

福岡県農業総合試験場特別報告

第37号

八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理
および品質向上に関する研究

平成24年3月

福岡県農業総合試験場

(福岡県筑紫野市大字吉木)

SPECIAL BULLETIN
OF
THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER
NO. 37

Study on Efficient Fertilizer Application and Quality Improvement
Through Reduced Fertilizer Applications in Yamecha Plantations

by
Teruki Sakaida

THE FUKUOKA AGRICULTURAL RESEARCH CENTER

Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan

March 2012

八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理
および品質向上に関する研究

堺田 輝貴

2012

*九州大学 審査学位論文

序

八女地域を中心として生産される茶は、「福岡の八女茶」として全国に名声を博しており、本県農産物の主要な品目の一つである。一方、茶園では多量の窒素肥料が施用される場合が多く、周辺への環境負荷が危惧されている。本県では、従来より窒素施用量を低減した施肥基準に改訂したが、品質を重視する八女茶生産農家の間では窒素施用量の削減による品質低下が懸念されている。さらに、近年は猛暑や干ばつ、晩霜など、気象変動が大きく、収量、品質が不安定な状況にあり、八女茶ブランドの維持・向上のため、茶樹の養分吸収特性に応じた適切かつ八女茶産地に適応した効率的な肥培管理法を確立することが喫緊の課題となっている。

本研究は、八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理および品質向上技術の確立を目的として、茶園土壌中窒素量の推定技術や施肥量調節技術、灌注施肥および点滴かん水施肥技術、被覆等による品質向上技術を開発したものである。これらの知見は、施肥低減下における八女茶の高品質安定生産に効果的な成果であることから、ここに特別報告として公表することとした。これらの研究成果は、八女茶の品質および収量性の向上に貢献するとともに、茶園周辺の環境負荷低減に大きく寄与することが期待される。

本研究の遂行や論文の執筆にあたり、ご指導とご助言を頂いた九州大学大学院農学研究院教授和田信一郎博士、同教授北野雅治博士、同准教授山川武夫博士、同助教森裕樹博士に厚くお礼申し上げます。

平成 24 年 3 月

福岡県農業総合試験場長

大神 良弘

目 次

第1章 序 論	1
第2章 埋設型ECセンサーを利用した効率的施肥管理技術	
2. 1 県内茶園土壌における埋設型ECセンサーを利用した 無機態窒素量の推定	3
2. 2 埋設型ECセンサーを利用した効率的施肥管理の実証	11
2. 3 施肥低減下における高品質煎茶生産のための時期別施肥割合と 好適な土壌中の無機態窒素量	19
2. 4 施肥低減下における高品質玉露生産のための時期別施肥割合と 好適な土壌中の無機態窒素量	26
3. 1 茶園用ペースト状肥料灌注施肥機の開発および開発機の特徴	32
第3章 茶園用ペースト状肥料灌注施肥機を利用した効率的施肥管理技術	
3. 2 茶園におけるペースト状肥料灌注施肥機を活用した 効率的施肥管理の実証	39
第4章 点滴かん水施肥技術による効率的施肥管理	
4. 1 煎茶園での点滴かん水施肥栽培が収量、品質および 土壌浸透水に及ぼす影響	46
4. 2 玉露園における点滴かん水施肥技術の導入の可能性と 点滴かん水施肥による効率的施肥削減の実証	53
第5章 施肥低減下での品質維持・向上のための管理技術	
5. 1 施肥量を削減した茶園におけるかん水の効果	60
5. 2 玉露園におけるジシアンジアミド入り被覆尿素の施用効果と 窒素施用量の削減	66
5. 3 玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が 茶芽の品質に及ぼす影響	74
第6章 総合考察	82
総 括	86
謝 辞	88
引用文献	89
Summary	95

第 1 章 序論

近年、カテキン等に代表されるように緑茶に含まれる健康機能性成分の効能が注目されるなど、緑茶への関心が高まっている。また、ペットボトル飲料の普及により、日常生活の様々な場面で手軽に摂取することが可能となり、今後も消費量拡大が期待され、良質な茶葉の安定供給が要望されている。

チャ (*Camellia sinensis* L.) は、葉を収穫する作物である。また、緑茶の品質はうま味を中心とした味により影響を受けるが (桑原ら, 1983; 中川, 1991), そのうま味には新芽に含まれるアミノ酸の関与が大きいことが知られており (池ヶ谷, 1991), これまで新芽のアミノ酸含有量を高めるために窒素肥料を多量に施用する栽培が行われてきた。茶主産地の窒素施用量について、1960年代は 40 kg/10 a 程度であったが、1970年頃から急激に増加し、1980年代には 100 kg/10 a を超えている (加藤, 2001)。加えて、一般に茶園の施肥は茶園全体の 1/5~1/6 のうね間に集中して行われてきたため、多肥茶園では根の生長阻害や活性低下による肥料利用率の低下を招き (前原, 1969; 橘ら, 1996), そのことがさらに過剰施肥を助長するという悪循環に陥っている。

このような窒素の過剰施肥は、下層へ溶脱された硝酸態窒素による茶園周辺水域への窒素負荷量の増加 (木方ら, 1991; 松尾, 1992) や地球温暖化に影響を及ぼす亜酸化窒素の発生増加 (徳永ら, 1996; Akiyama *et al.*, 2006), さらには土壌の酸性化とそれに伴うアルミニウムの周辺水域への溶出増加 (中曽根ら, 2000) など、環境への負荷の増大を招くことが指摘されている。一方、1999年2月には「地下水及び河川水中の硝酸性窒素濃度」が「要監視項目」から「環境基準値を設定する項目」へ移行し、厳しい規制の対象となった。

各府県では施肥基準の見直しが進められ、福岡県においても2000年に施肥基準を改訂した (福岡県農政部, 2000)。茶栽培における標準施肥量は、石垣 (1976) によれば新芽の摘採により収奪される要素量を基礎とし、これに各肥料の吸収率を乗じて、窒素については 50 kg/10 a 程度であるとしている。また、保科 (1985) は新芽の摘採によって収奪される量、茶の樹体への蓄積量および落葉や整枝葉の茶園土壌への還元量も勘察し、60 kg/10 a で十分であると報告している。福岡県の場合、目標収量が 1,500 kg/10 a である煎茶園の施肥基準量を、窒素、リン酸、カリでそれぞれ 53, 23, 23 kg/10 a とした (玉露園では目標収量が 500 kg/10 a の場合、窒素、リン酸、カリでそれぞれ 54, 28, 28 kg/10 a)。しかし、生産現場では収量、品質の向上をめざすあまり、多くの茶園でこの基準量を超えた施肥が行われており、依然として窒素成分で 100 kg/10 a を超える圃場も少なくない。一方で、安易な施肥量の削減は品質への影響が大きいことが指摘されており (木下ら, 2005a; 堺田ら, 2001), 品質を最重視する八女茶ブランドの失墜につながりかねない。特に、玉露は全国第2位の生産量 (96 トン, シェア 35%) (日本茶業中央会, 2008) と、全国一の品質 (全国茶品評会玉露の部で 11 年連続 (2001~2011 年) 一位獲得中) を誇り、高品質茶産地として名声を博している。このため、施肥量の削減も品質、収量の維持を前提に行う必要があり、茶樹の養分吸収特性に応じた適切かつ八女産地に適応した効率的な施肥法の確立が喫緊の課題となっている。

窒素施用量の削減について、これまでに機能性肥料を利用した施肥削減技術として、被

覆肥料を利用した玉露・てん茶園の窒素施肥量削減（神田ら，2005），石灰窒素配合肥料を利用した窒素低投入施肥体系（甲木，2005），かぶせ茶生産茶園での被覆尿素を活用した窒素施肥量削減事例（喜多島ら，2005），被覆尿素を利用した省力・低投入型施肥法（三浦ら，2005），環境分解型被覆複合肥料を利用した茶施肥量の削減（村中，2005），強酸性土壌における硝酸化成抑制剤の効果（野中ら，2005），茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術（野中，2005a），石灰窒素利用による茶園の窒素施肥量の削減（野中，2005b）などの報告がある。また，樹冠下施肥（広幅施肥）を活用した施肥削減技術として，被覆肥料の茶園全面施用による施肥効率の向上（志和，2005），茶園の樹冠下液肥施用の効果（中村，2005）などの報告が，さらに液肥を利用した施肥削減技術として，てん茶園における点滴施肥栽培（木下ら，2005b），点滴施肥とうね間マルチの環境負荷軽減効果（藤原ら，2002）などの報告がある。これらの大半は野中の総説（野中，2005a）で取りまとめられており，施肥量の削減に大いに寄与すると考えられる。

しかし，上記の報告は気象条件や土壌条件，茶園の仕立て法や摘採回数等の栽培条件など本県の茶生産条件と大きく異なるため，本県の茶生産に活用し難い。さらに，品質を最重視する八女産地として，品質面への影響を詳細に検討した施肥削減技術であることが前提となる。また，施肥以外の栽培管理での品質維持，向上技術の検討も不可欠である。

本研究は，以上のような背景と観点から，八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理技術および品質向上技術の確立を目的として行われた。その構成として，まず，第2章では，土壌の電気伝導度を経時的かつ容易に把握できる土壌埋設型 EC センサーを利用し，福岡県内の茶園土壌に適応した土壌中無機態窒素量の推定法や茶樹の養分吸収特性に対応した施肥調節法を確立した。さらに，施肥調節の根拠となる窒素施用量 50 kg/10 a レベルでの最適な時期別の土壌中無機態窒素量を解明した。第3章では，収量，品質面さらには環境保全の面から効果的な施肥技術とされているペースト状肥料の灌注施肥技術について，県内の多くの茶園に導入するため自走式のペースト状肥料灌注施肥機を開発し，これを活用した効率的な施肥管理を検討した。第4章では，点滴かん水施肥技術の煎茶園および玉露園への導入の可能性を検証するとともに，玉露園において収量，品質を慣行施肥と同程度に維持しながら窒素施用量を効率的に削減する点滴かん水施肥管理を実証した。第5章では，施肥低減下での品質維持・向上のための肥培管理技術として，かん水による土壌水分調節が土壌中の無機態窒素量，新芽生育，収量および品質に及ぼす影響や，硝酸化成抑制効果のあるジシアンジアミドを含んだ被覆尿素の施用効果，および玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が茶芽の品質に及ぼす影響等を解明した。

上記の内容の大半は，日本茶業技術協会茶業研究報告（堺田ら，2001；2002d；2003b；2005b；2010a；2010b），農業技術（堺田ら，2002c），九州農業研究（堺田ら，2002b）および福岡県農業総合試験場研究報告（堺田ら，2002a；2003a；2004；2005a；2007；2008）に逐次報告してきたが，ここでは上記研究報告に未発表の成果を含めて体系的に取りまとめて報告するものである。

第 2 章 埋設型 EC センサーを利用した効率的施肥管理技術

第 1 節 県内茶園土壌における埋設型 EC センサーを利用した無機態窒素量の推定

2.1.1 序文

福岡県は 2000 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 1500 kg/10 a の場合 53 kgN/10 a，玉露園：生葉摘採量 500 kg/10 a の場合 54 kgN/10 a）に改訂し（福岡県農政部，2000），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いる。そこで，品質の維持を前提として，窒素施用量の削減による環境負荷の低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，烏山ら（1981；鹿児島茶試，1988）は黒ボク土壌で，久保田ら（1989；鹿児島茶試，1988）は赤黄色土壌で，収量，品質面から茶園土壌の最適な時期別の無機態窒素量について報告している。また，岩橋は土壌の電気伝導度を経時的かつ容易に把握できる土壌埋設型 EC センサー（以下，EC センサー）を利用して，静岡県内の茶園土壌に適応した土壌中無機態窒素量の推定法（岩橋，1992）や，最適な土壌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（岩橋，1997；田口ら，1995）を報告している。

しかし，EC センサーを本県で利用するには，茶園の土壌条件や肥培管理等が異なることから（福岡県農政部農業技術課，1988；古閑，1987；静岡県経済農業協同組合連合会，1991），本節では岩橋の報告（岩橋，1992；1997）の県内茶園土壌への適応性について検討するとともに，さらに高い精度で推定できるように，県内の主要な茶園土壌（赤黄色土，黒ボク土）に適応した，EC センサー利用による土壌中無機態窒素量の推定法（以下，福岡推定式）について検討した。

2.1.2 材料および方法

2.1.2.1 県内茶園土壌での静岡推定式の適応性検証

2.1.2.1.1 供試土壌

県内の主要な茶園土壌である赤黄色土及び黒ボク土を，八女市や筑後市など 32 カ所の茶園から採取し，試験に供試した。なお，土壌の採取部位は茶園のうね間表層（深さ 0～20 cm）とし，赤黄色土は 1997 年 3 月，黒ボク土は 1998 年 3 月に採取した。採取した土壌は，風乾後，2 mm のふるいに通して供試した。

2.1.2.1.2 EC センサーによる測定

供試土壌約 1,500 mL を，pF センサー（SPAD-2124）を用いて土壌 pF が 1.5 になるように水を加え，水分が均一になるように混和した。この土壌をカラムに充てんし，密閉後，恒温室（5℃）で 24 時間静置した。静置後，カラム毎に EC センサー（SPAD-2121）を挿入し，3 時間後に EC センサー値を測定した。なお，EC センサーによる測定はカラムの中心部で行った。

2.1.2.1.3 静岡推定値と実測値との比較

測定した EC センサー値を、静岡推定式（岩橋，1992）に代入して得られた無機態窒素量（以下，静岡推定値）と，イオンメーター（ORION-901）により実測した無機態窒素量（アンモニア態窒素＋硝酸態窒素：以下，実測値）を比較し，適合性を検討した。なお，実測はカラムから取り出した土壌で行った。また，アンモニア態窒素は供試土壌 20 g に 10% 塩化カリ溶液 100 mL を加え，硝酸態窒素は供試土壌 20 g に蒸留水 100 mL を加え，いずれも 30 分間振とうし，ろ過後に測定した。

2.1.2.2 福岡推定式の作成

2.1.2.2.1 供試土壌

供試土壌，土壌の採取部位，採取時期および調整は試験 2.1.2.1 と同様に行った。

2.1.2.2.2 EC センサー値と土壌中無機態窒素量との相関

試験 2.1.2.1 と同様の方法で得られた EC センサー値と，実測値との相関を検討した。なお，実測値は試験 2.1.2.1 と同様の方法で測定した。

2.1.2.2.3 EC センサー値と土壌 pF との相関

供試土壌約 1,500 mL を，pF センサーを用いて土壌 pF が 2.5，2.0，1.7，1.5，1.4 になるように水を加え，水分が均一になるように混和した。この土壌をカラムに充てんし，密閉後，恒温室（5℃）で 24 時間静置した。静置後，カラム毎に EC センサーを挿入し，3 時間後に EC センサー値を測定した。なお，EC センサーによる測定はカラムの中心部で行った。

また，土壌 pF1.5 における EC センサー値の高低により，供試土壌を赤黄色土では高 EC 土（5～7 dS/m），中 EC 土（3～5 dS/m），低 EC 土（3 dS/m 未満）の 3 水準，黒ボク土は高 EC 土（3 dS/m 以上），低 EC 土（3 dS/m 未満）の 2 水準に分類して土壌 pF との相関について検討し，推定式の精度を高めた（表 2.1-1）。

表 2.1-1 EC センサー値（dS/m）による供試土壌の分類

土 壌	高 EC 土	中 EC 土	低 EC 土
赤黄色土	7 (6.06)	15 (4.03)	10 (2.43)
黒ボク土	14 (4.25)	—	18 (2.44)

*1 赤黄色土は高 EC 土（5～7 dS/m），中 EC 土（3～5 dS/m），低 EC 土（3 dS/m 未満），黒ボク土は高 EC 土（3 dS/m 以上），低 EC 土（3 dS/m 未満）に分類。

*2 数値はサンプル数。カッコ内は pF1.5 における EC センサー値の平均。

2.1.2.2.4 福岡推定式の作成

EC センサー値と土壌中無機態窒素量との相関および EC センサー値と土壌 pF との相関関係を利用し，岩橋（1992）の報告に準じて福岡推定式を作成した。

2.1.2.3 圃場レベルでの静岡推定式および福岡推定式の検証

圃場レベルにおいて，静岡推定値および試験 2.1.2.2 で作成した福岡推定式により得ら

れた無機態窒素量（以下，福岡推定値）と，実測値との適合性を検討した。調査は，赤黄色土は2000年1月～2001年3月に福岡県八女市今福の農家圃場（標高40 m，土性L/CL）で，黒ボク土は2000年6月～2001年3月に八女分場内圃場（標高144 m，土性L）で行った。調査圃場の施肥実績は表2.1-2に示した。ECセンサーおよびpFセンサーは，岩橋(1994)の報告に準じて埋設した。また，実測する土壌は，うね間中央と雨落ちの中間部の深さ0～20 cmから採取し，イオンメーターで無機態窒素量を測定した。

表 2.1-2 施肥実績

調査圃場 (所在地)	2月 上旬	3月 上旬	4月 上旬	5月 下旬	7月 中旬	8月 中旬	9月 中旬	窒素施用量 (kg/10 a)
赤黄色土茶園 (八女市今福)	春配合*1 (17.6)*2	春配合 (13.2)	苦土硫安 (7.5)	—	硫安 (4.2)	秋配合 (4.0)	秋配合 (4.0)	50.5
黒ボク土茶園 (八女分場内)	春配合 (22.0)	春配合 (6.6)	苦土硫安 (7.5)	有機化成 (4.0)	—	秋配合 (6.0)	秋配合 (6.0)	52.1

