秋季重点区が450mg程度、二番茶では春季重点区及び摘採前重点区が380mg程度で、他区に比べ多かった。また、乾物量当たりの施肥窒素分配量は、一番茶では春季重点区が29.9mg/gで、他区より13~27%多かった。二番茶では、摘採前重点区が多かったが、処理間の差は小さかった。一、二番茶の合計では春季重点区が他区に比べ、9~18%多かった。

第4表 施肥窒素の新芽への寄与率と分配量

茶期	施肥体系	乾物重 (g)	全窒素 ¹⁾ (%)	¹⁵ N濃度 (atom%)	寄与率 ²⁾ (%)	¹⁵ N分配量 ³⁾ (mg)	¹⁵ N分配量/乾物重 (mg/g)
一番茶	春季重点	15.1	5.23	4.19	57.2	450	29.9
	摘採前重点	16.9	5.30	3.51	47.0	421	24.9
	春・秋肥重点	17.3	5.14	3.81	51.5	457	26.5
	標準	15.2	4.69	3.71	50.0	355	23.5
二番茶	春季重点	19.4	4.26	3.36	44.8	370	19.1
	摘採前重点	19.9	4.22	3.47	46.4	390	19.6
	春・秋肥重点	17.6	4.25	3.30	43.9	328	18.6
	標準	16.0	4.15	3.28	43.6	289	18.1

1) 全窒素は乾物当たり
 2) 寄与率は施肥資材 (¹⁵N濃度) の ¹⁵N濃度 (6.68atom% : 7.05atom% から自然存在比 0.37% を除いた値) に対する新芽中の ¹⁵N濃度 (¹⁵N濃度から自然存在比 0.37% を除く) の割合
 3) ¹⁵N分配量は乾物重×全窒素×寄与率で算出した。

3 生葉収量及び荒茶品質

生葉収量を第5表に示した。一番茶は、2003年で標準区に対し摘採前重点区が有意に多かった。その他の茶期では、試験区間に有意な差は認められなかったが、春季重点区や摘採前重点区は標準区に対し5~10%程度多かった。二番茶は、3カ年ともに春季重点区が標準区に対し有意に多く、他区に対しても多収傾向であった。一方、摘採前重点区及び春・秋肥重点区は、標準区に対し

2005年は同程度であったが、2003年及び2004年は多かった。

荒茶の官能評価を第6表に示した。一番茶では2003年で春季重点区及び摘採前重点区が他区に対しやや優れた。2004年及び2005年は、春季重点区が他区に対し優れた。二番茶は、2003年は春季重点区、2004年は摘採前重点区、2005年は春季重点区及び摘採前重点区が優れる傾向にあった。

荒茶の化学成分含有量について、全窒素を第7表、遊離アミノ酸を第8表、タンニン第9表に示した。全窒素について、一番茶では、2003年は摘採前重点区、2004年は春季重点区及び摘採前重点区、2005年は春季重点区が多い傾向を示した。二番茶は、2003年及び2004年で春季重点区及び摘採前重点区が多い傾向を示し、2005年は全区、同程度であった。遊離アミノ酸は、一番茶においては、2005年で春季重点区が多く、二番茶は、2003年で標準区が少なかった。その他の調査では全区、同程度であった。また、タンニンは2003年の一番茶で摘採前重点区が多かったが、その他の調査では有意な差は認められなかった。

考 察

1 土壌中の無機態窒素濃度

土壌中の無機態窒素濃度は、春季重点区では3月から6月にかけて、春・秋肥重点区では春季及び秋季というように、施肥時期で高く推移した。これは、硫酸を液肥として施用したため、通常の有機質資材や化成肥料などの固形資材に比べ、肥効発現に地温や土壌水分の影響を受けにくく、施肥の有無及び施用量の多少が土壌中の無機態窒素濃度に速やかに反映したものと推察される。一

