

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

堺田輝貴・江上修一¹⁾・中村晋一郎・森山弘信・松田和也²⁾
(八女分場)

茶園において、埋設型ECセンサーを利用した施肥管理により、収量、品質を維持しつつ、50kg/10aレベルまで窒素施用量を削減し、窒素溶脱量を低減できるかどうか検討した。

その結果、埋設型ECセンサーを利用して、土壤中無機態窒素量をリアルタイムに把握し、施肥時期や窒素施用量を調節することで、収量、品質を維持しつつ、窒素施用量を50kg/10aレベルまで削減することができた。また、窒素施用量の削減に伴い、地下浸透水中の硝酸性窒素濃度は低下傾向を示し、窒素溶脱量は対照区と比較して40%程度低減することができた。

[キーワード：茶園、埋設型ECセンサー、窒素施用量、硝酸性窒素濃度、窒素溶脱量]

Technique of Efficiently Fertilizer Administration Using Buried EC Sensor in Tea Field at Fukuoka Prefecture. 2. Reduction of Nitrogen Application and Amount of Leached Nitrogen Using Buried EC Sensor. SAKAIDA Teruki, SINICHIROU NAKAMURA, HIRONOBU MORIYAMA and KAZUYA MATSUDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 22:121-126 (2003)

We investigated reduction of nitrogen application up to approximately 50kg per 10a and amount of Leached nitrogen, while maintaining yield and quality, by fertilizer administration using buried EC sensor in tea field.

As a result of examination, nitrogen application was reduced up to approximately 50kg per 10a, while maintaining yield and quality, by real time grasping inorganic nitrogen in tea field using buried EC sensor. By the reduction of nitrogen application, concentration of nitrate nitrogen in permeated ground water was decreased, and amount of leached nitrogen was reduced by 40% as compared to control.

[Key words : tea field, buried EC sensor, nitrogen application, concentration of nitrate nitrogen, amount of leached nitrogen]

結 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⁾。このため、福岡県は平成12年3月に、従来より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生産農家は、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た必要量を供給する施肥技術の確立が不可欠である。

これまでに、岩橋らは、土壤の電気伝導度（EC）と無機態窒素量との間には一定の関係があることから、土壤のECを経時的かつ簡易に把握できる土壤埋設型ECセンサー（以下、ECセンサー）を利用して、静岡県内の茶園土壤に適応した土壤中無機態窒素量の推定法²⁾、最適な土壤中無機態窒素量を設定し、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³⁾。そこで、筆者らは、岩橋らの報告を本県に適用するため、前報において、県内茶園土壤に適応した、ECセンサーによる無機

態窒素量推定法を報告した¹⁾。

しかしながら、岩橋らは窒素施用量を約120kg/10aから約80kg/10aまで削減できることを報告している³⁾が、同法で窒素施用量を50kg/10aレベルまで削減を試みた報告事例はない。また、窒素施用量の削減に伴う窒素溶脱量の変化について明らかにした報告⁵⁾はあるが、それらは土壤条件や仕立て法等において本県とは大きく異なる。

そこで、ECセンサーを利用した施肥管理により、収量や品質を維持しつつ、窒素施用量50kg/10aレベルまで削減できるかどうか実証するとともに、窒素溶脱量に及ぼす影響について検討したので、その概要を報告する。

試験方法

1 試験場所及び土壤条件

福岡県八女市今福（標高40m、傾斜1%未満）の生産者茶園において、品種‘やぶきた’（1993年4月定植、弧状仕立て）を供試し、1998～2001年の3カ年、試験を実施した。この圃場は1992年に、水田（淡色黒ボク土）に赤黄色土を30cm程度客土して造成した。土性は0～40cm付近までは壤土で、透水性や通気性に優れており、40cm以下は埴壤土で小礫を含んでいる。なお、試験開始前の供試圃場の土壤理化学性を第1表に示した。福岡県の茶園土壤改善目標値と比較して、減肥区の表層における交換性K₂O含量がやや高かった以外は適正範囲内であった。

1) 南筑後地域農業改良普及センター

2) 園芸研究所

第1表 供試圃場の土壌理化学性 (1998年)