*1 春配合にはLPコート30・40・ss100が含まれている。

*2 カッコ内の数字は窒素量 (kg/10 a)

2.1.3 結果

2.1.3.1 県内茶園土壌での静岡推定式の適応性検証

図2.1-1に供試土壌の実測値と静岡推定値との比較を示した。両土壌とも静岡推定値は実測値に対し低い値を示す傾向にあり，その傾向は実測値が高いほど顕著であった。なお，実測値と静岡推定値の間には，赤黄色土で平均38.4 mg/100 g（最大82 mg/100 g，最小19.1 mg/100 g），黒ボク土で平均32.2 mg/100 g（最大68.9 mg/100 g，最小7.6 mg/100 g）の誤差が認められた。

2.1.3.2 福岡推定式の作成

供試土壌の無機態窒素量と土壌pF1.5におけるECセンサー値との相関を図2.1-2に示した。土壌中無機態窒素量をy (mg/100 g)，ECセンサー値をx (dS/m) とすると，赤黄色土は $y=14.7x+4.37$ ，黒ボク土は $y=18.6x-5.2$ の回帰式のもとに，高い相関が認められた。

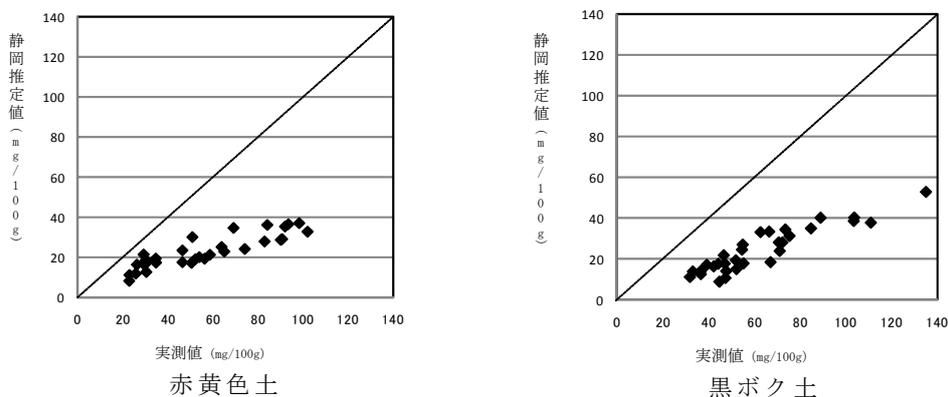
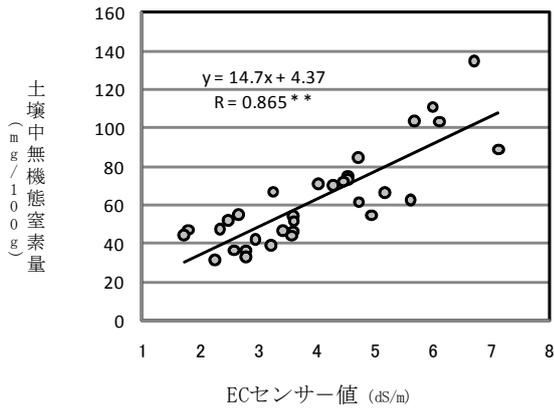


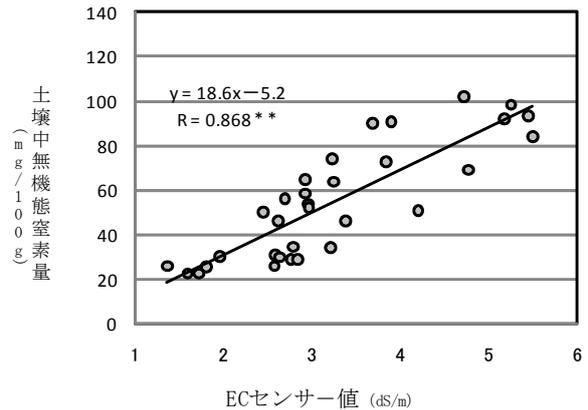
図 2.1-1 供試土壌の実測値*1と静岡推定値*2との比較

*1 イオンメーターで測定した無機態窒素量（アンモニア態窒素＋硝酸態窒素）

*2 静岡式推定式（赤黄色土： $y=7.43x-4.33$ ，黒ボク土 $y=7.79x-1.22$ ，y：無機態窒素量，x：pF1.5におけるECセンサー値）より求めた無機態窒素量



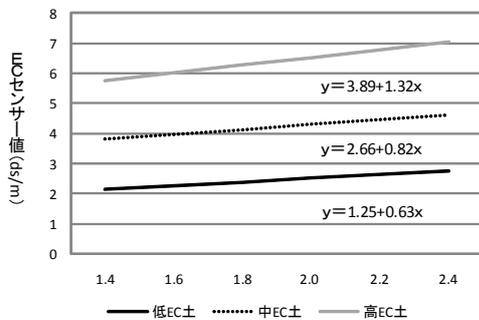
赤黄色土



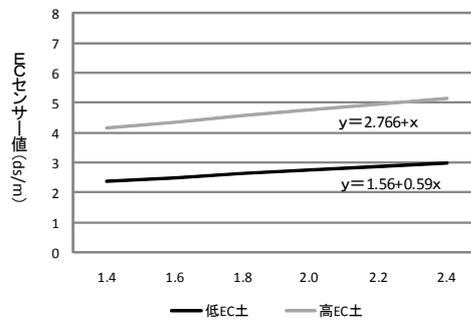
黒ボク土

図 2.1-2 土壌中の無機態窒素量と土壌 pF1.5 における EC センサー値との関係

* 図中の**は 1%水準でこの回帰直線が有意であることを示す。



赤黄色土



黒ボク土

図 2.1-3 土壌別の EC センサー値と土壌 pH 値との関係

* 土壌 pF1.5 における EC センサー値により、赤黄色土は高 EC 土：5～7 dS/m，中 EC 土：3～5 dS/m，低 EC 土：3 dS/m 未満，黒ボク土は高 EC 土 3 dS/m 以上，低 EC 土：3 dS/m 未満に分類。

次に、EC センサー値と土壌 pH との相関を図 2.1-3 に示した。両土壌とも EC センサー値は土壌 pH の上昇に伴い直線的に上昇し、その傾きは高 EC 土ほど大きく、低 EC 土になるほど小さくなる傾向が認められた。この結果を基礎とし、岩橋ら（1992）の報告に準じて福岡推定式の作成を試みた。

まず、図 2.1-3 の pF1.5 における EC センサー値と、関係式の傾き及び y 軸切片から、関係式の傾き a_1 及び y 軸切片 b_1 の変動式を求めた（図 2.1-4，図 2.1-5）。

この変動式を EC センサー値と土壌 pH との関係式 $E = a_1 \times P + b_1$ (E : EC センサー値， P : pH センサー値) に代入することにより、測定した EC センサー値を、pF1.5 状態での値に補正する式①を得た。

$$E_{pF1.5} = \frac{E - 0.176 P + 0.225}{0.118 P + 0.710} \quad \text{式①}$$

($E_{pF1.5}$: pF1.5 状態の EC センサー値)

また、黒ボク土では、 $a_1=0.225 E_{pF1.5}+0.040$ 、 $b_1=0.659 E_{pF1.5}-0.050$ となり、赤黄色土の場合と同様に、EC センサー値と土壌 pF との関係式 $E=a_1 \times P + b_1$ に代入することにより補正式②を得た。

$$E_{pF1.5} = \frac{E - 0.040 P + 0.050}{0.225 P + 0.659} \quad \text{式②}$$

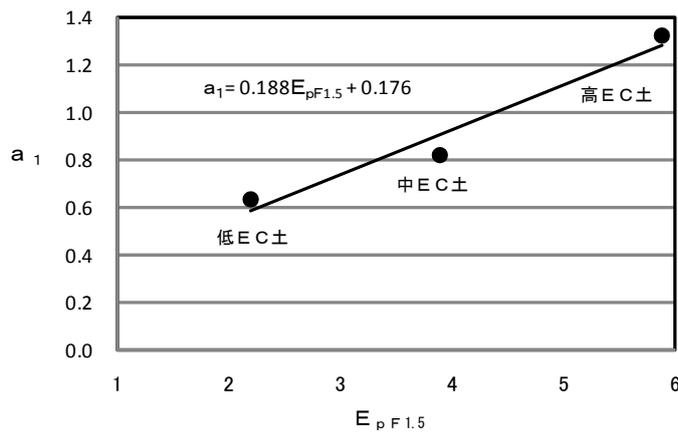


図 2.1-4 EC センサー値と土壌 pF の関係式の傾きの変動

* $E_{pF1.5}$: pF1.5 おける EC センサー値, a_1 : EC センサー値と土壌 pF の関係式の傾き。

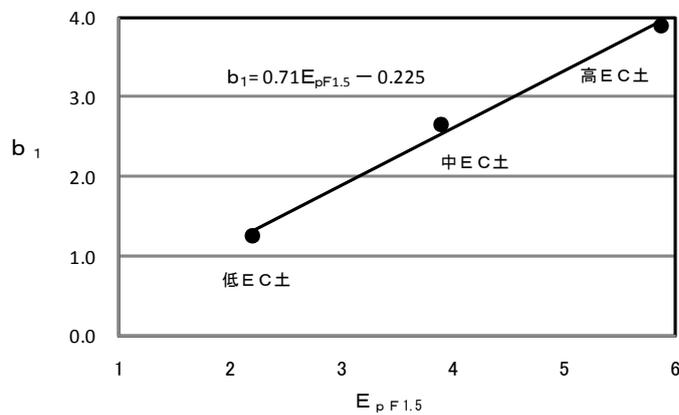


図 2.1-5 EC センサー値と土壌 pF の関係式の y 軸切片の変動

* $E_{pF1.5}$: pF1.5 おける EC センサー値, b_1 : EC センサー値と土壌 pF の関係式の y 軸切片。

次に、式①、②を図 2.1-1 の回帰式に代入することにより、福岡推定式を得た。以下に、土壌別の福岡推定式を示した。

$$\text{赤黄色土} \quad y = 14.7 \times \frac{E - 0.176 \quad P + 0.225}{0.118 \quad P + 0.710} + 4.37$$

$$\text{黒ボク土} \quad y = 18.6 \times \frac{E - 0.040 \quad P + 0.050}{0.225 \quad P + 0.659} - 5.20$$

(y : 土壤中無機態窒素量 mg/100 g, E : ECセンサー値, P : pFセンサー値)

2.1.3.3 圃場レベルでの静岡推定式および福岡推定式の検証

図 2.1-6, 図 2.1-7 に, 茶園での土壤中無機態窒素量の実測値と, 福岡推定値及び静岡推定値の推移を示した。両土壌とも, 静岡推定値は実測値に対し, かなり低い値で推移し, 誤差が大きかった。

一方, 福岡推定値は, 静岡推定値に比べ明らかに実測値に近い値で推移した。なお, 赤黄色土では春季や7月中旬に最大 6 mg/100 g 程度, 黒ボク土では春季に最大 5 mg/100 g 程度の誤差 (実測値の±20%以上) が認められたが, 調査期間を通じての誤差は, 赤黄色土で 4 mg/100 g 程度, 黒ボク土で 3 mg/100 g 程度と, かなり小さかった (表 2.1-3)。

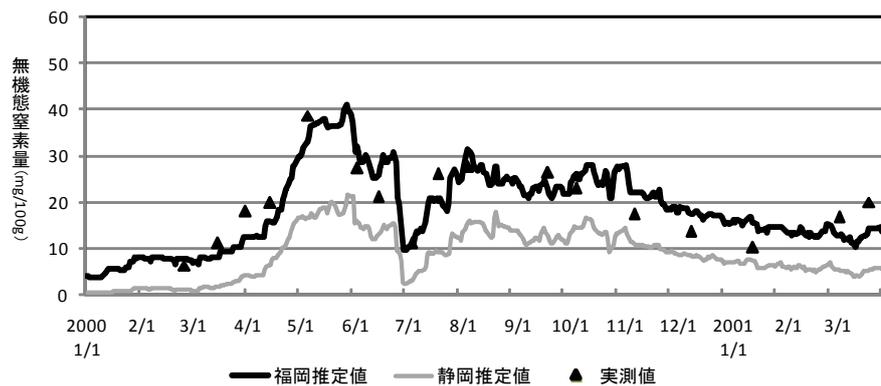


図 2.1-6 赤黄色土茶園における実測値*1と福岡推定値*2および静岡推定値*3の推移

- *1 イオンメーターで測定した無機態窒素量 (アンモニア態窒素 + 硝酸態窒素)。図 2.1-7 も同様。
- *2 試験 2 で作成した福岡推定式により求めた無機態窒素量。図 2.1-7 も同様。
- *3 静岡推定式により求めた無機態窒素量。図 2.1-7 も同様。

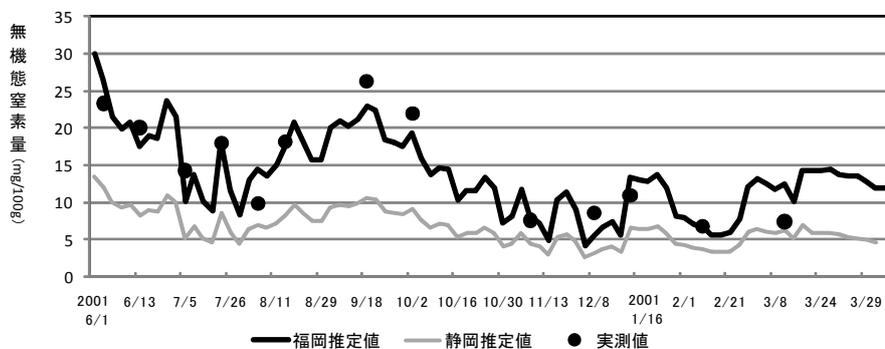


図 2.1-7 黒ボク土茶園における実測値と福岡推定値および静岡推定値の推移

表 2.1-3 土壤中無機態窒素量の実測値と福岡推定値*1との誤差と
無機態窒素量に占めるアンモニア態窒素の比率

土壌	調査期 (回数)	誤差平均*2 (mg/100 g)	誤差比率平均*3 (%)	アンモニア態窒素 比率平均*4 (%)
赤黄色土	通 年 (17)	3.93	19.5	20.1
	誤差発生期*5 (3)	5.75	29.4	42.1
黒ボク土	通 年 (13)	2.64	18.9	14.0
	誤差発生期 (1)	5.10	68.9	46.6

*1 試験 2 で作成した福岡推定式により求めた無機態窒素量。

*2 実測値と福岡推定値との誤差の平均。

*3 実測値に対する誤差（実測値と福岡推定値の差）の割合。

*4 土壤中無機態窒素に占めるアンモニア態窒素の割合。

*5 誤差が 5 mg/100 g 以上，誤差比率が 20% 以上の調査期で赤黄色土は 2000 年 3 月 31 日，7 月 18 日，2001 年 3 月 19 日，黒ボク土は 2001 年 3 月 12 日を示す。

2.1.4. 考 察

福岡県内の茶園土壌において，静岡推定式の適応性を検証した結果，実測値と静岡推定値との間には大きな誤差が認められ，静岡推定式は県内の茶園土壌には適応し難いと考えられた。これは，静岡県と本県の茶園土壌では，EC センサー値と土壤中無機態窒素量の相関（図 2.1-1，図 2.1-2）や EC センサー値と土壌 pF との相関が異なることに起因している。このため，EC センサーを利用した土壤中無機態窒素量の推定には，本県の茶園土壌に適応した推定式を作成する必要がある。また，久保田ら（1991）は，土壌の電気伝導度から無機態窒素量を推定する方法（回帰式）を明らかにしているが，土壌の種類や環境条件等により回帰式が異なるため，地域別に回帰式を作成する必要があることを指摘している。

そこで，県内の茶園土壌に適応した，土壤中無機態窒素量推定式（福岡推定式）を作成し，圃場レベルでの適応性を検討した。その結果，福岡推定値は静岡推定値に比べ，明らかに実測値に近い値を示し，誤差も小さかった。このことから，福岡推定式の精度は高いことが実証され，圃場レベルでの適応が期待できる。

一方，福岡推定式においても，春季（両土壌）や 7 月中旬（赤黄色土）に比較的大きな誤差が認められた。ここで，誤差が大きかった調査期の無機態窒素の組成をみると，無機態窒素量に占めるアンモニア態窒素の比率が高かった（表 2.1-3）。このことは，土壌溶液中のイオンに反応する EC センサーは，土壌に吸着されやすいアンモニア態窒素に対しては反応が鈍く，アンモニア態窒素が多く含まれる時期には，誤差が生じやすいといえる。このため，アンモニア態窒素比率が高くなる時期は，施肥資材の分解特性，施用量及び気象条件等から，アンモニア態窒素の発現量を加味する等の対応が必要となる。

ところで，本試験で用いた EC センサーは，土壌 pF や EC が極端に高い状況では，EC センサー自体の測定誤差が生じる恐れもあるが，本試験では試験期間を通じて測定誤差が生じるような状況になることはなかった。しかしながら，干ばつ時や施肥直後で EC が急激に上昇する状況下では，EC センサー自体の測定誤差に注意する必要がある。