第5表 施肥体系の違いと生葉収量 (kg/10a)

施肥体系	一番茶			二番茶		
	2003年	2004年	2005年	2003年	2004年	2005年
春季重点	719(108) ²⁾ ab ³⁾	564(106)	505(105)	480(123) a	726(112) a	519(112) a
摘採前重点	748(113) a	551(103)	514(107)	467(120) a	705(109) a	497(108) ab
春・秋肥重点	695(105) ab	527(99)	519(108)	446(114) a	697(108) a	476(103) b
標準	663(100) b	534(100)	483(100)	391(100) b	648(100) b	463(100) b

1) 一番茶の摘採日は、2003年：5月1日、2004年：5月3日、2005年：5月4日、二番茶の摘採日は、2003年：6月12日、2004年：6月21日、2005年：6月22日。
 2) カッコ内は標準区を100とした指数。
 3) 異なる英文字間には5%水準で有意差があることを示す (Tukey)。

第6表 荒茶官能評価

施肥体系	一番茶			二番茶		
	2003年	2004年	2005年	2003年	2004年	2005年
春季重点	+0.75	+2.25	+3.50	+1.00	+1.00	+1.50
摘採前重点	+0.50	+1.25	+1.50	±0	+1.75	+1.50
春・秋肥重点	±0	+1.75	+0.50	+0.33	+0.50	±0
標準	—	—	—	—	—	—

1) 普通審査法 (100 点満点) で行い、標準区を基準とした加減点で示した。

第7表 荒茶の全窒素含有率の比較 (乾物当たり%)

施肥体系	一番茶			二番茶		
	2003年	2004年	2005年	2003年	2004年	2005年
春季重点	5.02 b ¹⁾	5.57 a	5.50 a	4.80 ab	4.21 a	4.64
摘採前重点	5.21 a	5.63 a	5.26 b	4.87 a	4.23 a	4.61
春・秋肥重点	4.94 c	5.50 ab	5.35 ab	4.66 c	4.13 ab	4.53
標準	5.00 bc	5.40 b	5.23 b	4.71 bc	4.11 b	4.50

1) 異なる英文字間には5%水準で有意差があることを示す (Tukey)。

方、標準区は夏肥Ⅱにより6~7月の窒素濃度の維持を想定していたが、梅雨期の降雨で他区と同程度に低下した。このため、施肥低減下では梅雨期の施肥量や施肥資材について検討が必要と考えられた。

また、施肥の直前または直後といった土壌採取日の違いや、年次変動等を考慮するため、処理期間中の無機態窒素濃度の平均値を算出した (第3表)。久保田ら⁷⁾は、収量、荒茶品質等を考慮し、赤黄色土壌における好適な土壌中無機態窒素濃度を、春季 (2月~4月) 30mg/乾土100g、夏季 (5月~8月中旬) 45mg/乾土100g、秋季 (8月下旬~11月) 15mg/乾土100g に設定している。本試験では、より詳細な時期別の土壌中無機態窒素濃度を設定するため、2ヶ月単位での平均濃度を算出したが、久保田らが設定した濃度に対し、秋季 (9月~11月) 以外は低い値となった。これは、本試験が年間窒素施肥量を53kg/10aに設定しているのに対し、久保田らは設定した土壌中無機態窒素濃度より低く推移している場合に追肥を行っており、年間窒素施肥量は本試験より10kg/10a以上多い、約64kg/10aであったことが要因であると推察された。また、梅雨期の降雨で大幅に低下する夏季に設定値を維持するためには、さらに追肥が必要であると報告しているが、窒素施肥量60kg/10a以上の施肥では環境負荷の問題が懸念される⁹⁾。このため、本試験のように窒素施肥量を50kg/10aレベルまで低減させて好適な土壌中無機態窒素濃度を明らかにすることにより、八女茶産地における環境負荷の低減化に大きく貢献できると考えられた。