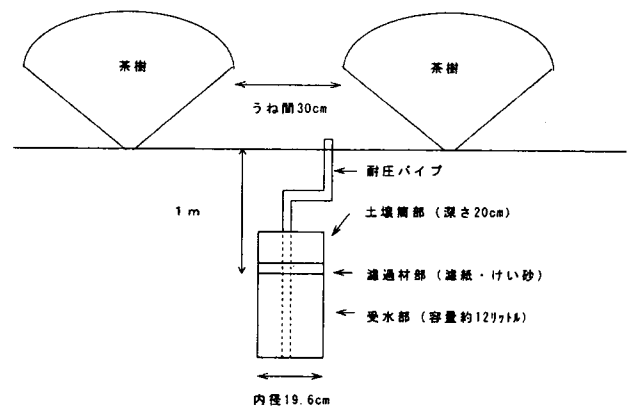
圃場区分 ¹⁾	pH (H ₂ O)	T-C (%)	C E C (me)	交換性塩基 (mg/100g)			三相分布 (0~40cm)			
				CaO	MgO	K ₂ O	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)	
減肥区	表層	4.8	4.57	17.5	145	30.9	127	39.2	33.6	27.2
	下層	5.3	—	14.1	168	21.4	70	39.2	39.4	21.4
対照区	表層	5.1	4.38	15.3	146	18.0	67	43.6	28.8	27.6
	下層	4.7	—	10.5	50	9.4	36	42.5	34.8	22.7

注1) 表層は深さ0~20cm, 下層は深さ20~40cm
 2) 土壌の化学性は乾土100g当たり。

2 試験区の構成

試験規模は減肥区10a, 対照区10aの計20aとした。減肥区は, 施肥資材の肥効発現等を予測し, 目標とする時期別の無機態窒素量 (乾土100g当たり春季32mg, 夏季45mg, 秋季12mg。以下, 目標窒素量)^{1) 7)}に適合するように, 窒素施用量50~60kg/10a程度で施肥設計した (第2表)。この設計を基本とし, 前報¹⁾の方法によりECセンサー値から推定される土壌中無機態窒素量が目標窒素量に近づくように, 芽出し肥以降の窒素施用量及び施肥時期を調節した。なお, 施肥の調節について, ECセンサー値から推定される土壌中無機態窒素量が目標窒素量より少ない場合は増肥, 追肥, または施肥時期の繰り上げを行い, 多い場合は減肥を行った。対照区は圃場を管理する農家の慣行施肥とした。なお, ECセンサーの埋設法は前報¹⁾に準じて, うねに対して直角方

向に4本/10a, センサー部はうね間の中央の深さ20cm部とした。



第1図 簡易ライシメータの構造図

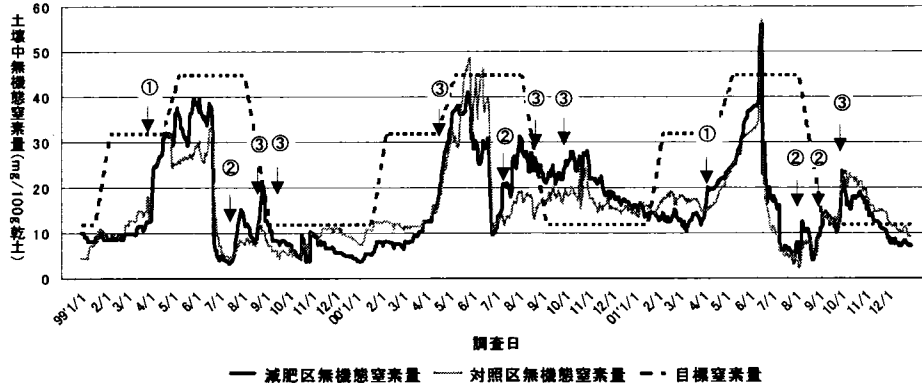
第2表 施肥資材及び窒素施用量 (kg/10a)