以上のことから，県内の主要な茶園土壌に適応した，EC センサー利用による土壤中無機態窒素量の推定法が明らかとなった。今後，さらに環境負荷の低減が強く求められる中，土壌中の無機態窒素量をリアルタイムで容易に把握できる技術の確立は，より効率的な施

肥技術の開発に貢献できる。そのためにも、本試験で確立した福岡推定式の精度をさらに高めるため、ECセンサーが反応するその他の成分（カリ、塩素、苦土等）による補正法の検討や（岩橋，1992），ECセンサーを利用して、品質を維持しつつ窒素施用量を大幅に節減できる効率的施肥管理を実証していく必要がある。

2.1.5. 摘 要

埋設型 EC センサー値から茶園土壌中の無機態窒素量を求める静岡推定式の本県茶園土壌への適応性を検証するとともに、適応性の高い本県独自の推定式について検討した。

1. 静岡推定式は、実測値と推定値との差が大きく、本県茶園土壌への適応は困難である。
2. EC センサー値と土壌 pF 値および実測した土壌中無機態窒素量の相関式等を解析し、適応性の高い土壌中無機態窒素量推定式（福岡推定式）を確立した。

$$\text{赤黄色土} \quad y = 14.7 \times \frac{E - 0.176 P + 0.225}{0.118 P + 0.710} + 4.37$$

$$\text{黒ボク土} \quad y = 18.6 \times \frac{E - 0.040 P + 0.050}{0.225 P + 0.659} - 5.20$$

（y：土壌中無機態窒素量 mg/100 g， E：EC センサー値， P：pF センサー値）

第2節 埋設型 EC センサーを利用した効率的施肥管理の実証

2.2.1 序 文

前節において、県内の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明らかにした。一方、岩橋（1997）は EC センサーを利用して、目標とする時期別の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検討した。その結果、窒素施用量を約 120 kg/10 a から約 80 kg/10 a まで削減できることを報告している。しかしながら、同法で窒素施用量を 50 kg/10 a レベルまで削減を試みた報告はない。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（加治ら，2001）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、本節では 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 50 kg/10 a レベルまで削減できる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。

2.2.2 材料および方法

2.2.2.1 試験場所および土壤条件

福岡県八女市今福（標高 40 m，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 30 cm 程度客土して造成した。土性は 0～40 cm 付近までは壤土で、透水性や通気性に優れており，40 cm 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表 2.2-1 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。

表 2.2-1 供試圃場の土壤理化学性（1998 年）

圃場区分*1	pH (H ₂ O)	T-C (%)	CEC (me)	交換性塩基 (mg/100 g)			三相分布 (%)			
				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

*1 表層は深さ 0～20 cm，下層は深さ 20～40 cm。

2.2.2.2 試験区の構成

試験規模は減肥区 10 a，対照区 10 a の計 20 a 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（硝酸態窒素とアンモニア態窒素の合計，100 g 当たり春季 32 mg，夏季 45 mg，秋季 12 mg。以下，目標窒素量）（江上ら，1998；久保田ら，1989）に適合するように，窒素施用量 50～60 kg/10 a 程度で施肥設計した（表 2.2-2）。この設計を基本とし，前節の方法により EC センサー値から推定される土壤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および施肥時期を調

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壤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。施肥資材は被覆尿素（LPコート）入り配合肥料，配合肥料，硫安，苦土硫安を使用した。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節に準じて，うねに対して直角方向に4本/10 a，センサー部はうね間の中央の深さ20 cm部とした。

2.2.2.3 浸透水中の硝酸態窒素濃度および窒素溶脱量の測定

浸透水中の硝酸態窒素濃度は，うね間および樹冠下部の地下に簡易ライシメータ（図2.2-1）を埋設して浸透水を採取し，イオンクロマトグラフィーにより測定した。なお，簡易ライシメータの受水部は地下1 m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，浸透水量に硝酸態窒素濃度を乗じて求めた。

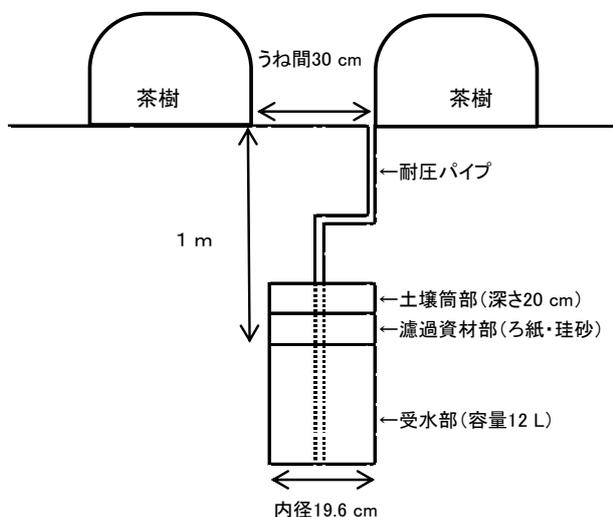


図 2.2-1 簡易ライシメータの構造図

2.2.2.4 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。荒茶の化学成分は，試料をサイクロンサンプルミル（Udy，米国）を用いて粉碎後，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（アスパラギン酸，グルタミン酸，アスパラギン，セリン，グルタミン，スレオニン，グリシン，アルギニン，テアニン，アラニン，チロシン，γ-アミノ酪酸，メチオニン，バリン，フェニルアラニン，イソロイシン，ロイシン，リジン）およびカテキン類（EC，ECg，EGC，EGCg）は池ヶ谷ら（1990）の分析法に従い，HPLC（島津製作所 LC-6A）で測定した。

2.2.3 結果

2.2.3.1 窒素施用量および土壤中無機態窒素量の推移

施肥資材と窒素施用量を表 2.2-2 に，土壤中の無機態窒素量の推移について図 2.2-2 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（丸数字は図 2.2-2 に準じる）。1999 年は，

表 2.2-2 施肥資材及び窒素施用量 (kg/10 a)

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
						夏7/10	硫 安	12.6
秋8中	配 合	7.0	秋8/20	配 合	4.0 (-3.0:③)	秋8/17	ぼかし肥	16.5
秋9中	配 合	7.0	秋9/13	配 合	4.0 (-3.0:③)			
窒素施用量 計		67.0			64.0 (-3.0)			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
						夏7/13	硫 安	8.4
秋8中	配 合	7.0	秋8/17	配 合	4.0 (-3.0:③)	秋8/17	ぼかし肥	9.6
秋9中	配 合	7.0	秋9/11	配 合	4.0 (-3.0:③)	秋9/8	ぼかし肥	8.8
窒素施用量 計		53.8			50.5 (-3.3)			77.7
2001年						2001年		
春2上	LP入配合	15.4	春2/6	LP入配合	22.0	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	22.0	春3/2	油 粕	10.0
芽4中	苦土硫安	7.5	芽4/3	苦土硫安	9.0 (←:①)	芽4/11	苦土硫安	9.0
			夏7/30	苦土硫安	3.0 (+2.1:②)	夏5/15	硫 安	12.6
						夏6/14	硫 安	8.4
						夏7/15	硫 安	8.4
秋8中	配 合	4.0	秋8/10	配 合	4.0 (+1.1:②)	秋8/12	ぼかし肥	10.2
秋9中	配 合	4.0	—	—	0.0 (-4.0:③)	秋9/2	ぼかし肥	10.2
窒素施用量 計		46.3			45.4 (-0.9)			76.1

*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L30（リニア30日）・L40（リニア40日）・SS100（スーパーシグモイド100日）入り配合肥料，ぼかし肥：原料は米糠，漁粕，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。丸数字は図2.2-1に準ずる。

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月および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50.5 kg/10 a，2001年は45.4 kg/10 aであり，削減目標である50 kg/10 aレベルの窒素施用量となった。

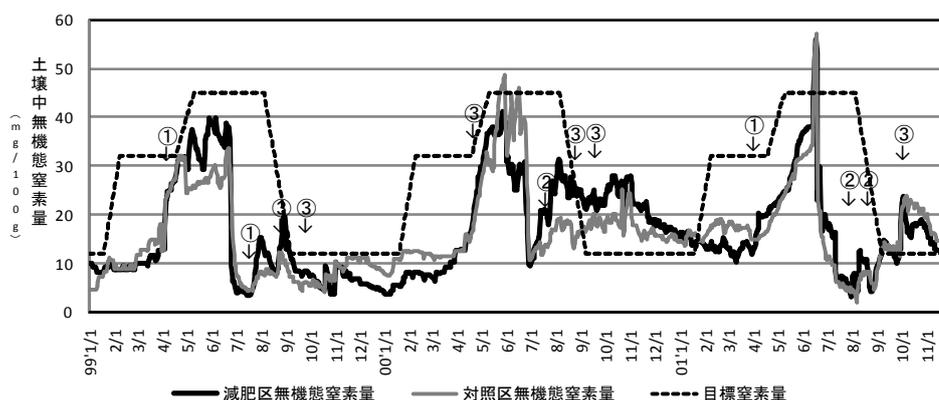


図 2.2-2 土壤中無機態窒素量の推移

* 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。

2.2.3.2 生葉収量および荒茶品質

両区の生葉収量を表 2.2-3 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（表 2.2-4）。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（表 2.2-4）。一方，荒茶の化学成分含有量について，全窒素およびカテキン類は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（表 2.2-5）。

表 2.2-3 生葉収量

区分	一番茶 (kg/10 a)				二番茶 (kg/10 a)			
	1999年	2000年	2001年	平均	1999年	2000年	2001年	平均
減肥区	725 (115)* ¹	579 (101)	566 (98)	623 (105)	611 (104)	465 (108)	478 (104)	518 (105)
対照区	633 (100)	575 (100)	579 (100)	596 (100)	590 (100)	431 (100)	458 (105)	493 (100)
有意性* ²	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.

*¹ カッコ内は対照区を100とした指数

*² t検定により*は5%水準で有意差あり，n. s. は有意差なし。

表 2.2-4 荒茶品質（官能評価及び市場評価）

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	
一番茶	減肥区	99.5	99.5	99.4	3,741(99)*3	4,480(100)	3,500(100)	3,907(100)
	対照区	98.3	99.0	99.4	3,769(100)	4,500(100)	3,500(100)	3,923(100)
二番茶	減肥区	98.7	99.5	98.1	2,000(98)	1,800(97)	1,600(97)	1,800(97)
	対照区	99.0	99.0	98.4	2,050(100)	1,850(100)	1,650(97)	1,850(100)

*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 JA 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

表 2.2-5 荒茶中の化学成分量

区分	全窒素(%)			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	2,569a*3	2,035	2,027	16.0	16.9	18.0
	対照区	5.25	4.88	4.95	2,405b	2,016	1,816	16.1	16.7	17.7
	有意性	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
二番茶	減肥区	4.44	4.79	4.50	978b	2,186	1,110	18.9	17.5	20.0
	対照区	4.60	4.83	4.63	1,132a	2,208	1,150	19.0	17.3	19.3
	有意性	n. s.	n. s.	n. s.	*	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

*1 テアニン他19種類の合算値

*2 EC, ECg, EGC, EGCgの合算値

*3 t検定により*は5%水準で有意差あり，n. s.は有意差なし。

2.2.3.3 浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移及び窒素溶脱量

浸透水中の硝酸態窒素濃度の経時変化を図 2.2-3 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態窒素濃度は，対照区が44～47 mg/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30 mg/L，2000年は約26 mg/L，2001年は約21 mg/L

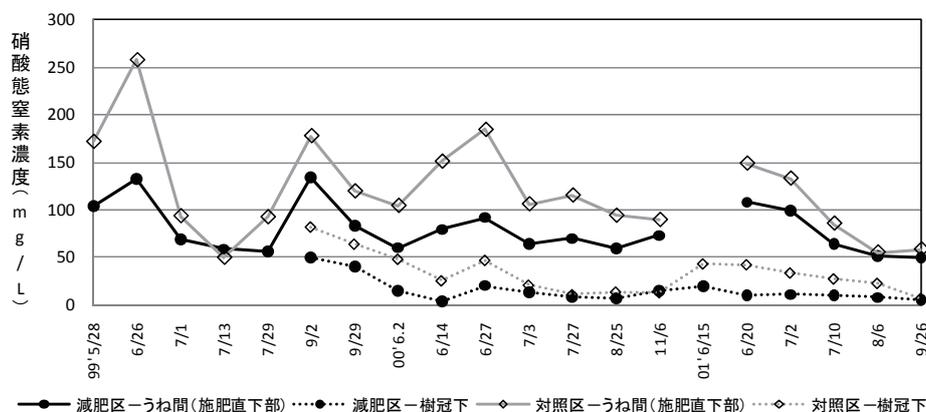


図 2.2-3 浸透水中の硝酸態窒素濃度の経時変化

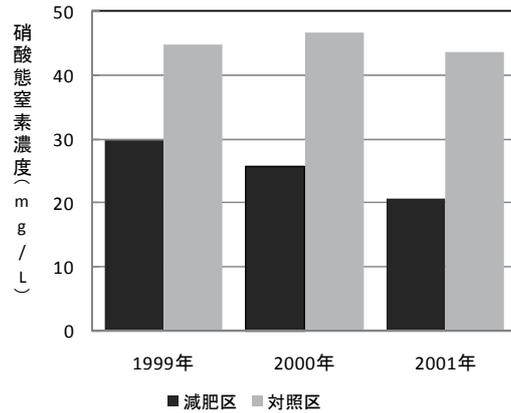


図 2.2-4 浸透水中の硝酸態窒素濃度の年間平均値

表 2.2-6 窒素溶脱量 (kg/10 a)

試験区	1999年	2000年	2001年	平均
減肥区	48.3(64)*1	29.3(54)	25.3(48)	34.3(56)
対照区	75.6(100)	54.1(100)	53.0(100)	60.9(100)

*1 カッコ内は対照区を100とした指数

表 2.2-7 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

*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）

と、減少傾向を示した（図 2.2-4）。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（表 2.2-6）。

2.2.4 考察

2.2.4.1 窒素施用量およ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、50 kg/10 a レベルまで施肥削減することができた（表 2.2-2）。また、土壌中無機態窒素量は2~3月および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（図 2.2-2）。

2～3月の土壤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、施肥資材の窒素の溶出や無機化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、土壤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、土壤中の無機態窒素量も高く推移することを報告している（堺田ら，2002b）。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、土壤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およ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、土壤水分の調節も必要と考えられた。

一方、7月の土壤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壤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（1998）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。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、土壤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50 kg/10 a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。

2.2.4.2 生葉収量および荒茶品質

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（1989）は、春季および夏季の土壤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。本試験において、減肥区の土壤中無機態窒素量は2～3月および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。

一方、岡野ら（1999）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。また、高野（2001）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。そこで、両区の樹体内窒素含有量の変化を調査した（表 2.2-7）。その結果、窒素施用量の削減に伴う樹体内窒素含有量の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。

2.2.4.3 浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移および窒素溶脱量

浸透水中の硝酸態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挙げられ、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（2000）の報告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、浸透水中の硝酸態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21 mg/Lまで低下した（図 2.2-4）。松尾ら（2002）は、集水域が茶園地帯の窒素フローを調査し、地下水の硝酸態窒素濃度の環境基準値（10 mg/L）をクリアするための窒素施用量の目安を50 kg/10 a程度としている。また、加治ら（2002）は、火山灰土壌の茶園において、窒素施用量を50 kg/10 a以下にすると、溶脱する硝酸態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。しかしながら、本試験では、2001年の窒素施用量が50 kg/10 a以下にもかかわらず、地下水の硝酸態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1 m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（加治ら、2001）、等が挙げられる。一方、減肥区の硝酸態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、50 kg/10 aレベルの施肥の継続で地下水の硝酸態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50 kg/10 a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が必要と思われる。

2.2.5 摘 要

埋設型 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、収量、品質を維持しつつ、窒素施用量を50 kg/10 a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、窒素施用量は対照区と比較して40%程度低減することができた。

第 3 節 施肥低減下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壌中の無機態窒素量

2.3.1 序 文

前節では、EC センサーを利用して土壌中の無機態窒素量をリアルタイムで把握し、目標とする土壌中の無機態窒素量の過不足に応じて追肥等の施肥の調節を行うことで、収量や品質を維持しつつ、窒素施用量 50 kg/10 a レベルまで削減できることを実証した。

前節において施肥調節の目安とした目標とする土壌中の無機態窒素量は、過去の施肥基準レベル（窒素施用量 70～80 kg/10 a）で検討された数値であり、よりの確な施肥調節を実践するためには、窒素施用量 50 kg/10 a レベルでの好適な時期別の土壌中無機態窒素量に基づくことが前提となる。これまで、茶芽への施肥窒素の寄与率（烏山ら，1996；2000；岡野ら，1999）や時期別の窒素吸収率（保科，1985；渡部，1994；渡部ら，1995）に関しては多くの報告があるが、窒素施用量 50 kg/10 a レベルでの好適な時期別の土壌中無機態窒素量を検討した事例は見当たらない。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ない。また、土壌中無機態窒素量と相関の高い土壌溶液の EC を EC センサーで測定し、パソコンに連結してリアルタイムで土壌養分状態を把握するシステム（堺田ら，2003a）が八女地域で導入されているが、このシステムによる施肥管理技術確立のためにも、窒素施用量 50 kg/10 a レベルでの好適な時期別土壌中無機態窒素量の設定が急務である。