2 施肥窒素の寄与率と新芽への分配量

施肥窒素の新芽への寄与率は施肥量や施肥条件等で異なるが、年間窒素施肥量53kg/10aの本試験では、春肥や芽出し肥の施肥割合が高い春季重点区が、一、二番茶芽を総じて施肥窒素の寄与率が高かった。また、新芽への窒素分配量については生育差等を考慮して、乾物量当たりの施肥窒素の分配量で比較した結果、一、二番茶の合計では春季重点区が他区に比べ、9~18%多かった。秋肥窒素は成葉や根など樹体に一旦貯蔵され、新芽の生育に伴って新芽に移行するのに対し、春肥窒素は一番茶芽に分配される割合が高いことから、一番茶において寄与率

第8表 荒茶の遊離アミノ酸含有率の比較 (乾物当たり%)

施肥体系	一番茶			二番茶		
	2003年	2004年	2005年	2003年	2004年	2005年
春季重点	3.0	2.6	3.2 a ¹⁾	1.4 a	1.3	1.8
摘採前重点	3.0	2.6	3.0 ab	1.4 a	1.3	1.8
春・秋肥重点	2.9	2.6	3.0 ab	1.4 a	1.2	1.7
標準	2.9	2.6	2.9 b	1.1 b	1.2	1.7

1) 異なる英文字間には5%水準で有意差があることを示す (Tukey)。

第9表 荒茶のタンニン含有率の比較 (乾物当たり%)

施肥体系	一番茶			二番茶		
	2003年	2004年	2005年	2003年	2004年	2005年
春季重点	10.7 ab ¹⁾	11.8	12.7	14.6	12.7	18.9
摘採前重点	11.8 a	11.8	12.6	15.4	12.6	19.8
春・秋肥重点	10.4 b	11.7	12.1	14.8	12.1	20.1
標準	11.2 ab	12.1	13.0	15.3	13.0	19.9

1) 異なる英文字間には5%水準で有意差があることを示す (Tukey)。

が高かったと考えられる。また、烏山ら⁵⁾は、年間窒素施肥量が50kg/10a、生葉収量1,500kg/10a程度の黒ボク土壌の茶園において、一番茶芽に対しては春肥の寄与率が最も高く、次いで芽出し肥、秋肥であり、二番茶芽に対しても春肥や芽出し肥の寄与率が高く、施肥窒素の分配量も同様の傾向を示したことを報告している。赤黄色土壌で実施した本試験においても寄与率、分配量ともに同様の傾向が認められ、施肥低減下で施肥効率を高めるためには、春肥や芽出し肥といった春季の施肥割合を高くすることが重要と考えられた。

一方、全ての試験区において、一番茶を構成する窒素の43~53%が、二番茶を構成する窒素では53~56%が、施肥窒素以外の窒素に由来している。これらは、有機物等に由来する土壌窒素や、樹体内に貯蔵され新芽に移行した窒素であり、高品質茶の生産には単年度の施肥とともに、地力や樹勢の維持が重要であると推察された。

3 生葉収量及び荒茶品質

生葉収量は、標準区以外で多く、3カ年平均では標準区に対し、一番茶で4~8%、二番茶で8~15%多かった。特に春季重点区や摘採前重点区は一、二番茶ともに多収傾向を示した。荒茶品質は、一番茶では春季重点区、二番茶は春季重点区及び摘採前重点区が優れる傾向を示した。江上¹⁾や久保田ら⁷⁾は、春季及び夏季の土壌中無機態窒素濃度が収量、品質に大きく影響することを報告している。本試験において、春季重点区の土壌中無機態窒素濃度は3~4月は27mg/乾土100g、5~6月は31.9mg/乾土100gで、他の試験区に比べて高く推移しており、収量、品質が優れた要因として考えられた。一方、摘採前重点区の土壌中無機態窒素濃度は5~6月は31.9mg/乾土100gで、試験区間で最も高かったが、3~4月は17.0mg/乾土100gと低かった。また、芽出し肥の吸収には最低2週間程度必要である¹²⁾が、施肥から一番茶摘採までの期間が3~4週間程度と短いため、気象条件等により施用効果に変動が生じることも想定される。このため、多収で高品質な一、二番茶の安定生産には、施肥窒素の寄与率等からも、春季から土壌中無機態窒素濃度を高く維持できる春季重点型の施肥体系が適していると推察された。