減肥区						対照区		
当初計画			実績			施肥月日	資材	窒素量
施肥月日 ¹⁾	資材 ²⁾	窒素量	施肥月日	資材	窒素量(施肥調節 ³⁾)			
1999年						1999年		
春 2上	LP入配合	22.0	春 2/5	LP入配合	22.0	春 1/26	油粕	10.0
春 3上	LP入配合	22.0	春 3/2	LP入配合	22.0	春 2/15	ぼかし肥	7.8
芽 4中	苦土硫安	9.0	芽 4/5	苦土硫安	9.0 (←: ①)	芽 4/16	苦土硫安	12.0
			夏 7/16	苦土硫安	3.0 (+3.0: ②)	夏 5/15	硫安	12.6
						夏 5/28	硫安	12.6
秋 8中	配合	7.0	秋 8/20	配合	4.0 (-3.0: ③)	夏 7/10	硫安	12.6
秋 9中	配合	7.0	秋 9/13	配合	4.0 (-3.0: ③)	秋 8/17	ぼかし肥	16.5
窒素施用量 計		67.0						84.1
2000年						2000年		
春 2上	LP入配合	17.6	春 2/2	LP入配合	17.6	春 2/7	ぼかし肥	6.7
春 3上	LP入配合	13.2	春 3/2	LP入配合	13.2	春 3/2	油粕	10.0
芽 4中	苦土硫安	9.0	芽 4/9	苦土硫安	7.5 (-1.5: ③)	芽 4/9	苦土硫安	9.0
			夏 7/13	硫安	4.2 (+4.2: ②)	夏 5/14	硫安	12.6
						夏 5/29	硫安	12.6
秋 8中	配合	7.0	秋 8/17	配合	4.0 (-3.0: ③)	夏 7/13	硫安	8.4
秋 9中	配合	7.0	秋 9/11	配合	4.0 (-3.0: ③)	秋 8/17	ぼかし肥	9.6
窒素施用量 計		53.8						77.7
2001年						2001年		
春 2上	LP入配合	15.4	春 2/6	LP入配合	15.4	春 1/29	ぼかし肥	7.3
春 3上	LP入配合	15.4	春 3/2	LP入配合	15.4	春 3/2	油粕	10.0
芽 4中	苦土硫安	7.5	芽 4/3	苦土硫安	7.5 (←: ①)	芽 4/11	苦土硫安	9.0
			夏 7/30	硫安	2.1 (+2.1: ②)	夏 5/15	硫安	12.6
						夏 6/14	硫安	8.4
秋 8中	配合	4.0	秋 8/10	配合	5.0 (+1.0: ②)	夏 7/15	硫安	8.4
秋 9中	配合	4.0			0.0 (-4.0: ③)	秋 8/12	ぼかし肥	10.2
窒素施用量 計		46.3						76.1

注1) 春: 春肥, 芽: 芽出し肥, 夏: 夏肥, 秋: 秋肥

2) LP入配合: 被覆尿素LPコートL(リ=730日)・L40(リ=740日)・SS100(スパー・ソグモト)100日入り配合肥料, ぼかし肥: 原料は米糠, 魚粕, 油粕, 骨粉等

3) 当初計画に対し, +: 窒素施用量の増量, -: 窒素施用量の低減, ←: 施肥時期の繰り上げを示す。丸数字は第1図に準ずる。



第2図 土壤中無機態窒素量の推移

注) 図中の数字は①↓：施肥時期の繰り上げ，②↓窒素施用量の増量，③↓窒素施用量の低減等，施肥の調節と時期を示す。

第3表 生葉収量

区 分	一番茶 (kg/10a)				二番茶 (kg/10a)			
	1999年	2000年	2001年	平均	1999年	2000年	2001年	平均
減肥区	725 (115) a ²⁾	579 (101)	566 (98)	623 (105)	611 (104)	465 (108) a	478 (104)	518 (105)
対照区	633 (100) b	575 (100)	579 (100)	596 (100)	590 (100)	431 (100) b	458 (100)	493 (100)

注1) カッコ内は対照区を100とした指数
2) 異なるアルファベットはt検定で5%有意差があることを示す。

3 浸透水中の硝酸性窒素濃度及び窒素溶脱量の測定法
浸透水中の硝酸性窒素濃度は、うね間及び樹冠下部の地下に簡易ライシメータ（第1図）を埋設して浸透水を採取し、イオンクロマトグラフにより測定した。なお、簡易ライシメータの受水部は地下1mとし、各区うね間に3基、樹冠下に1基埋設した。窒素溶脱量は、浸透水量に無機態窒素濃度を乗じて求めた。