そこで本節では、窒素施用量を 50 kg/10 a レベルに設定し、高品質煎茶生産のための時期別の施肥割合と土壌中無機態窒素量について検討した。

2.3.2 材料および方法

2.3.2.1 試験場所および試験区の構成

福岡県八女郡黒木町（現在，八女市黒木町）の八女分場内（標高 144 m，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，供試圃場の土壌理化学性を表 2.3-1 に，試験区の構成および施肥設計を表 2.3-2 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（福岡県農政部，2000）の施肥割合とした。年間窒素施用量は県の施肥基準に準じ 53.0 kg/10 a とした。施肥は各区の 10 a 当たり窒素施用量相当の硫酸を 1000 L 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 11.5 kg/10 a 施用した。試験規模は 1 区 14.4 m² で，3 反復実施した。

表 2.3-1 供試圃場の土壌理化学性（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

*1 表層は深さ 0～20 cm，下層は 20～40 cm。

表 2.3-2 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)* ¹	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(慣行)	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/10 a)

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

*3 標準は福岡県茶施肥基準 (2000年) に準じる。

2.3.2.2 調査項目

土壌中の無機態窒素量について, うね間中央の表層 (深さ 0~20 cm) および下層 (深さ 20~40 cm) の土壌をほぼ 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ィー (東亜ディーケーケー IA-100), 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量 (100 g 当たり) とした。土壌中無機態窒素量の時期別の平均値は, 久保田ら (1989) の報告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, 表 2.3-2 の施肥設計で ¹⁵N 硫安 (7.05 atom%) を窒素成分でポット当たり 2.65 g 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観 (形状, 色沢) および内質 (香氣, 水色, 滋味) を審査し, パネル 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, 遊離アミノ酸およびタンニン含有量は近赤外分析計 (静岡製機 GT-8S) で測定した。

2.3.3 結果

2.3.3.1 土壌中の無機態窒素量

うね間土壌中の無機態窒素量の推移を図 2.3-1 に示した。冬季は全区, 10 mg/100 g 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, 窒素量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壌中無機態窒素量の時期別平均値を表 2.3-3 に示した。1~2 月は 7~10 mg/100 g 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 30 mg/100 g 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数値を示した。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・秋肥重点区および標準区が 20~25 mg/100 g 程度で推移し, 他区に比べ高かった。

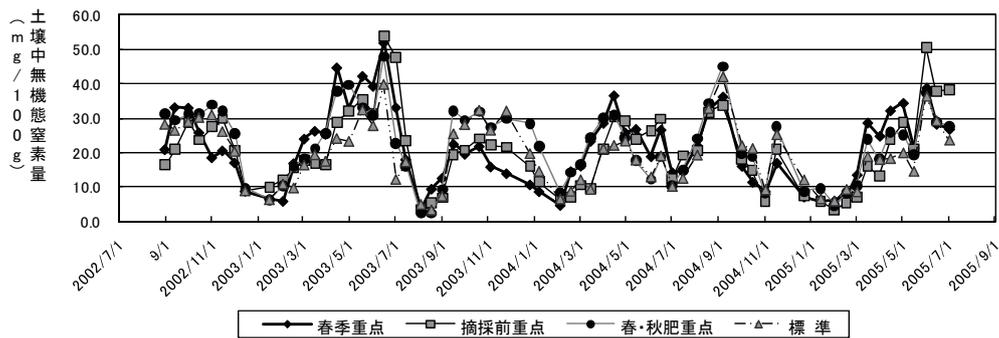


図 2.3-1 うね間土壤中の無機態窒素量の推移

* 表層 (0~20 cm) および下層 (20~40 cm) 土壌の平均値

表 2.3-3 うね間土壤中の無機態窒素量の推移*1

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(慣行)	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, ... は窒素量の測定値, 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

2.3.3.2 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)および分配量(新芽への¹⁵Nの利用量)について表2.3-4に示した。施肥窒素の寄与率は、一番茶では春季重点区が54.7%と最も高かった。二番茶は、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、全ての区で高かった。

表 2.3-4 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% excess)	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	3.82	54.7	432	28.6
	摘採前重点	16.9	5.30	3.14	43.9	393	23.3
	春・秋肥重点	17.3	5.14	3.44	48.7	433	25.0
	標準	15.2	4.69	3.34	47.1	336	23.1
二番茶	春季重点	19.4	4.26	2.99	41.5	343	17.7
	摘採前重点	19.9	4.22	3.10	43.3	363	18.3
	春・秋肥重点	17.6	4.25	2.93	40.6	303	17.2
	標準	16.0	4.15	2.91	40.3	267	16.7

*1 全窒素は乾物当たり

*2 寄与率は施肥資材(¹⁵N硫酸)の¹⁵N濃度(6.68 atom% excess: 7.05 atom%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。

施肥窒素の新芽への分配量は、一番茶では春季重点区および春・秋季重点区が 430 mg 程度、二番茶では春季重点区および摘採前重点区が 350 mg 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 28.6 mg/g で、他区より 14~29% 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、9~22% 多かった。

2.3.3.3 生葉収量及び荒茶品質

生葉収量を表 2.3-5 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、摘採前重点区および春・秋肥重点区は、標準区に対し 2005 年は同程度であったが、2003 年および 2004 年は多かった。荒茶の官能評価を表 2.3-6 に示した。一番茶では 2003 年で春季重点区および摘採前重点区が他区に対しやや優れた。2004 年および 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 年は春季重点区およ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、全窒素を表 2.3-7、遊離アミノ酸を表 2.3-8、タンニンを表 2.3-9 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 年は春季重点区および摘採前重点区、2005 年は春季重点区が多い傾向を示した。二番茶は、2003 年および 2004 年で春季重点区およ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。

表 2.3-5 施肥体系の違いと生葉収量 (kg/10 a)

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) ^{*2ab*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)。

表 2.3-6 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	-	-	-	-	-	-

* 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。

表 2.3-7 荒茶の全窒素含有量の比較（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）。

表 2.3-8 荒茶の遊離アミノ酸含有量の比較（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）。

表 2.3-9 荒茶のタンニン含有量の比較（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）。

2.3.4 考察

2.3.4.1 土壤中の無機態窒素量

土壤中の無機態窒素量は、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および秋季というように、施肥実施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壤水分の影響を受けにくく、施肥の有無および施用量の多少が土壤中の無機態窒素量に速やかに反映したものと推察される。一方、標準区は夏肥Ⅱにより6～7月の窒素量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壤採取日の違いや、年次変動等を考慮するため、処理期間中の無機態窒素量の平均値を算出した（表 2.3-3）。久保田ら（1989）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壤中無機態窒素量を、春季（2月～4月）30 mg/100 g、夏季（5月～8月中旬）45 mg/100 g、秋季（8月下旬～11月）15 mg/100 g に設定している。本試験では、より詳細な時期別の土壤中無機態窒素量を設定するため、2カ月単位での平均量を算出したが、久保田らが設定した数値に対し、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用量を53 kg/10 a に設定しているのに対し、久保田らは設定した土壤中無機態窒素量より低く推移している場合に追肥を行っ

ており、年間窒素施用量は本試験より 10 kg/10 a 以上多い、約 64 kg/10 a 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、窒素施用量 60 kg/10 a 以上の施肥では環境負荷の問題が懸念される（松尾ら、2000）。このため、本試験のように窒素施用量を 50 kg/10 a レベルまで低減させて好適な土壌中無機態窒素量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。

2.3.4.2 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、年間窒素施用量 53 kg/10 a 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、9～22%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が高かったと考えられる。また、烏山ら（1996）は、年間窒素施用量が 50 kg/10 a、生葉収量 1,500 kg/10 a 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 45～56%が、二番茶を構成する窒素では 57～60%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。

2.3.4.3 生葉収量および荒茶品質

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および摘採前重点区が優れる傾向を示した。江上ら（1998）や久保田ら（1989）は、春季およ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。本試験において、春季重点区の土壌中無機態窒素量は 3～4 月は 27 mg/100 g、5～6 月は 31.9 mg/100 g 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量は 5～6 月は 31.9 mg/100 g で、試験区間で最も高かったが、3～4 月は 17.0 mg/100 g 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が（渡部、1994）、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量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量の平均値 (mg/100 g) 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 50 kg/10 a レベルにおける好適な土壌中無機態窒素量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量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量をもとに、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。

2.3.5 摘 要

煎茶園において、窒素施用量 50 kg/10 a 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、好適な土壌中無機態窒素量について検討した。

1. 年間窒素施用量が 50 kg/10 a 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壌中無機態窒素量の平均値 (mg/100 g) 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 50 kg/10 a レベルにおける高品質茶生産に好適な土壌中無機態窒素量の目安として考えられた。

第 4 節 施肥低減下における高品質玉露生産のための時期別施肥割合と好適な土壌中の無機態窒素量

2.4.1 序 文

前節で述べた研究において、窒素施用量 50 kg/10 a 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、好適な土壌中の無機態窒素量を明らかにした。

一方、一番茶のみの摘採で、摘採前に 20 日前後の被覆を行い、新芽生育期間も煎茶より数日長い玉露園において、収量、品質面から好適な時期別の土壌中無機態窒素量や施肥時期、施肥割合を検討した報告は見当たらない。さらに、窒素施用量 50 kg/10 a レベルで、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事例もない。このため、玉露園での好適な時期別の土壌中無機態窒素量の設定が急務であり、本節では窒素施用量を 50 kg/10 a レベルに設定し、高品質玉露生産のための時期別の施肥割合と土壌中無機態窒素量について検討した。

2.4.2 材料および方法

2.4.2.1 試験場所および試験区の構成

福岡県八女郡黒木町（現在、八女市黒木町）の八女分場内（標高 144 m, 赤黄色土, LiC/HC）の茶園において、品種‘やぶきた’（1970 年 4 月定植, 自然仕立て, 化学繊維の二段被覆, 被覆開始は 1～1.5 葉開葉時, 20 日間被覆）を供試し, 2002 年 8 月～2005 年 7 月の 3 年間, 試験を実施した。なお, 供試圃場の土壌理化学性を表 2.4-1 に, 試験区の構成および施肥設計を表 2.4-2 に示した。2000 年に改訂した県施肥基準の施肥割合に準じて施肥を行う標準区に対して, 春肥重点区は春肥, 芽出し肥重点区は芽出し肥, 秋肥重点区は秋肥の施肥割合を高く設定した。なお, 年間窒素施用量は県の施肥基準に準じ 54.0 kg/10 a とした。施肥は各区の 10 a 当たり窒素施用量相当の硫酸を 1000 L の水に溶かし, 液肥として各施

表 2.4-1 供試圃場の土壌理化学性（試験開始時：2002 年）

圃場区分*2	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)			可溶性窒素 (mg/100g)	土性	三相分布 (%)		
							CaO	MgO	K ₂ O			固相	液相	気相
表 層	4.3	3.1	0.43	22.1	3.9	34.1	4.95	1.62	2.82	98.8	LiC	38.5	36.1	25.4
下 層	4.2	3.5	0.25	11.8	1.8	25.6	4.36	1.39	1.93	34.9	HC	42.6	34.2	23.2

*1 採土日：2002 年 7 月 23 日

*2 表層は深さ 0～20 cm, 下層は深さ 20～40 cm

表 2.4-2 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 (6～7 月)	秋 肥 (8～9 月)	計
春肥重点	50(27.0)*1	15(8.1)	—	35(18.9)	100(54.0)
芽出し肥重点	35(18.9)	30(16.2)	—	35(18.9)	100(54.0)
秋肥重点	35(18.9)	15(8.1)	—	50(27.0)	100(54.0)
標 準 *3	35(18.9)	15(8.1)	15(8.1)	35(18.9)	100(54.0)

*1 カッコ内は窒素施用量 (kg/10 a)

*2 リン酸は過リン酸石灰, カリは硫酸カリを, 春, 秋に各成分量で 14.0 kg/10 a 施用した。

*3 標準は福岡県茶施肥基準 (2000 年) に準じる。

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 14.0 kg/10 a 施用した。試験規模は 1 区 7.2 m² で、3 反復とした。

2.4.2.2 調査項目

土壌中の無機態窒素量およびその時期別平均値は、前節に準じて測定、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、1/2000 a のワグネルポットに赤黄色土（LiC）を 11 kg 充填して定植した 2 年生（処理開始時）の茶株を用い、表 2.4-2 の時期別施肥割合に準じて ¹⁵N 硫安（7.05 atom%）を年間窒素成分でポット当たり 2.7 g（54 kgN/10 a 相当）施用した。処理は各区、2 反復とした。調査は一番茶芽を対象とし、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（烏山ら、2000）。

荒茶品質の官能評価および荒茶中の化学成分含有量（全窒素、遊離アミノ酸、タンニン）は前節に準じて調査した。

2.4.3 結果

2.4.3.1 土壌中の無機態窒素量

うね間土壌中の無機態窒素量の推移を図 2.4-1 に示した。秋季から冬季にかけては、秋肥重点区が他区に比べ高めに推移した。その後、3 月から 4 月にかけては春肥重点区が、5 月から 6 月にかけては芽出し肥重点区が、他区に比べて高めに推移した。一方、梅雨期の降雨により、7 月は全区、窒素量は一時的に低下したものの、8 月以降は全区、同様に上昇傾向を示した。

処理期間における土壌中無機態窒素量の時期別平均値を表 2.4-3 に示した。1～2 月は 10～14 mg/100 g で試験区間の差は比較的小さかったが、3 月から 4 月にかけては春肥重点区が 29 mg/100 g 程度、5 月から 6 月にかけては芽出し肥重点区が 31 mg/100 g 程度の高い窒素量を示した。7 月から 8 月にかけては、梅雨期の降雨の影響で全区、前期間に比べ低下し、13～16 mg/100 g 程度で推移した。9 月から 12 月にかけては、秋肥重点区が 27 mg/100 g 程度で推移し、21～23 mg/100 g 程度で推移した他区に比べ高い傾向を示した。

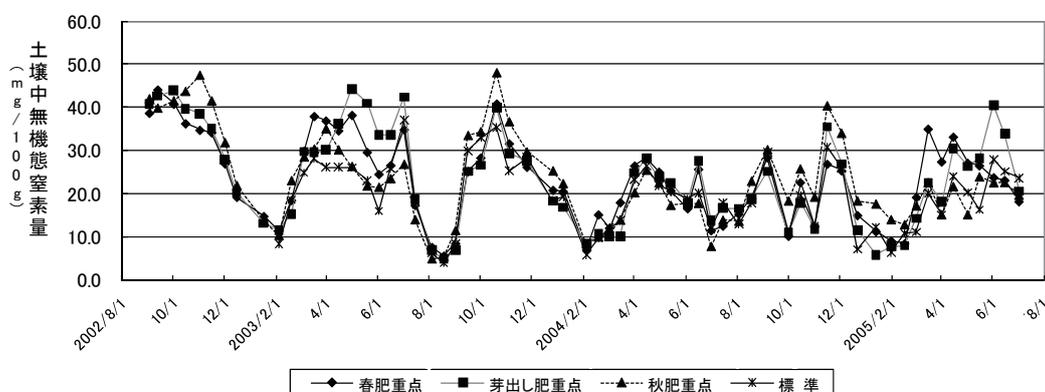


図 2.4-1 うね間土壌中の無機態窒素量の推移

* 表層（深さ 0～20 cm）および下層（深さ 0～40 cm）土壌の平均値

表 2.4-3 土壤中無機態窒素量の時期別平均値*1 (mg/100 g)

試験区名	1~2月	3~4月	5~6月	7~8月	9~10月	11~12月
春肥重点	12.1	29.0	25.0	14.1	22.4	21.9
芽出し肥重点	10.6	23.4	31.1	15.9	21.4	23.7
秋肥重点	13.9	22.7	21.0	13.4	26.8	27.9
標準	11.1	21.0	21.5	15.8	22.6	22.0

*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 ... は窒素量の測定値, 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

2.4.3.2 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および分配量について表 2.4-4 に示した。施肥窒素の寄与率は、芽出し肥区が 55.2% と最も高く、春肥重点区も 54.8% で同程度であった。なお、秋肥重点区及び標準区は 50% 程度であった。

一方、施肥窒素の新芽への分配量は、春肥重点区が 586 mg で、他区に比べ多かった。また、単位乾物重当たり施肥窒素分配量は、春季重点区が 31.2 mg/g, 芽出し肥重点区が 32.1 mg/g で、秋肥重点区や標準区より多かった。

表 2.4-4 施肥窒素の新芽への寄与率と分配量 (2004年)

施肥体系	乾物重 (g)	全窒素*1 (%)	¹⁵ N濃度 (atom% excess)	寄与率*2 (%)	¹⁵ N分配量*3 (mg)	¹⁵ N分配量/乾物重 (mg/g)
春肥重点	18.8	5.69	4.03	54.8	586	31.2
芽出し肥重点	17.9	5.81	4.06	55.2	574	32.1
秋肥重点	19.6	5.46	3.72	50.1	535	27.4
標準	17.4	5.40	3.75	50.6	474	27.3