以上より、施肥低減下における高品質煎茶生産のため

には、春肥や芽出し肥の割合を高くした春季重点型の施肥体系が適することが明らかとなった。また、本試験での春季重点区における時期別の土壌中無機態窒素濃度の平均値 (mg/乾土 100g) は、1~2月:7.5, 3~4月:27.0, 5~6月:31.9, 7~8月:17.4, 9~10月:18.5, 11~12月:13.0であり、この数値が福岡県内の煎茶園での窒素施用量 50kg/10a レベルにおける好適な土壌中無機態窒素濃度の目安として考えられた。今後は、玉露園での最適な時期別土壌中無機態窒素濃度の設定を行うとともに、本試験で得られた最適な土壌中無機態窒素濃度をもとに、八女地域で導入されている EC センサーシステムを活用して効率的施肥を実現していくことが必要である。

引用文献

- 1) 江上修一・久保田朗・中村晋一郎・森山弘信・清水信孝 (1998) チャにおける収量、品質を維持した効率的施肥技術の実証. 福岡農総試研報 17: 68-72
- 2) 保科次雄 (1985) 茶樹による施肥窒素の吸収に関する研究. 茶業試験場研究報告 82: 1-89
- 3) 岩橋光育 (1997) 土壌埋設型 EC センサーによる茶園の施肥管理技術. 茶研報 84: 49-58
- 4) 烏山光昭・藤嶋哲男・松元順 (1981) 火山灰茶園土壌における最適な窒素肥沃度の検索. 茶研報 53: 17-25
- 5) 烏山光昭・内村浩二・寿江島久美子 (1996) 各茶期の新芽を構成する窒素の施用時期. 茶研報 84 (別冊): 17-25
- 6) 烏山光昭・内村浩二・寿江島久美子・加治俊幸 (2000) 成木茶園における窒素の施肥時期と新芽への分配. 鹿児島県茶業試験場研究報告 14: 1-11
- 7) 久保田朗・渡辺敏朗・中村晋一郎・大森 薫・杉山喜直 (1989) 茶園の効率的施肥 第2報 赤黄色土壌茶園における窒素濃度の制御. 福岡農総試研報 A-9: 87-90
- 8) 松尾宏 (1992) 茶畑を集水域とする溜池の酸性化現象について. 用水と廃水 34 (2): 18-23
- 9) 松尾 宏・馬場義輝・中村融子・徳永隆司・北森成治・平田健正・西川正高 (2000) 窒素フロー収支からみた畑地施肥量削減の効果—茶園の事例—. 福岡県保健環境研究所年報 27: 29-34
- 10) 岡野邦夫・松尾喜義 (1999) 季節別に吸収された窒素の樹体内分配と一番茶新芽窒素への寄与率. 茶研報 82 (別冊): 10-11
- 11) 堺田輝貴・江上修一・中村晋一郎・森山弘信・松田和也 (2003) 県内茶園における埋設型 EC センサーを利用した効率的施肥管理技術 第2報 埋設型 EC センサーを利用した窒素施用量及び窒素溶脱量の低減. 福岡農総試研報 22: 121-126
- 12) 渡部育夫 (1994) 芽だし肥の吸収・利用. 茶研報 79 (別冊): 82-83
- 13) 渡部育夫・折尾裕二・中満彰文・加藤忠司 (1995) 秋肥窒素の吸収利用について. 茶研報 82 (別冊): 122-123