4 荒茶の品質評価

荒茶品質の官能評価は普通審査法により行った。荒茶の全窒素含量はセミマイクロケルダール法、主要遊離アミノ酸はアミノ酸自動分析計、カテキン類はHPLCで測定した。

結 果

1 窒素施用量及び土壤中無機態窒素量の推移

施肥資材と窒素施用量を第2表に、土壤中の無機態窒素量の推移について第2図に示した。減肥区について、ECセンサー値から推定した土壤中無機態窒素量と目標値との比較に基づいて、次に示すとおり施肥を調節した（丸数字は第2図に準じる）。1999年は、①春季の土壤中無機態窒素量の上昇が目標窒素量より遅れていたため、芽出し肥を当初計画の4月中旬から上旬へ施肥時期を繰り上げた。②梅雨期の連続した降雨で窒素成分が流亡し、目標窒素量を大幅に下回った。このため、当初計画にない追肥を行った。③地力窒素の発現等により土壤中無機態窒素は上昇傾向にあること。また、目標窒素量は秋季で低くなるため、目標窒素量は維持できると推測された

ので、8月と9月の秋肥の窒素施用量を低減した。2000年、2001年も同様に、目標窒素量の過不足に応じて施肥時期や窒素施用量を調節した。この結果、土壤中無機態窒素量は、2～3月及び7月において目標窒素量より低い値となったものの、3月下旬～9月の茶芽生育期では、概ね対照区より目標窒素量に近い値で推移した。

また、減肥区の年間窒素施用量は、3カ年平均で対照区の67%と大幅に削減された。特に、2000年は50.5kg/10a、2001年は45.4kg/10aであり、削減目標である50kg/10aレベルの窒素施用量となった。

2 生葉収量及び荒茶品質

両区の生葉収量を第3表に示した。減肥区の生葉収量は対照区と比較して、1999年の一番茶で15%多く、2000年、2001年はほぼ同等であった。二番茶は2000年で減肥区がやや多かった。3カ年の平均では、対照区を100とすると減肥区では一、二番茶とも105であり、同等以上の収量を得ることができた。

荒茶品質について、官能評価は3カ年通じて一、二番茶とも両区、ほぼ同等であった（第4表）。

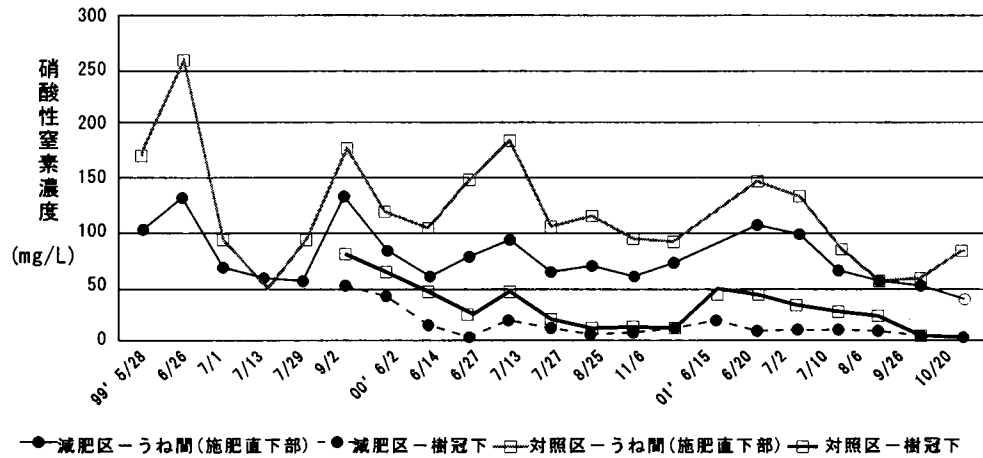
また、市場価格も、3カ年通じて、一、二番茶とも両区、ほぼ同等であった（第4表）

一方、荒茶の化学成分含有量について、全窒素及びカテキン類は3カ年通じて、両区、ほぼ同等であった。主要遊離アミノ酸は、1999年、2001年の一番茶で減肥区がやや多く、1999年の二番茶で対照区がやや多かった。その他は両区、ほぼ同等であった（第5表）。