*1 全窒素は乾物当たり

*2 寄与率は全窒素に占める ¹⁵N の割合。

*3 ¹⁵N 分配量は乾物重 × 全窒素 × 寄与率で算出した。

2.4.3.3 生葉収量および荒茶品質

生葉収量を表 2.4-5 に示した。春肥重点区は 2003 年で秋肥重点区に対して、2005 年は標準区に対して多かった。その他の茶期および試験区間には有意な差は認められなかったが、春肥重点区は他区に対し 3 カ年ともにやや多い傾向であった。

表 2.4-5 施肥体系の違いと生葉収量 (kg/10 a)

施肥体系	生葉収量*1 (kg/10 a)		
	2003年	2004年	2005年
春肥重点	791(105)*2a *3	564(103)	636(106) a
芽出し肥重点	772(102) ab	551(102)	616(103) ab
秋肥重点	749(99) b	546(101)	606(101) ab
標準	757(100) ab	542(100)	601(100) b

*1 摘採日は、2003年: 5月6日, 2004年: 5月7日, 2005年: 5月9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)。

荒茶の官能評価を表 2.4-6 に示した。2003 年は芽出し肥重点区が他区に対し優れた。一方、2004 年および 2005 年は、春肥重点区が他区に対し優れる傾向にあった。

荒茶の化学成分含有率を表 2.4-7 に示した。全窒素について、2003 年は春肥重点区および芽出し肥重点区、2004 年および 2005 年は春肥重点区が、他区に対して多かった。遊離アミノ酸は、2003 年において春肥重点区および芽出し肥重点区が他区に対して多い傾向を示したが、2004 年および 2005 年は全区、同程度であった。タンニンは、2003 年において春肥重点区および芽出し肥重点区、2004 年において春肥重点区および標準区が少ない傾向を示したが、2005 年は全区、同程度であった。

表 2.4-6 荒茶官能評価

施肥体系	一番茶		
	2003 年	2004 年	2005 年
春肥重点	-0.50	+1.00	+2.00
芽出し肥重点	+1.00	+0.75	+1.50
秋肥重点	-1.25	+0.50	±0
標準	-	-	-

* 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。

表 2.4-7 荒茶の化学成分含有率の比較（乾物当たり %）

施肥体系	全窒素 (%)			遊離アミノ酸 (%)			タンニン (%)		
	2003 年	2004 年	2005 年	2003 年	2004 年	2005 年	2003 年	2004 年	2005 年
春肥重点	6.24 a ^{*1}	7.02 a	6.47 a	3.9 a	4.8	4.0	6.8 a	8.3 a	9.1
芽出し肥重点	6.25 a	6.86 b	6.19 b	3.8 a	4.7	3.9	6.8 a	8.7 b	9.2
秋肥重点	6.09 b	6.74 b	6.13 b	3.5 b	4.5	3.8	7.4 b	8.8 b	9.3
標準	6.09 b	6.85 b	6.17 b	3.6 b	4.6	3.9	7.2 ab	8.3 a	9.4

*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)。

2.4.4 考察

2.4.4.1 土壤中の無機態窒素量

土壤中の無機態窒素量は、春肥重点区では 3 月から 4 月、芽出し肥重点区では 5 月から 6 月、秋肥重点区は秋季というように、重点化した施肥時期で高く推移した。これは、前節と同様に硫酸を液肥として施用したため、施用量の多少が土壤中の無機態窒素量に速やかに反映したものと推察される。一方、標準区は夏肥により、剪枝後の新芽生育期にあたる 6~7 月の窒素量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い値で推移した。このため、施肥低減下において梅雨期の窒素量を維持するには、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壤採取日の違いや、年次変動等を考慮するため、前節と同様に処理期間中の無機態窒素量の平均値を算出した（表 2.4-3）。これらの数値も前述のように施肥量の多少が反映されており、施肥時期や施肥割合の違いが収量・品質面に影響を及ぼすものと推察された。また、煎茶園と同様に梅雨期の降雨による溶脱で、7~8 月の窒素量は低い値となるが、8 月以降は上昇傾向を示し、秋季は比較的高い値で推移している。これは、一番茶摘採後に剪枝を行い大量の剪定枝葉を茶園に還元する玉露栽培

では、地力窒素も豊富と推察され、高温条件下の夏季から秋季にかけて地力窒素が発現しているものと考えられる。このため、玉露栽培では地力窒素の発現も加味した施肥時期、施肥割合の検討が必要である。

2.4.4.2 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、年間窒素施用量 54 kg/10 a の本試験では、春肥重点区や芽出し肥重点区が、施肥窒素の寄与率が高かった。また、新芽への窒素分配量は生育差等を考慮して、単位乾物重当たりの施肥窒素分配量で比較したが、春肥重点区や芽出し肥重点区が多かった。夏肥窒素や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ことから、秋肥重点区や標準区の寄与率が低くなったと推察された。

筆者ら（2007）は、年間窒素施用量を県施肥基準量である 53 kg/10 a に設定した煎茶園において、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。本試験では玉露園で実施しており、一番茶のみの摘採であるが、煎茶園での一番茶と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一番茶摘採前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 45～50% が施肥窒素以外の窒素に由来している。これらは、地力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、土壤改良等による地力や樹勢の維持が重要であると推察された。

2.4.4.3 生葉収量および荒茶品質

生葉収量は、春肥重点区が3カ年通じてやや多い傾向を示し、荒茶品質においても春肥重点区が優れる傾向を示した。江上ら（1998）や久保田ら（1989）は、煎茶園で一、二番茶を摘採する場合、それぞれの生育期にあたる春季および夏季の土壤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。本試験において、春肥重点区の土壤中無機態窒素量は3～4月は 29.0 mg/100 g 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、芽出し肥重点区の土壤中無機態窒素量は5～6月は 31.1 mg/100 g で、試験区間で最も高く、施肥窒素の寄与率も高かったが、芽出し肥の施用後から摘採までの期間が比較的短い栽培状況では、少雨による施肥窒素の溶出への影響等、施肥効果に変動が生じることも想定される。このため、多収で高品質な玉露の安定生産には、施肥窒素の寄与率等からも、春季から土壤中無機態窒素量を高く維持できる春肥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玉露生産のためには、春肥の割合を高くした春肥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壤中無機態窒素量の平均値 (mg/100 g) は、1～2月：12.1, 3～4月：29.0, 5～6月：25.0, 7～8月：14.1, 9～10月：22.4, 11～12月：21.9 であり、この数値が福岡県内の玉露園での窒素施用量 50 kg/10 a レベルにおける好適な土壤中無機態窒素量の目安として考えられた。

2.4.5 摘 要

玉露園において、窒素施用量 50 kg/10 a 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量について検討した。

1. 年間窒素施用量が 50 kg/10 a レベルの場合、春肥の割合を高くした春肥重点型の施肥体系が品質面において優れ、多収傾向にあった。
2. 施肥窒素の一番茶芽への寄与率は、春肥重点区や芽出し肥重点区が高く、施肥窒素の一番茶芽に対する単位乾物重当たりの分配量も、春肥重点区や芽出し肥重点区が多かった。
3. 春肥重点区における時期別の土壤中無機態窒素量の平均値 (mg/100 g) は、1～2月：12.1, 3～4月：29.0, 5～6月：25.0, 7～8月：14.1, 9～10月：22.4, 11～12月：21.9 であり、窒素施用量 50 kg/10 a レベルにおける高品質玉露生産に好適な土壤中無機態窒素量の目安として考えられた。

第3章 茶園用ペースト状肥料灌注施肥機を利用した効率的施肥管理技術

第1節 茶園用ペースト状肥料灌注施肥機の開発および開発機の特徴

3.1.1 序 文

チャは葉を収穫する作物であるため、窒素成分主体の施肥が行われている。また、緑茶の品質は窒素施肥との関係が深いことから過剰施肥になり、茶樹に吸収されなかった窒素の溶脱による環境負荷が懸念されている（松尾，1992）。そこで、茶園において収量、品質面さらには環境保全の面から効果的な施肥技術として、ペースト状肥料の灌注施肥法に期待が寄せられている。

この施肥法は、固形肥料と液体肥料の中間的な性状であるペースト状肥料（比重 1.2～1.4）を直接根圏に1穴当たり5～10 mL程度噴出施用するもので、茶樹の根圏に局所的に施肥するため、施肥成分の吸収効率が高い。また、絶対好気性菌である硝化菌の少ない土中（木村，1988）に直接施用するため、硝化抑制作用により、施肥した窒素成分を茶の好むアンモニア態で長く留まらせることができるとともに、施肥窒素成分の急激な溶脱を抑えることができる。実際、ペースト状肥料の灌注施肥は従来の表層施肥と比較して収量、品質面を向上させる効果があり、環境負荷軽減効果も高いことが明らかになっている（江上ら，1998；今井ら，1994；1995；野中ら，1997；内村ら，1994）。

しかし、従来の灌注施肥作業は、大きなタンクに投入したペースト状肥料を動力噴霧器を使用して吐出させる方法であるため、灌注作業そのものは人力に頼っている。このため、作業にかなりの時間と労力を要し、灌注施肥法を生産現場へ普及する際の大きな妨げとなっている。

このような状況を踏まえ、鹿児島県は乗用型の灌注施肥機の開発に成功しているが、本県では枕地の狭い圃場が多く、現時点のままで乗用型に対応できる茶園は少ない。そこで、本節では県内の多くの茶園に対応できる自走式のペースト状肥料灌注施肥機の開発に取り組み、開発機の作業性能等について検討した。

3.1.2 材料および方法

3.1.2.1 ペースト状肥料灌注施肥機の開発

ペースト状肥料灌注施肥機（以下、開発機と略記）の開発は、福岡県と三菱農機（株）の共同で1995～1997年に行った。当時、野菜畑用の灌注施肥機として市販されていた三菱ペースト施肥管理機 MYM-20 を開発のベース機として使用した。また、開発に当たっては、福岡県農業総合試験場八女分場が試走による作業性能調査を実施し、改良を要する点を示した。なお、機械の試作および改良は三菱農機（株）が担当した。試走および調査は八女郡黒木町（現在、八女市黒木町）の八女分場内圃場（細粒赤色土，軽埴土）に加え、筑後市前津（淡色黒ボク土，壤土）を中心とした7カ所の農家圃場で行った。

3.1.2.2 圃場条件が開発機の灌注精度に及ぼす影響

土壌硬度と灌注深との関係について1998年5月に八女分場内の9圃場で試験を実施した。土壌硬度調査には貫入土壌硬度計（DIK-5520）を使用した。

圃場傾斜が灌注精度に及ぼす影響については1997年9月に八女市山内の隣接する3圃場で試験を実施した。圃場傾斜度はうね間走行方向にそれぞれ0.5度（以下，平坦圃場），3.5度（以下，緩傾斜圃場），8.0度（以下，急傾斜圃場）であった。土壤統群はともに中粗粒赤黄色土，表層の土性はともに壤土であった。

礫含量が灌注精度に及ぼす影響については1997年12月に八女郡黒木町，星野村の2カ所の農家圃場で試験を実施した。礫含量は黒木町圃場（以下，圃場A）が7%で径1～2cmの細～小礫が中心，星野村圃場（以下，圃場B）が26%で径1～7cmの細～中礫が中心であった。なお，礫含量はうね間30cm四方，深さ20cmの土壤を採取し，その中に含まれる礫を容積%で示した。土壤統群は圃場A，Bとも礫質褐色森林土であった。

3.1.2.3 灌注作業が作業者の労働負担に及ぼす影響

試験は，開発機と平坦部の中～大規模農家で一般的に使用されている表層施肥機の自走型肥料散布機（OCHIAI SR8-W）と比較する形式で，作業中の心拍数について調査した。心拍数の測定には竹井機器工業製の心拍メモリー装置を使用し，1分ごとの心拍数を計数した。供試圃場は，圃場傾斜が灌注精度に及ぼす影響について調査した八女市山内の3カ所の農家圃場（平坦圃場が30.6a，緩傾斜圃場，急傾斜圃場がともに31.5a）で，1997年9月30日に開発機，10月1日に自走型肥料散布機について調査した。被験者は開発機，自走型肥料散布機とも機体操作に慣れている，身長170cm，体重57kgの31才男性とした。

気象条件は1，2日目とも晴れで，調査期間中のWBGT（湿球黒球温度指数）による温熱環境に大きな差は見られず，いずれも重作業における高温の許容基準値を下回っていた。なお，調査中の作業姿勢は開発機，自走型肥料散布機とも，ほとんどが立位姿勢であった。

3.1.3 結果および考察

3.1.3.1 ペースト状肥料灌注施肥機の開発

開発機とその構造及び主要諸元について図3.1-1，表3.1-1に示した（ベース機の構造図は省略）。開発機的主要改良点は以下の通りである。

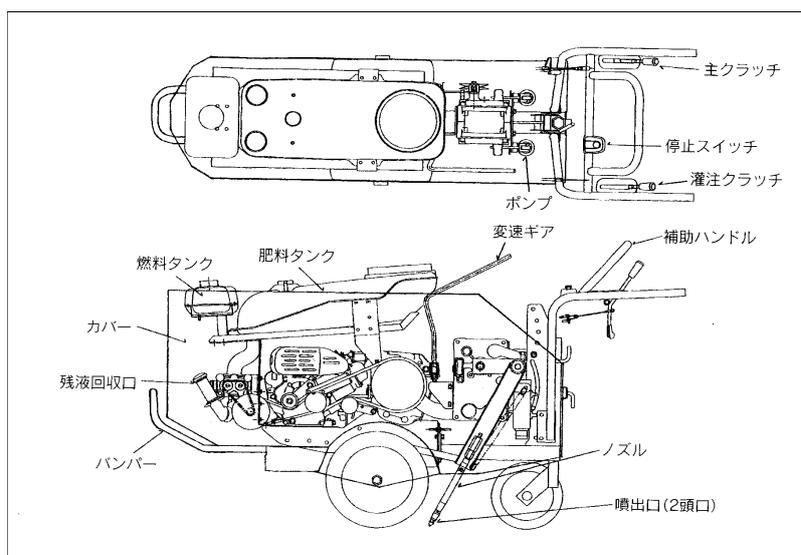


図 3.1-1 開発機の構造

表 3.1-1 ベース機と開発機の主要諸元

項目		ベース機	開発機
機体長	(mm)	1,700	1,700
機体幅	(mm)	540	510
機体高	(mm)	940	1,120
機体重	(kg)	80	110
ノズル肉厚	(mm)	3.2	5.0
カバー材質		なし	鉄製
カバー幅	(mm)	—	420
カバー地上高	(mm)	—	680
ポンプ		CC ポンプ	プランジャーポンプ
タイヤ径	(mm)	305	330
肥料タンク容量	(L)	11	20
燃料タンク容量	(L)	1.1	2.7
変速段数		F1	F3-R1
サイドクラッチの有無		なし	あり

- 1) 25～35 cm の狭いうね間での走行時における茶樹の巻き込みを防止するため、ベース機に鉄製の機体カバーを設置し、機体幅を縮小した。
 - 2) 機体カバーは樹高の異なる様々な茶園で使用できるように、前方、左右全面に設置し、タイヤもカバーで覆った。
 - 3) 土壌硬度の高い圃場において、ノズルのわん曲を防止するため、ノズル肉厚を高めた。また、わん曲を誘発する土壌反力の曲げモーメントを小さくするため、ノズル駆動を小さくした。
 - 4) 灌注時の機体安定性を高めるため、ベース機では機体前方にあった灌注ノズルを機体の重心付近に移動した。
 - 5) 整枝屑等の粗大有機物が積み重なったうね間で安定した走行ができるようにタイヤサイズを大型化した。
 - 6) 狭い枕地でも旋回が可能となるように、サイドクラッチや補助ハンドルを設置した。
 - 7) 灌注したペースト状肥料が土壌硬度の高い圃場でも広範囲に広がるように肥料噴出口を2つとした。また、プランジャーポンプを採用することで、肥料噴出圧を高めた。
 - 8) 補給回数を少なくするため、肥料および燃料タンクの容量を大きくした。
- 以上のような改良を行うことにより、茶園での灌注施肥作業が可能となった。

開発機と人力による灌注施肥との作業能率の比較について表 3.1-2 に示した。人力による灌注施肥では、施肥間隔 50 cm，うね間 1 条の施肥作業を 3 名の人員で行わなければならない。10 a 当たりの作業時間は 72 分（延べ 216 分）を要した。一方、開発機は 2 名の人員で施肥間隔 30 cm，うね間 2 条の施肥作業を行うことができ、10 a 当たりの作業時間は 25 分（延べ 50 分）であった。このことから、開発機は人力による灌注施肥と比較して約 4 分の 1 の延べ作業時間で施肥できることが明らかになった。

3.1.3.2 圃場条件が灌注精度に及ぼす影響

土壌硬度と灌注深の関係について調査した結果、土壌中の深さ 5, 10, 15, 20 cm のいずれかの地点の土壌硬度も灌注深との間に有意な負の関係が得られた（表 3.1-3）。また、

表 3.1-2 人力による灌注施肥と開発機の作業能率の比較

項目		人力による灌注施肥	開発機
10a 当たり作業時間 *1	(min)	72	20
10a 当たり延べ作業時間 *2	(min)	216	50
10a 当たり灌注穴数	(穴)	1,100	3,700
作業人員	(人)	3	2
灌注施肥間隔	(cm)	50(1条)	30(2条)
灌注深	(cm)	20	最大 16