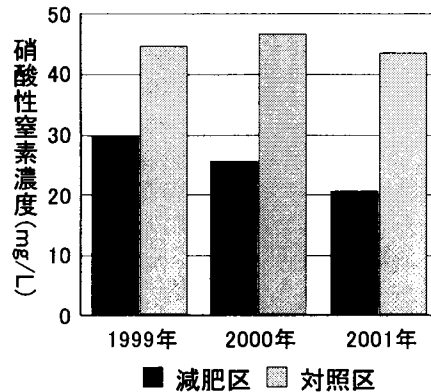
第4表 荒茶品質 (官能評価及び市場価格)

区 分	官能評価 ¹⁾ (点)			市場評価 ²⁾ (kg/円)				
	1999年	2000年	2001年	1999年	2000年	2001年	平均	
減肥区	一番茶	99.5	99.5	99.4	3,741 (99) ³⁾	4,480 (100)	3,500 (100)	3,907 (100)
	二番茶	98.7	99.5	98.1	2,000 (98)	1,800 (97)	1,600 (97)	1,800 (97)
対照区	一番茶	98.3	99.0	99.4	3,769 (100)	4,500 (100)	3,500 (100)	3,923 (100)
	二番茶	99.0	99.0	98.4	2,050 (100)	1,850 (100)	1,650 (100)	1,850 (100)

注1) 普通審査法 (外観2項目40点, 内質3項目60点, 計100点満点) による評点で示した。
 2) J A全農ふくれん茶流通センターにおける荒茶1kg当たりの入札価格
 3) カッコ内は対照区を100とした指数



第3図 浸透水中の硝酸性窒素濃度の経時変化



第4図 浸透水中の硝酸性窒素濃度の年間平均値

第5表 荒茶中の化学成分含有量

区 分	全窒素 (%)			主要遊離アミノ酸 ¹⁾ (mg/100g)			カテキン類 ²⁾ (%)			
	1999年	2000年	2001年	1999年	2000年	2001年	1999年	2000年	2001年	
一番茶	減肥区	5.11	4.94	5.05	2,569 a ³⁾	2,035	2,027a	16.0	16.9	18.0
	対照区	5.25	4.88	4.95	2,405 b	2,016	1,816b	16.1	16.7	17.7
二番茶	減肥区	4.44	4.79	4.50	978 b	2,186	1,110	18.9	17.5	20.0
	対照区	4.60	4.83	4.63	1,132 a	2,208	1,150	19.0	17.3	19.3

注1) テアニン他19種類の合算値
 2) EC, ECg, EGC, EGCgの合算値
 3) 異なるアルファベットはt検定で5%有意差があることを示す。

第6表 窒素溶脱量 (kg/10a)

区 分	1999年	2000年	2001年	平均
減肥区	48.3(64)	29.3(54)	25.3(48)	34.3(56)
対照区	75.6(100)	54.1(100)	53.0(100)	60.9(100)

注) カッコ内は対照区を100とした指数

3 浸透水中の硝酸性窒素濃度の推移及び窒素溶脱量

浸透水中の硝酸性窒素濃度の経時変化を第3図に示した。1999年7月13日の調査以外、減肥区が低く推移した。特に、梅雨期である6～7月の調査において、その傾向は顕著であった。採水部位別に比較すると、両区とも施肥直下部であるうね間において高く推移した。

年間を通じての硝酸性窒素濃度は、対照区が44～47mg/Lと、ほぼ横這いで推移したのに対し、減肥区では1999年は約30mg/L、2000年は約26mg/L、2001年は約21mg/Lと、減少傾向を示した(第4図)。

また、減肥区の窒素溶脱量は対照区に対し、1999年は64%、2000年は54%、2001年は48%、3年間平均で56%であり、大幅に低減された(第6表)。

考 察

1 窒素施用量及び土壌中無機態窒素量の推移

減肥区において、ECセンサーを利用して土壌中無機態窒素量をリアルタイムに把握し、施肥時期や窒素施用量を調節することで、50kg/10aレベルまで施肥削減することができた(第2表)。また、土壌中無機態窒素量は2～3月及び7月において目標窒素量より低い値となったものの、3月下旬～9月の茶芽生育期では、窒素施用量が多い対照区より目標窒素量に近い値で推移させることができた(第2図)。

2～3月の土壌中無機態窒素量が低かった要因として、気温や地温が低く、乾燥する時期であり、施肥資材の窒素発現がスムーズに進まなかったことが挙げられる。加えて、春肥に使用した配合肥料の主原料は、無機化速度が温度や水分条件に左右されやすい油粕や魚粕等の有機質資材であり、春季の気象条件下では無機化が想定通りに進まなかったと思われる。著者らは、土壌水分を適切に調節することで、地温が低い春季においても春肥や芽出し肥の窒素発現が比較的スムーズに進み、土壌中の無機態窒素量も高く推移することを報告している¹²⁾。本試験においても、特に、3～4月の降水量が平年の38%と少なかった2001年は、土壌中無機態窒素量の上昇が極端に遅れる結果となった。減肥区における春肥及び芽出し肥の窒素成分の割合は、年間窒素施用量の58～65%を占めており、春期に目標窒素量を維持するためには、施肥時期や窒素施用量の調節とともに、土壌水分の調節も必要と考えられた。

一方、7月の土壌中無機態窒素量が少なかった要因として、春肥や芽出し肥によって増加した土壌中の無機態窒素やこの時期に施肥した肥料が、梅雨期の連続した降雨により流亡したことが挙げられる。江上らは、降雨の多い6～7月は窒素施用量や施肥回数を増加しなければ目

標窒素量を維持することは困難であると報告している¹¹⁾。本試験において、減肥区は降雨の影響を受けにくい被覆尿素肥料を利用したり、3カ年ともに梅雨明け以降の7月中下旬に、当初計画にない追肥を行い、土壌中無機態窒素量の維持・上昇を図った。しかしながら、目標窒素量までの上昇に至らず、窒素施用量50kg/10aレベルでは、7月の目標窒素量を維持するのは困難であると考えられた。この目標窒素量は多量施肥が行われていた当時の値であり、さらなる施肥削減を実現していくためには、本試験の結果も踏まえて、新しい目標窒素量の設定が必要と思われる。

2 生葉収量及び荒茶品質

減肥区の生葉収量は、3カ年平均で対照区と同等以上、荒茶品質もほぼ同等であり、窒素施用量を33%削減した影響は認められなかった。久保田らは、春季及び夏季の土壌中無機態窒素量が収量、品質に大きく影響することを報告している⁷⁾。本試験において、減肥区の土壌中無機態窒素量は2～3月及び7月で低かったが、3月下旬～9月では対照区より目標窒素量に近く推移しており、施肥削減しても対照区と同等以上の収量、品質を得られた要因として考えられた。

第7表 樹体内窒素含有量の推移 (g/株)

試験区	部 位	1999年	2000年	2001年	2002年
減肥区	葉	14.5	14.8	17.8	17.4
	茎・枝	12.2	11.8	13.0	14.3
	根	11.9	11.5	16.9	15.2
	全体	38.7	38.0	47.7	46.9
対照区	葉	15.6	15.0	15.2	18.7
	茎・枝	13.1	11.2	12.9	13.8
	根	12.3	12.3	16.2	13.1
	全体	41.0	38.5	44.4	45.6

注1) 調査は各年1～2月に実施

2) 各区、任意の6株を採取し、部位別に分けて調査した。

3) 栽植方法：株間60cm、条間30cmの千鳥植え(植え付け本数：1850/本)

一方、岡野らは、季節別に吸収された窒素の一番茶新芽窒素への寄与率等を検討し、2～4月に吸収された窒素の寄与率は約60%と高いが、樹体内貯蔵窒素の影響も大きいことを指摘している¹⁰⁾。また、高野は窒素施用量の違いが古葉の全窒素含有率に及ぼす影響について検討し、施肥量を大幅に削減した場合には、古葉の全窒素含有率が低下する可能性があることを示唆している¹³⁾。そこで、両区の樹体内窒素含有量の変化を調査した(第7表)。その結果、窒素施用量の削減に伴う樹体内窒素含有量低下の傾向は認められなかった。このことから、本試験のように茶樹の養分吸収特性に応じた施肥を行えば、茶樹への影響はほとんどなく、施肥削減しても同等の収量、品質が得られると考えられた。