*1 標準的茶園 (畦長 46.3 m×樹間 1.8 m×12 畦 = 10 a) での作業時間

*2 作業時間に作業人員を乗じた数値

土壌の浅い地点ほど相関係数が高く、深さ 5 cm の土壌硬度が最も相関が高かった。これは、うね間表土は栽培管理作業により踏圧されやすく (平峯, 1984), 深さ 20 cm までの範囲では深さ 5~10 cm 付近の土壌硬度が高くなる調査地点が多かったためと考えられる。

深さ 5 cm の土壌硬度と灌注深との関係について図 3.1-2 に示した。土壌硬度が 20 kgf/cm² を越える圃場についても表 3.1-3 に示す回帰式との相関が高いが、土壌硬度が高くなるほど変動係数が大きくなる傾向にあり、土壌硬度 25 kgf/cm² の圃場では 10% を上回った。これらのことから、高い灌注精度を保つためには、土壌中の深さ 0~20 cm において、土壌硬度 20 kgf/cm² 以下であることが望ましいと考えられる。

表 3.1-3 土壌の深さごとの土壌硬度と灌注深の関係式

土壌深	回帰式	相関係数	摘要
5cm	$y = 15.9 - 0.260 x^z$	$r = 0.901^{**y}$	n = 54
10cm	$y = 16.1 - 0.274 x$	$r = 0.868^{**}$	n = 54
15cm	$y = 16.4 - 0.369 x$	$r = 0.814^{**}$	n = 54
20cm	$y = 16.7 - 0.373 x$	$r = 0.585^{**}$	n = 54

z x は土壌硬度 (kgf/cm²), y は灌注深 (cm) を示した。

y ** 回帰式が 1% の危険率で有意であることを示した。

x 機体の灌注深調節レベルは最大の 16 cm の位置とした。

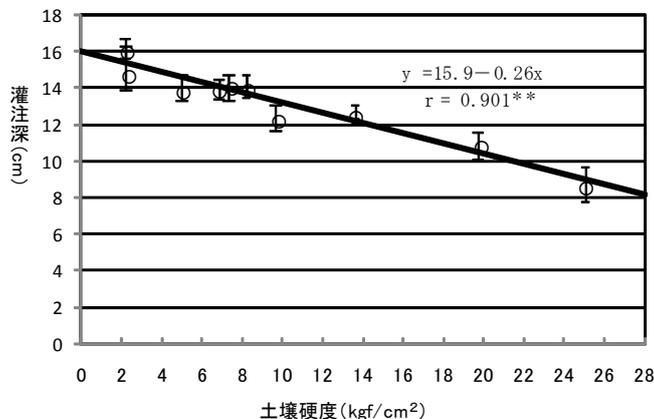


図 3.1-2 深さ 5 cm の土壌硬度と灌注深の関係

圃場傾斜が開発機の作業時間と灌注精度に及ぼす影響について表 3.1-4 に示した。作業時間は 8 度程度の急傾斜圃場においても平坦地とほぼ同様の時間で灌注施肥作業を行うことができた。灌注精度については、平坦、緩、急傾斜圃場の左右ノズル間の灌注深に有意差は認められず、標準偏差にもそれぞれ大きな差は認められなかった。また、傾斜圃場の上り、下り間の灌注深は、急傾斜圃場において、有意な差が認められた。しかし、上り、下りの灌注深の標準偏差は平坦圃場とほぼ同等で、それぞれの区間内でのばらつきは小さかった。このことから、8 度の急傾斜圃場においても平坦圃場と同様の灌注精度を保つことができたと考えられる。なお、傾斜圃場における上り、下りの灌注深を比較すると緩、急傾斜圃場とも上りが深く、下りが浅かった。これは、ノズルは最下点で機体と垂直となり、土壌へは機体前方方向にやや斜めに貫入する。このため、上りでは土壌へ貫入する瞬間にノズルに機体の加重がかからず土壌反力が大きいことによると考えられる。また、このように急傾斜圃場の上り、下り間の灌注深に有意差が認められたことから、両区間を通じて同程度の灌注深を保つことができる傾斜度は最高でも 8 度未満であると推察される。

表 3.1-4 急傾斜圃場における開発機の作業時間と灌注性能

圃 場	10a 当たり 作業時間*1	灌注深*2 (cm±SD)			
		左ノズル	右ノズル	上り	下り
平坦圃場	24.7	11.9±1.1 (n. s.)*3	12.5±0.7	12.2±1.04*4	
緩傾斜圃場	24.7	12.6±0.8 (n. s.)	12.6±0.7	12.8±0.8 (n. s.)	12.4±0.7
急傾斜圃場	23.2	12.1±0.9 (n. s.)	12.5±1.0	12.7±0.7 (**)	11.9±1.0

*1 作業人員 2 名による

*2 機体の灌注深調節レベルは 13 cm 前後の位置とした。

*3 左、右ノズル間及び上り、下り間の () 内はそれぞれの有意差検定結果を示した (t-test)。

*4 平坦圃場の灌注深とした。

次に、礫含量が灌注精度に及ぼす影響について表 3.1-5 に示した。圃場 A, B ともに左右ノズル間の灌注深に有意な差は認められず、標準偏差を表 3.1-4 の平坦圃場の数値と比較しても大きな差は認められなかった。このことから、深さ 15 cm までの礫容積率が 26% の圃場でも安定した灌注精度を保つことができると考えられる。しかし、礫容積率の低い圃場で試走中に礫の影響により安定した灌注深を保てないケースがあった。これは礫の径が小さい場合、ノズルの鋭利な先端が礫を滑り、礫の上に乗りに上げることは少ないが、礫の径が大きい場合、ノズルが礫の上に乗りに上げてしまうケースがあるためである。なお、このようなケースの見られる礫の大きさは概ね長径 15 cm 以上と推察される。

表 3.1-5 礫圃場における開発機の灌注性能

圃 場	0~15 cm 礫容積率 (%)	灌注深*1 (cm±SD)	
		左ノズル	右ノズル
圃場 A	7	14.4±0.49	14.3±0.51
圃場 B	26	13.4±0.93	13.1±1.00
有意性*2		n. s.	n. s.

*1 機体の灌注深調節レベルは 15 cm 前後の位置とした。

*2 t-test による検定結果を示した。n. s. は有意差がないことを示す。

3.1.3.3 灌注作業が作業者に与える労働負担

圃場傾斜が作業者の心拍数に及ぼす影響について表 3.1-6 に示した。心拍数の増加は疲労度の増大と関係が深く、安静時からの心拍数の増加を測定することで、疲労度を判定することができる（小木，1988）。平坦，緩，急傾斜圃場での安静時心拍数に対する作業時心拍数の増加率は自走型肥料散布機と比較して、いずれの場合も開発機が低く、有意な差が認められた。これは、開発機と比較して自走型肥料散布機の作業精度が3倍程度速いことによると考えられる。身体的負荷の場合、平均心拍数 100～120 拍/min 以上、あるいは安静時からの増加が 30～40 拍/min 以上では回復の遅延、次作業への後影響がみられるとされている。自走型肥料散布機では平均心拍数はいずれの場合も 120 拍/min を超えており、120 拍/min に達した時間も作業開始後 2～3 分と早い。このことから、自走式肥料散布機による施肥作業は短時間であっても継続して行うことで、回復に長い時間を要するような急性の疲労を生じる可能性があると考えられる（小木，1988）。これに対し、開発機による灌注作業では平坦，緩傾斜圃場において平均心拍数が 100 拍/min を超える値とはならなかった。また、急傾斜圃場においても、平均心拍数は 100 拍/min をわずかに超える程度であり、安静時からの増加は 28.5 拍/min にどまっている。このことから、開発機は 8 度程度の急傾斜圃場においても、継続的に作業を行うことによって感じる疲労度は低いと考えられる。

表 3.1-6 傾斜度別の作業速度，心拍数の比較

項 目	作業速度	心拍数	増加心拍数*1	
	(m/s±SD)	(拍/min)	(拍/min)	
平 坦	開発機	0.41±0.05	95.6±10.5	21.1
	自走式肥料散布機	1.30±0.14	122.5±9.9	48.0
緩 傾 斜	開発機	0.43±0.03	92.0±4.7	17.5
	自走式肥料散布機	1.35±0.11	123.8±15.9	49.3
急 傾 斜	開発機	0.45±0.05	103.0±6.5	28.5
	自走式肥料散布機	1.31±0.12	133.6±16.0	59.1

*1 安静時心拍数からの増加拍数を示した。なお、安静時心拍数は 74.5 であった。

*2 各傾斜度の施肥法間の平均心拍数，増加心拍数には 1% の危険率で有意差が得られた（t-test）

*3 平坦は平坦圃場，緩傾斜は緩傾斜圃場，急傾斜は急傾斜圃場を示した。

以上，開発機による灌注作業は 8 度の急傾斜圃場や礫が極めて多い圃場においても，安定した灌注精度を保ち，慣行施肥機である自走型肥料散布機と比較して作業者に与える労働負担も低いことが明らかとなった。なお，圃場傾斜度については県内の 1/3 の茶園は 10 度以上の急傾斜圃場である（日本茶業中央会，1997）が，多くは傾斜がうね間に対し垂直方向の等高線うねの圃場である。また，これらの圃場の多くは日常の栽培管理作業により，うね間がほぼ平坦化している。従って，10 度以上の急傾斜圃場でも等高線うねの圃場では開発機による作業が可能であると考えられる。しかし，走行試験結果から，開発機の走行に際して，うね間が 28 cm 以上あること，旋回スペースとして 80 cm 以上の起伏のなだらかな枕地が必要なこと，段差のない圃場進入ルートが必要であることが確認され，これらの点で導入が難しい圃場が存在すると考えられる。そのため，今後も機体改良を検討し，

開発機の適応範囲の拡大を図るとともに、敷板の設置や茶樹引き抜きによるスペースの確保等、圃場自体の整備を積極的に推進する必要がある。

3.1.4 摘 要

福岡県農業総合試験場八女分場と三菱農機（株）の共同で茶園用のペースト状肥料灌注施肥機を開発した。本機は野菜用の灌注施肥機をベース機として用い、これに機体幅の縮小、機体カバーの設置、ノズルの強化、肥料噴出圧の向上、サイドクラッチの設置等の改良を行ったものである。本機の特長は次のとおりである。

1. 従来の人力による灌注施肥と比較して、約4分の1の延べ作業時間で、深さ16 cmの土中に30 cmの灌注ピッチ、2条での灌注施肥作業を行うことができる。
2. 8度の急傾斜圃場や礫が極めて多い圃場において、平坦圃場と同様に高い灌注精度を保つことができる。
3. 慣行的に使用されている自走式肥料散布機と比較して、作業者に与える労働負担が軽い。

第2節 茶園におけるペースト状肥料灌注施肥機を活用した効率的施肥管理の実証

3.2.1 序 文

収量，品質，さらには環境保全の面から効果的な施肥技術として，ペースト状肥料の灌注施肥法が注目されている。前節において，枕地の狭い本県の茶園に対応できる自走式のペースト状肥料灌注施肥機を開発した。

一方，ペースト状肥料の灌注施肥により，従来のうね間表層施肥と比較して，収量，品質が向上したことや，環境負荷が低減されたことが報告されている（江上ら，1998；今井ら，1994；1995；野中ら，1997；内村ら，1994）。

しかし，灌注施肥による窒素施用量が50 kg/10 a レベルでの収量，品質，土壤浸透水中の硝酸態窒素濃度の経時変化や環境負荷軽減効果を経年的に検討した報告は少なく，さらに，八女分場で開発した自走式の茶園用ペースト状肥料灌注施肥機（堺田ら，2002c）（以下，灌注施肥機）を活用した灌注施肥による効率的な施肥管理を実証した事例はない。

本節では，煎茶園において，灌注施肥機を活用した窒素施用量50 kg/10 a レベルの灌注施肥が，収量，品質および土壤浸透水に及ぼす影響を検討した。

3.2.2 材料および方法

3.2.2.1 試験場所および試験区の構成

福岡県八女郡黒木町（現在，八女市黒木町）の八女分場内（標高144 m，赤黄色土，LiC/HC）の茶園において，品種‘やぶきた’（1996年3月定植，弧状仕立て，露地栽培）を供試し，1999年8月～2002年7月の3年間，試験を実施した。なお，供試圃場の土壤理化学性を表3.2-1に，試験区の構成および施肥設計を表3.2-2に示した。灌注施肥区（以下，灌注区）は窒素52.0 kg/10 aをペースト状肥料（N-P₂O₅-K₂O：12-12-12，8-3-5，14-4-5）を用い

表 3.2-1 供試圃場の土壤理化学性（試験開始時：1999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(mg/100 g)			土性	三相分布(%)		
							CaO	MgO	K ₂ O		固相	液相	気相
表層	4.8	2.3	0.25	12.1	3.3	24.9	132	29.9	87	LiC	36.2	38.1	25.7
下層	4.7	2.8	0.14	7.3	1.7	18.1	114	24.7	74	HC	38.8	37.8	23.4

*1 表層は深さ0～20 cm，下層は20～40 cm

表 3.2-2 試験区の構成および施肥設計

試験区	8		9		2		3		4		5		6	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
	中		上	下	中		上	中	下	上	下	中		
灌注区*1	②		①	①	②		③		③		③	③	③	52.0-22.5-27.5
窒素成分量(kg/10a)	4.6		4.8	4.8	5.4		5.6		5.6		6.3	6.3	4.5	年間施肥回数10回
対照区*2	秋配合		秋配合		春配合		春配合		硫安					51.8-22.5-19.6
窒素成分量(kg/10a)	7.0		7.0		12.6		12.6		12.6					年間施肥回数5回

*1 灌注区の肥料は①：ネオペースト1号（N-P₂O₅-K₂O：12-12-12），②：有機サスペンション3号（N-P₂O₅-K₂O：8-3-5），③：有機サスペンション5号（N-P₂O₅-K₂O：14-4-5）。

*2 対照区の肥料は秋配合：八女茶秋配合（N-P₂O₅-K₂O：5-4-4），春配合：八女茶春配合（LPS40入り）（N-P₂O₅-K₂O：9-3-3），硫安（N-P₂O₅-K₂O：21-0-0）。

て、2月中旬から9月下旬まで10回、灌注施肥機（三菱農機 MYM-30T：図 3.2-1）を用いて灌注施肥した。灌注施肥部位はうね間雨落ちの深さ 15～20 cm で、灌注ピッチは条間 35 cm，株間 30 cm の千鳥とした。なお、灌注施肥機の仕様について表 3.2-3 に示した。対照区は窒素 51.8 kg/10 a を慣行肥料（八女茶秋配合 N-P₂O₅-K₂O：5-5-4，八女茶春配合 9-3-3，硫安 21-0-0）を用いてうね間の表面に施肥した。試験規模は灌注区，対照区ともに 1.3 a とした。



図 3.2-1 茶園用ペースト状肥料灌注施肥機（三菱農機 MYM-30T）

表 3.2-3 茶園用ペースト状肥料灌注施肥機（三菱農機 MYM-30T）の仕様

項目	仕様
機 体 長 (mm)	1,700
機 体 幅 (mm)	510
機 体 高 (mm)	1,120
機 体 重 (kg)	110
ポン プ	フ ランジ ャ ー ホ ン プ
タ イ ヤ 径 (mm)	330
肥料タンク容量 (L)	20
燃料タンク容量 (L)	2.7
変 速 段 数	F3-R1
灌 注 方 法	条間 35 cm 株間 30 cm 千鳥
灌 注 深 (cm)	15～20
作 業 時 間 (分/10 a)	25～30

3.2.2.2 調査項目

土壌中の無機態窒素量（硝酸態窒素＋アンモニア態窒素）について、灌注区は灌注施肥部位である雨落ち部付近で灌注口と灌注口の間中部，対照区はうね間中央部の，それぞれ表層（深さ 0～20 cm）および下層（深さ 20～40 cm）の土壌を採取し，イオンメーター（ORION-901）で測定した。収穫した生葉は定法により製茶し荒茶とした。荒茶品質の官能評価は，茶の標準審査法に基づいて審査し，パネル 6 名の合議による標準採点法で評価し

た。荒茶中および四葉芽（新芽）中の全窒素含有量はセミマイクロケルダール法，荒茶中のカフェインおよびタンニン近赤外分析法（静岡製機茶成分分析計 GT-8S）で測定した。地下浸透水はうね間の地下に簡易ライシメータ（図 2.2-1）を埋設して採取した。簡易ライシメータの受水部は地下 1 m とし，各区 2 基設置した。硝酸態窒素等の化学成分はイオンクロマトグラフィー（東亜ディーケーケー IA-100）により測定し，窒素溶脱量は浸透水量に硝酸態窒素濃度を乗じて求めた。

3.2.3 結果

3.2.3.1 生葉収量および荒茶品質

生葉収量を表 3.2-4 に示した。灌注区が生葉収量は対照区と比較して，一番茶では 2000 年でほぼ同等であったが，2001 年および 2002 年で 10% 程度多かった。二番茶については，2001 年および 2002 年で 15% 程度多かった。なお，2000 年は一番茶摘採後に中切り更新したため摘採しなかった。試験期間の平均では，灌注区が一番茶で 9%，二番茶で 15% 多かった。

荒茶の官能評価を表 3.2-5 に示した。一番茶では 3 カ年とも灌注区が優れる傾向にあった。二番茶では，2001 年は両区，ほぼ同等であったが，2002 年は灌注区が優れた。