3 浸透水中の硝酸性窒素濃度の推移及び窒素溶脱量

浸透水中の硝酸性窒素濃度は減肥区で低く推移し、窒素溶脱量も大幅に低減された。これは、窒素施用量を削減したことや、被覆尿素を利用したことが要因としてあ

げられ、減肥区の施肥法は環境負荷の低減に有効であった。対照区では、特に6~7月の梅雨期に窒素溶脱量が多かった。この要因として、春肥に施用した有機質資材(ぼかし肥や油粕)の無機化した窒素分と、夏肥に施用した硫安由来の窒素分が、梅雨期の連続した降雨により溶脱したことが挙げられる。

一方、採水部位別の硝酸性窒素濃度は、両区とも、うね間直下部が樹冠下より高い値で推移した。これは、加治らの報告⁴⁾と同様の結果を示しており、施肥した窒素は降雨に伴い下方へほぼ垂直に溶脱すると考えられた。

また、浸透水中の硝酸性窒素濃度の年間平均値について、対照区は横這いで推移したのに対し、減肥区では施肥削減とともに低下傾向を示し、2001年は約21mg/Lまで低下した(第4図)。松尾らは、集水域が茶園地帯の窒素フローを調査し、地下水の硝酸性窒素濃度の環境基準値(10mg/L)をクリアするための窒素施用量の目安を50kg/10a程度としている⁹⁾。また、加治らは、火山灰土壌の茶園において、窒素施用量を50kg/10a以下にすると、溶脱する硝酸性窒素濃度の年間平均値は環境基準値を下回ったことを報告している⁶⁾。しかしながら、本試験では、2001年の窒素施用量が50kg/10a以下にもかかわらず、地下水の硝酸性窒素濃度の環境基準値をクリアするまでには至らなかった。この要因として、本試験での浸透水の採水は、土壌表層部に蓄積された窒素の影響を受けやすい地下1mで行っていること、過剰に蓄積された窒素の分解、溶脱には2年程度要すること⁵⁾、等が挙げられる。一方、減肥区の硝酸性窒素濃度は施肥削減に伴い減少傾向を示していることから、本県の栽培条件(土質、仕立て法等)において、50kg/10aレベルの施肥の継続で地下水の硝酸性窒素濃度の環境基準値をクリアできるか、継続して調査が必要と考えられた。また、今後のさらなる施肥削減のため、窒素施用量50kg/10aレベルでの目標とする時期別土壌中無機態窒素量の設定と、点滴かん水施肥等の新しい施肥法に応じたECセンサーの活用法の確立が必要と思われる。

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) 岩橋光育(1992) 土壌埋設型センサーを利用した茶園土壌の無機態窒素の測定. 静岡茶試研報16: 35-41
- 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) 加治俊幸・勝田雅人(2000) 茶園における窒素溶脱量のモニタリング手法の検討. 茶研報90(別冊): 46-47
- 5) 加治俊幸・勝田雅人・寿江島久美子(2001) 茶園の減肥による窒素溶脱量の推移. 九州農業研究63: 75
- 6) 加治俊幸・勝田雅人・吉田真人(2002) 有機物と被覆尿素を組み合わせた茶園の減肥と収量・品質及び溶脱窒素濃度. 九州農業研究64: 74
- 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・永淵義孝・平田健正・西川雅高(2002) 畑地周辺地域での窒素フローの削減方法に関する研究. 第7回福岡県保健環境研究所成果発表会講演要旨集: 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(2002) 県内茶園土壌における埋設型ECセンサーを利用した効率的施肥管理技術 第1報 埋設型ECセンサー利用による茶園土壌中の無機態窒素量の推定. 福岡農総試研報21: 72-76
- 12) 堺田輝貴・中村晋一郎・森山弘信・松田和也(2002) 一番茶萌芽期前後の灌水が土壌中無機態窒素量および生育・品質へ及ぼす影響. 九州農業研究64: 28
- 13) 高野浩(2001) 窒素施用量の違いが古葉の全窒素含有率に及ぼす影響. 茶研報92(別冊): 130-131