表 3.2-4 施肥管理の違いが生葉収量に及ぼす影響

試験区	一番茶 (kg/10 a)				二番茶 (kg/10 a)			
	2000 年	2001 年	2002 年	平均	2000 年*1	2001 年	2002 年	平均
灌注区	285(104)*2	410(110)	473(110)	377(109)	—	315(116)	282(115)	299(115)
対照区	274(100)	375(100)	393(100)	347(100)	—	272(100)	245(100)	259(100)
有意性	n. s.*3	*	*	—	—	**	**	—

*1 一番茶摘採後に中切り更新を行ったため摘採しなかった。

*2 カッコ内は標準区を 100 とした指数。

*3 **, *は t 検定により 1%，5% で有意差があることを示す。n. s. は有意差がないことを示す。

表 3.2-5 施肥管理の違いが荒茶官能評価*1に及ぼす影響

試験区	一番茶			二番茶		
	2000 年	2001 年	2002 年	2000 年	2001 年	2002 年
灌注区	+1.0	+1.0	+0.6	—	-0.2	+1.5
対照区	±0	±0	±0	—	±0	±0

*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。

表 3.2-6 施肥管理の違いが荒茶中の全窒素，カフェイン，タンニン，および四葉芽中の全窒素含有率に及ぼす影響

試験区	全窒素 (%)			遊離アミノ酸 (%)			タンニン (%)			四葉芽中全窒素 (%)			
	2000 年	2001 年	2002 年	2000 年	2001 年	2002 年	2000 年	2001 年	2002 年	2000 年	2001 年	2002 年	
一番茶	灌注区	5.41	5.15	5.28	3.0	2.6	2.2	14.3	14.5	13.1	5.26	5.15	5.45
	対照区	5.42	5.23	5.29	3.0	2.8	2.2	14.7	14.5	13.1	5.11	4.85	5.36
	有意性	n. s.*1	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	**	n. s.
二番茶	灌注区	—	3.74	4.16	—	2.5	2.8	—	19.3	16.2	—	4.21	4.17
	対照区	—	3.75	3.96	—	2.4	2.6	—	19.5	16.3	—	4.09	3.83
	有意性	—	n. s.	*	—	n. s.	n. s.	—	n. s.	n. s.	—	n. s.	**

*1 **, *は t 検定により 1%，5% で有意差があることを示す。n. s. は有意差がないことを示す。

荒茶中の全窒素，カフェイン，タンニン，および四葉芽中の全窒素含有量を表 3.2-6 に示した。一番茶では全窒素，カフェイン，タンニンともに両区，同程度であった。二番茶は 2002 年の全窒素で，灌注区が多かった以外は，両区，同程度であった。一方，生育ステージを揃えた四葉芽中の全窒素は，一，二番茶ともに灌注区がやや多い傾向にあった。

3.2.3.2 土壌中の無機態窒素量の推移

2000 年～2002 年のうね間土壌表層における無機態窒素量の推移を図 3.2-2 に示した。両区とも，1～3 月は 5～15 mg/100 g 程度で推移し，一番茶生育期から二番茶摘採期の 4～6 月にかけて上昇した。その後，梅雨期の降雨により 10 mg/100 g 以下まで低下し，秋季に上昇するといった傾向を示した。また，灌注区は対照区に対し，同程度かやや低い数値で推移した。

2000 年～2001 年の両区における土壌下層の無機態窒素の組成を図 3.2-3 に示した。無機態窒素量は土壌表層と比較して，灌注区は同程度かやや高め，対照区は同程度かやや低めに推移した。また，両区を比較した場合，灌注区が高い数値で推移した。一方，両区ともに，調査期間を通して無機態窒素量に占める硝酸態窒素の比率が高かったが，灌注区のアムモニア態窒素およびアンモニア態窒素が占める比率は，対照区より高く推移した。

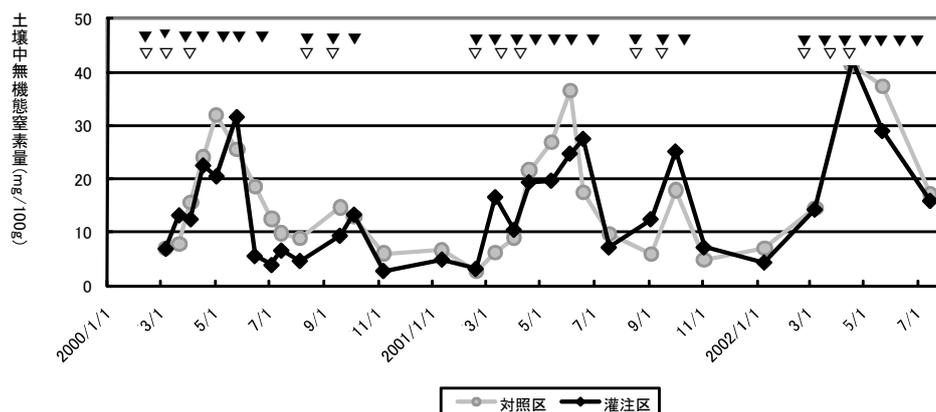


図 3.2-2 うね間土壌表層における無機態窒素量の推移

- *1 灌注区はうね間雨落ち付近で灌注口と灌注口の間中部，対照区はうね間中央のそれぞれ土壌表層を調査
- *2 図中の▼は灌注区の施肥，▽は対照区の施肥を示す。

3.2.3.3 土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移および窒素溶脱量

土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移を図 3.2-4 に示した。灌注区の硝酸態窒素濃度は対照区と比較して，概ね低く推移した。また，対照区は灌注区に比べ硝酸態窒素濃度の変動が大きかったが，灌注区は比較的小さかった。

土壌浸透水の硝酸態窒素濃度の年平均および年間窒素溶脱量の比較を表 3.2-7 に示した。年間平均の硝酸態窒素濃度は，3 カ年ともに灌注区が低かった。また，窒素溶脱量も対照区より 11～25% も少なかった。

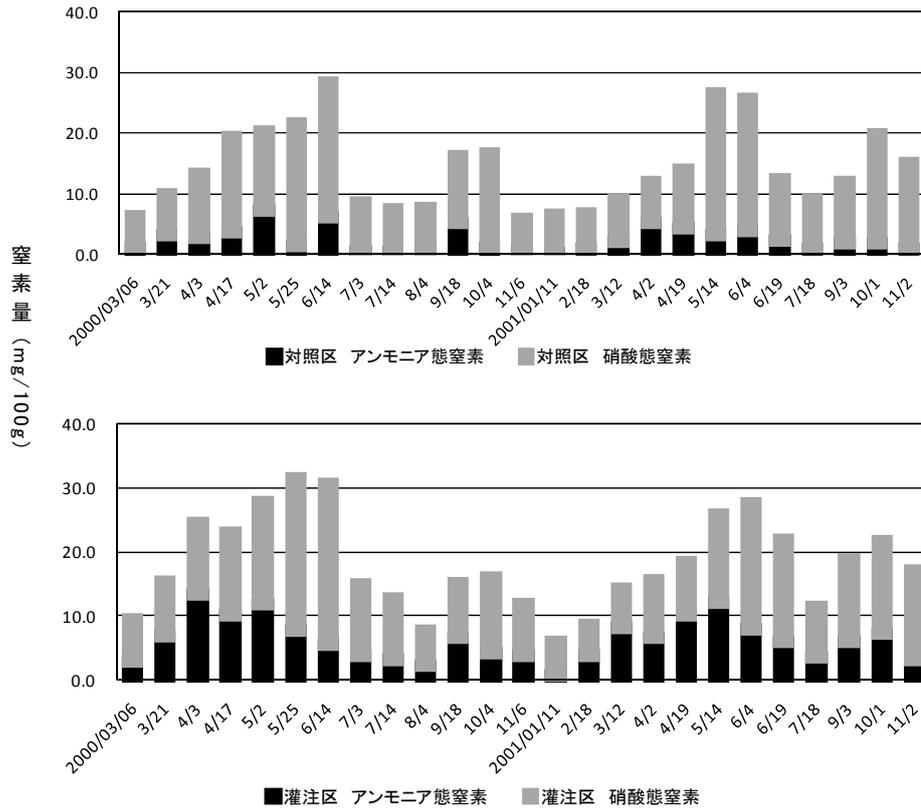


図 3.2-3 土壌下層（20～40 cm）における無機態窒素の組成（上：対照区、下：灌注区）
 * 灌注区はうね間雨落ち付近で灌注口と灌注口の中間部，対照区はうね間中央のそれぞれ土壌下層を調査

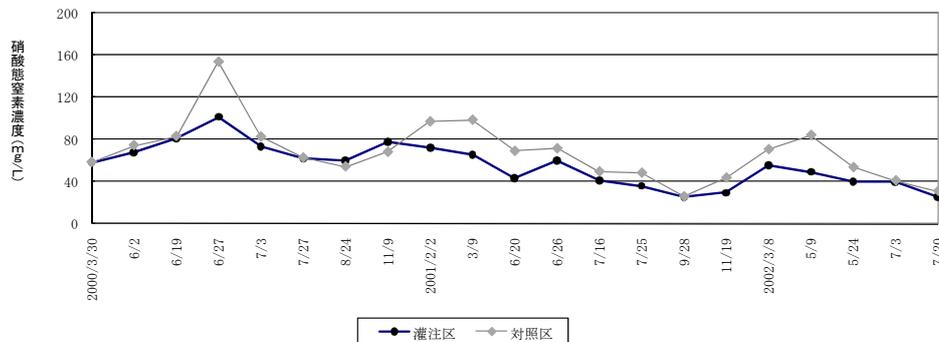


図 3.2-4 土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移

表 3.2-7 土壌浸透水の年間平均硝酸態窒素濃度と窒素溶脱量の比較

試験区	年間平均硝酸態窒素濃度 (mg/L) ^{*1}			窒素溶脱量 ^{*2}		
	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年
灌注区	74.7	42.8	42.7	89	76	75
対照区	83.9	56.1	56.9	100	100	100

*1 年間窒素溶脱量 (mg) / 年間浸透水量 (L)

*2 対照区を 100 とした指数

3.2.4 考察

3.2.4.1 生葉収量および荒茶品質

灌注区の生葉収量は、対照区に比べて3カ年平均で一番茶は9%、二番茶は15%増収した。また、荒茶中の化学成分は一、二番茶ともに、両区ほぼ同程度であったが、官能評価は灌注区が一番茶で優れ、二番茶は同等以上であった。これらのことから、灌注施肥の増収および品質向上効果が確認された。灌注区の増収および品質向上について、灌注施肥はペースト状肥料を施用するため、固形肥料を施用する慣行施肥に比べ、肥効が干ばつ等の気象変動に左右されにくいことや、直接根圏に施用することで、窒素利用率が高まったと推察される。また、本試験では、対照区の施肥回数が年間5回に対し、灌注区は年間10回の施肥を行っていることから、少量多数回分施によっても窒素利用率が高まったものと考えられる。

一方、収量増による官能評価や化学成分等の品質面への影響が懸念されたが、本試験の結果から15%程度の収量差であれば同等以上の品質が得られると推察された。また、同程度の収量条件下での品質を比較するため、製茶品質の指標となる全窒素含有率を、生育ステージを揃えた四葉芽で調査した結果、一、二番茶ともに灌注区がやや高い傾向を示した。このことから、慣行施肥と同等の収量であれば、品質は灌注区が優れることが示唆された。

3.2.4.2 土壌中の無機態窒素量の推移

灌注区における土壌中の無機態窒素量は、対照区に対し、表層で同程度かやや低め、下層では同程度かやや高めに推移した。これは、対照区の施肥部がうね間表層であるのに対し、灌注施肥部は地下15~20 cmであり、表層より下層に施肥窒素が多く存在することが要因として考えられた。また、下層土壌中のアンモニア態窒素や無機態窒素量に占めるアンモニア態窒素の比率は、灌注区が高く推移した。土壌下層に存在するアンモニア態窒素は、硝酸態窒素のように降雨によって容易に溶脱されない。しかも、土壌表層と比較して一般的に硝酸化成菌が少なく（木村，1988）、硝酸化成速度が遅くなる。このことから、灌注施肥したペースト状肥料の窒素成分は、長期間土壌下層に茶樹の好むアンモニア態窒素の状態で維持され、茶樹に効率的に吸収されたものと推測された。

3.2.4.3 土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移および窒素溶脱量

土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度は灌注区で低く推移し、窒素溶脱量も11~25%低減された。これは、灌注施肥により生葉収量が増加し、摘採による窒素収奪が多くなったことや、前述のように灌注施肥したペースト状肥料の窒素成分が、硝酸化成菌が比較的少ない土壌下層でアンモニア態窒素の状態で維持され、効率的に茶樹に吸収されたことが要因として考えられた。

一方、対照区では、硝酸態窒素濃度の変動が大きく、春季や梅雨期で灌注区との濃度差が大きかった。灌注区に比べ施肥回数が少なく、春肥のように一回当たりの窒素施用量が多いため、茶樹に吸収されなかった窒素分が溶脱したことや、春肥に含まれる有機質資材や被覆尿素等から溶出した窒素分が、梅雨期の連続した降雨により溶脱したことが要因として考えられた。

また、本試験では、施肥部であるうね間直下に埋設した簡易ライシメータでの調査であり、灌注施肥による窒素施用量 50 kg/10 a レベルで環境基準の硝酸態窒素濃度 10 mg/L

をクリアできるかどうかは判然としなかった。しかしながら、筆者ら（2004）はライシメータ試験で、慣行施肥で窒素 50 kg/10 a レベルの施肥を継続することで硝酸態窒素濃度が 10 mg/L 以下になる可能性を示唆しており、慣行施肥より環境負荷低減効果が高い灌注施肥法であれば、早期に 10 mg/L 以下となることが推察された。

以上、煎茶園において灌注施肥機を活用した灌注施肥は、収量、品質および環境負荷低減に対して効果が高いことが明らかとなり、窒素施用量が 50 kg/10 a レベルでの効率的な施肥管理技術であることが実証された。また、灌注施肥機は灌注施肥の省力化に有効であるが、生産現場では乗用型管理機が急速に普及している。このため、より省力化を図るため、灌注施肥機の乗用型化（乗用型管理機へのアタッチメント化）が期待されるとともに、より効率的な施肥時期、施用量を検討し、さらに施用量を削減できる灌注施肥体系の確立が必要である。

3.2.5 摘 要

煎茶園において、八女分場で開発した茶園用ペースト状肥料灌注施肥機を活用した窒素施用量 50 kg/10 a レベルの灌注施肥が、収量、品質および土壌浸透水に及ぼす影響を検討した。

1. 試験期間平均の生葉収量は、灌注区が一番茶で 9%、二番茶で 15% 多かった。
2. 荒茶中の化学成分は一、二番茶ともに、両区ほぼ同程度であったが、官能評価は灌注区が一番茶で優れ、二番茶は同等以上であり、慣行施肥と同等の収量であれば、品質は灌注区が優れることが示唆された。
3. 土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度は灌注区で低く推移し、窒素溶脱量も 11~25% 低減された。

第4章 点滴かん水施肥技術による効率的施肥管理

第1節 煎茶園での点滴かん水施肥栽培が収量、品質および土壌浸透水に及ぼす影響

4.1.1 序文

野菜や花きなどの施設園芸では、効率的な施肥技術として点滴かん水施肥法が開発され、その栽培法の確立や、施肥窒素の利用効率向上効果などが報告されている（森山ら，2003；六本木，1995；玉井ら，2003）。露地栽培である茶園においても、施設園芸での有効性から点滴かん水施肥の検討が始められており、辻ら（2002）はてん茶園での点滴かん水施肥の効果、藤原ら（2002）は点滴かん水施肥とうね間マルチを組み合わせた管理で環境負荷が低減されたことを報告している。

しかし、煎茶園において収量、品質への影響を経年的に調査した事例は少なく、さらに、茶園の地下浸透水中の硝酸態窒素濃度の経時変化や環境負荷軽減効果を経年的に検討した報告はない。

本節では、煎茶園において、樹冠下の点滴かん水施肥（窒素 50 kg/10 a）が、収量、品質および土壌浸透水に及ぼす影響について検討した。

4.1.2 材料および方法

4.1.2.1 試験場所および試験区の構成

福岡県八女郡黒木町（現在、八女市黒木町）の八女分場内（標高 144 m，赤黄色土，LiC/HC）の茶園において、品種‘やぶきた’（1992年9月定植，弧状仕立て，露地栽培）を供試し、1999年8月～2002年7月の3年間、試験を実施した。なお、供試圃場の土壌理化学性を表 4.1-1 に、試験区の構成および施肥設計を表 4.1-2 に示した。点滴かん水施肥のシステムは図 4.1-1 のとおりで、点滴かん水施肥区（以下、点滴区）は、点滴口 50 cm ピッチの点滴かん水チューブ（ラム 17，ポリエチレン製，圧力補正機能付，吐出量 2.3 L/h）をうね間雨落ち部に設置して、尿素複合液肥（ $N-P_2O_5-K_2O$ ：15-4-4 及び 12-12-12）を希釈（窒素濃度 400～900 mg/L）したもの、又は硫安液肥（500 mg/L）を、液肥量 4000 L/10 a として 2 月上旬から 10 月上旬まで、樹冠下に月 3 回施用した。なお、年間窒素施用量は 49.6 kg/10 a とした。対照区は窒素 52.8 kg/10 a を慣行資材（八女茶秋配合 $N-P_2O_5-K_2O$ ：5-5-4，八女茶春配合 9-3-3，硫安 21-0-0）を用いてうね間表層施肥した。また、両区とも試験開始前年まで窒素 73 kg/10 a で慣行施肥を行った。試験規模は点滴区，対照区ともに 2.2 a とした。

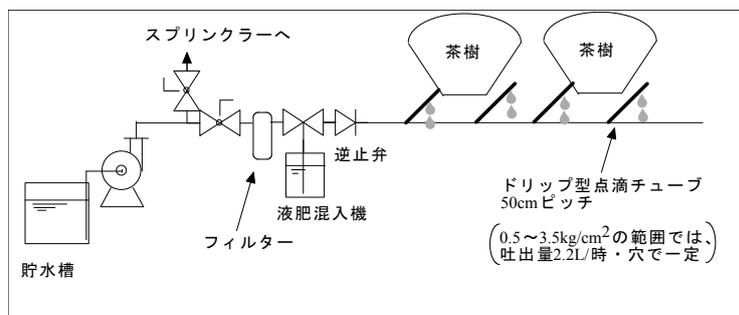


図 4.1-1 点滴かん水施肥システム

表 4.1-1 供試圃場の土壌理化学性（試験開始時：1999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(mg/100g)			土性	三相分布(%)		
							CaO	MgO	K ₂ O		固相	液相	気相
表層	4.4	2.2	0.31	10.4	4.4	28.9	155	33.9	109	LiC	38.9	37.4	23.7
下層	4.2	3.6	0.17	6.4	0.9	19.6	132	28.6	88	HC	41.3	36.2	22.5

*1 表層は深さ 0~20 cm, 下層は深さ 20~40 cm

表 4.1-2 試験区の構成及び施肥設計

試験区	8月	9月	10月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
点滴区	上旬②:1.8	上旬①:2.4	上旬②:2.4	上旬①:1.6	上旬①:1.6	上旬②:1.6		上旬②:1.6	上旬②:2.4	49.6-21.1-21.1
窒素成分量 (kg/10 a)	中旬②:1.8	中旬②:2.4		中旬①:1.6	中旬①:1.6	中旬②:1.6	中旬②:3.6	中旬②:1.6	上旬②:2.4	
	下旬①:2.4	下旬②:2.4		下旬①:1.6	下旬①:1.6	下旬②:1.6	下旬②:3.6		上旬②:2.4	
対照区							上旬②:12.6			52.8-23.4-20.4
窒素成分量 (kg/10 a)	中旬秋配合*2 :8.0	中旬秋配合 :7.0		中旬春配合 :12.6	中旬春配合 :12.6					

*1 点滴区の肥料は①：尿素複合液肥（N-P₂O₅-K₂O：12-12-12），②：尿素複合液肥 1544 号（N-P₂O₅-K₂O：15-4-4）。液肥施用量は 4,000 L/10 a

*2 対照区の肥料は秋配合：八女茶秋配合（N-P₂O₅-K₂O：5-4-4），春配合：八女茶春配合（N-P₂O₅-K₂O：9-3-3），硫酸（N-P₂O₅-K₂O：21-0-0）

4.1.2.2 調査項目

土壌中の無機態窒素量について、点滴区は雨落ち部（点滴かん水チューブに隣接）の点滴口と点滴口の間、対照区は雨落ち部、それぞれの表層（深さ 0~20 cm）および下層（深さ 20~40 cm）の土壌を採取し、イオンメーター（ORION-901）で硝酸態窒素およびアンモニア態窒素を測定した。荒茶品質の官能評価は、茶の標準審査法に基づいて審査し、パネル 6 名の合議による標準採点法で評価した。荒茶中の遊離アミノ酸およびカテキン類含有量は茶の標準分析法（池ヶ谷ら，1990）に従い、高速液体クロマトグラフで測定した。地下浸透水はライシメータ（縦 1.8 m×横 2.0 m×深さ 1.0 m，1992 年定植，品種‘やぶきた’）を用いて採取し、地下浸透水中の硝酸態窒素濃度はイオンクロマトグラフィーにより測定した。窒素溶脱量は、浸透水量に硝酸態窒素濃度を乗じて求めた。なお、ライシメータの土壌理化学性を表 4.1-3 に示した。ライシメータは赤黄色土（土性 LiC）および黒ボク土（土性 L）の 2 種類で調査し、試験区の構成および施肥設計は前述の圃場試験と同様とした。また、ライシメータの施肥経歴は両区とも、1997 年 7 月まで窒素 73 kg/10 a で慣行施肥を行い、1997 年 8 月~1999 年 7 月は無肥料で管理した。

表 4.1-3 ライシメータの土壌理化学性（試験開始時：1999年）

圃場区分	土性	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	T-N (%)	NO ₃ -N (mg/100g)	NH ₄ -N (mg/100g)
赤黄色土	L	4.1	0.15	0.15	10.0	5.9
黒ボク土	LiC	3.9	0.13	0.16	12.4	1.0

4.1.3 結果

4.1.3.1 生葉収量および荒茶品質

生葉収量を表 4.1-4 に示した。点滴区が生葉収量は対照区と比較して、一番茶では、2000

年で24%，2001年で38%，2002年で20%多かった。二番茶では，2000年で43%，2001年で20%，2002年で18%多く，3カ年の平均では，一番茶で27%，二番茶で25%多収であった。

荒茶の官能評価を表4.1-5に示した。一番茶では2000年，2001年は点滴区が優れ，2002年は両区，同等であった。二番茶では，2000年は点滴区が劣る傾向にあったが，2001年，2002年は点滴区が優れる傾向にあった。

荒茶中の遊離アミノ酸およびカテキン類含有量を表4.1-6に示した。一番茶では遊離アミノ酸は3カ年ともに点滴区が多く，主要カテキン類は2000年，2002年で少なかった。二番茶では，2000年，2002年は両成分とも，同程度であったが，2001年は点滴区の遊離アミノ酸が多く，主要カテキン類が少なかった。

表 4.1-4 施肥管理の違いが生葉収量に及ぼす影響

試験区	一番茶(kg/10 a)				二番茶(kg/10 a) ^z			
	2000年	2001年	2002年	平均	2000年	2001年	2002年	平均
点滴区	413(124) ^y	664(138)	761(120)	613(127)	463(143)	571(120)	692(118)	575(125)
対照区	332(100)	481(100)	633(100)	482(100)	323(100)	475(100)	586(100)	461(100)
有意性	* ^x	**	*	—	**	**	**	—

^z 出開きに合わせて，各区とも適期に摘採した（2000年，2001年の一番茶は同日に摘採。2002年の一番茶，2000年および2002年の二番茶は点滴区が2日早く，2001年の二番茶は点滴区が3日早く摘採した）。

^y カッコ内は対照区を100とした指数。

^x **, *はt検定により1%，5%で有意差があることを示す。

表 4.1-5 施肥管理の違いが荒茶官能評価に及ぼす影響

試験区	一番茶			二番茶		
	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年
点滴区	+2.0	+3.5	±0	-1.5	+5.0	+1.5
対照区	±0	±0	±0	±0	±0	±0

* 普通審査法（100点満点）で行い，対照区を基準とした加減点で示した。

表 4.1-6 施肥管理の違いが荒茶中の遊離アミノ酸およびカテキン類含有量に及ぼす影響

試験区	遊離アミノ酸 ^z (%)			主要カテキン類 ^y (%)			
	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年	
一番茶	点滴区	4.6	5.4	3.7	16.8	17.0	20.6
	対照区	3.1	3.2	2.4	17.3	18.3	23.3
	有意性	* ^x	*	**	*	n. s.	*
二番茶	点滴区	0.7	2.4	1.3	19.2	18.9	27.0
	対照区	0.9	1.6	1.2	19.2	20.1	27.3
	有意性	n. s.	*	n. s.	n. s.	*	n. s.

^z テアニン他19種類の合算値

^y EC, ECg, EGC, EGCgの合算値

^x **, *はt検定により1%，5%で有意差があることを示す。n. s.は有意差がないことを示す。

4.1.3.2 土壌中の無機態窒素量の推移

1999年8月～2002年7月の土壌中の無機態窒素量の推移を図4.1-2に示した。点滴区の

土壌中無機態窒素量は土壌表層，下層ともに調査期間を通じて，ほぼ 10 mg/100 g 以下で安定的に低く推移した。なお，表層と下層の窒素量差は比較的小さかった。一方，対照区は土壌表層，下層ともに春季や秋季で高く推移し，冬季や梅雨期では低下した。また，点滴区より概ね高めに推移したが，窒素量の変化が大きく，下層より表層の窒素量が高く推移した。

また，ライシメータにおける土壌中の無機態窒素量は，点滴区，対照区ともに圃場試験とほぼ同様に推移した（図 4.1-3）。

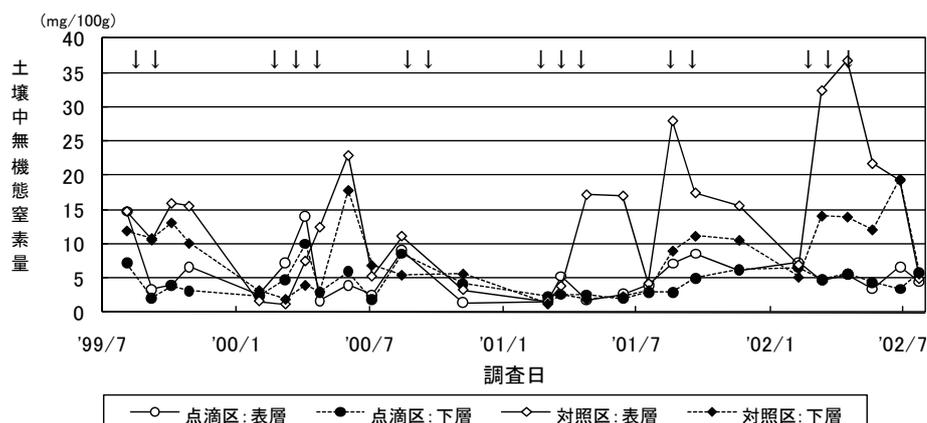


図 4.1-2 土壌中無機態窒素量の推移

- *1 雨落ち部（点滴区は雨落ち部かつ点滴口と点滴口の間中部）を調査。表層：深さ 0～20 cm，下層：深さ 20～40 cm
- *2 図中の矢印は対照区の施肥を示す。点滴区は 2 月上旬から 10 月上旬まで旬毎に月 3 回施肥した。

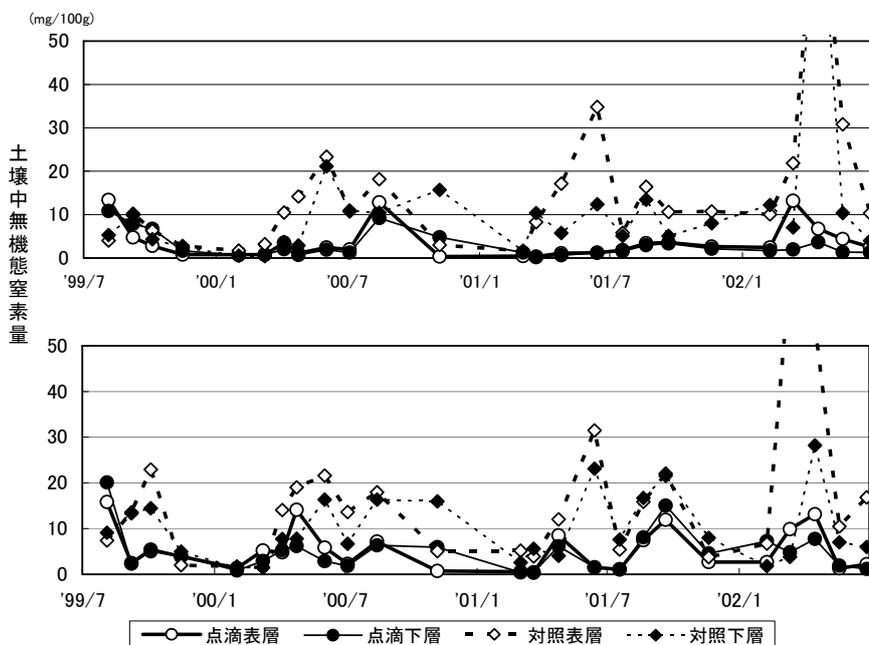


図 4.1-3 ライシメータの土壌中無機態窒素量の推移（上：黒ボク土，下：赤黄色土）

- * 雨落ち部（点滴区は雨落ち部かつ点滴口と点滴口の間中部）を調査。表層：深さ 0～20 cm，下層：深さ 20～40 cm

4.1.3.3 土壤浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移および窒素溶脱量

土壤浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移を図 4.1-4 に示した。黒ボク土，赤黄色土ともに点滴かん水施肥開始当初には，前 2 年間無肥料で栽培したのにもかかわらず 3 年以前の多肥の影響により 40 mg/L 以上で推移した。しかし，点滴かん水施肥の継続とともに低下傾向を示し，黒ボク土では開始 2 年次で年間平均 9.0 mg/L，赤黄色土では開始 3 年次で年間平均 4.7 mg/L であった。一方，対照区では，試験開始当初は点滴区と同様に硝酸態窒素濃度が高かった。その後，窒素 50 kg レベルの施肥の継続により，硝酸態窒素濃度は低下したものの，点滴区より高い値を示す期間が長かった。

土壤浸透水の硝酸態窒素濃度の年平均およびこれに浸透水量を乗じた年間窒素溶脱量を表 4.1-7 に示した。窒素溶脱量は，硝酸態窒素濃度の推移と同様に両区とも年次の経過とともに減少傾向を示した。しかし，点滴区の減少率は大きく，3 年次では黒ボク土で 1.9 kg/10 a，赤黄色土で 3.6 kg/10 a と，各土壤でそれぞれ対照区の 40～36% となり，大幅に環境負荷が低減された。

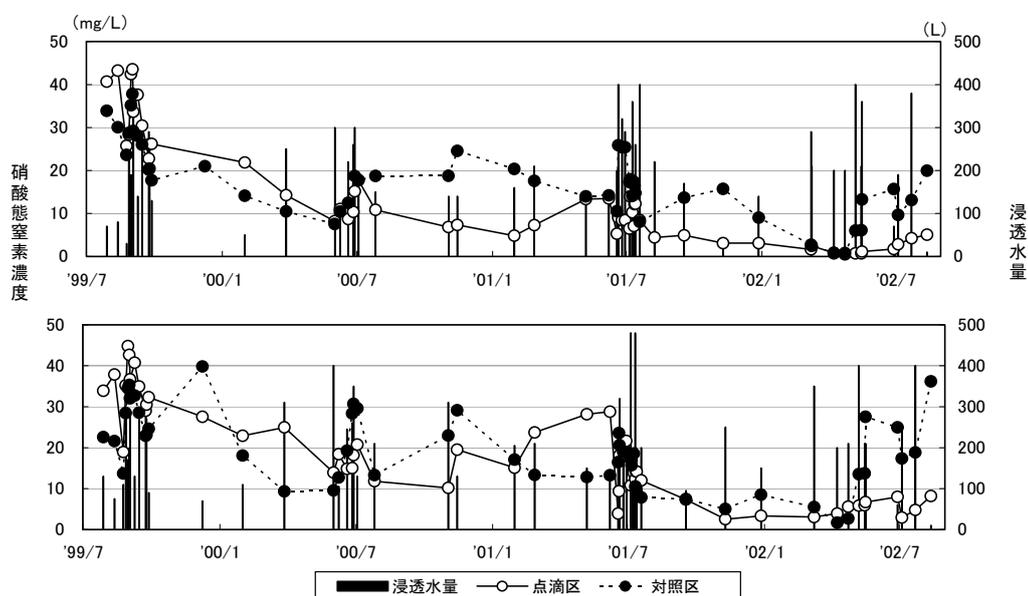


図 4.1-4 土壤浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移（上：黒ボク土，下：赤黄色土）

表 4.1-7 土壤浸透水中の年間平均硝酸態窒素濃度*1および年間窒素溶脱量 (mg/L, (kg/10 a))

土 質	試験区	初年次	2 年次	3 年次
		(1999 年 8 月 ～2000 年 7 月)	(2000 年 8 月 ～2001 年 7 月)	(2001 年 8 月 ～2002 年 7 月)
黒ボク土	点滴区	23.1 (25.3)*2	9.0 (9.0)	2.2 (1.9)
	対照区	21.5 (24.2)	17.1 (17.5)	7.3 (4.7)
赤黄色土	点滴区	26.5 (32.2)	15.0 (16.7)	4.7 (3.6)
	対照区	23.8 (29.7)	16.4 (18.9)	12.1 (10.1)

*1 年間窒素用奪量 (mg) / 年間浸透水量 (L)

*2 カッコ内の数値は年間窒素溶脱量 (kg/10 a)

*3 年間生葉収量 (kg/10 a) について，黒ボク土は 2000 年：点滴区 1084 対照区 1054，2001 年：点滴区 1346，対照区 1238，2002 年：点滴区 1240 対照区 1244。赤黄色土は 2000 年：点滴区 724 対照区 740，2001 年：点滴区 1182 対照区 938，2002 年：点滴区 942 対照区 894。

4.1.4 考察

4.1.4.1 生葉収量および荒茶品質

点滴区の生葉収量は、対照区に比べて3カ年平均で一、二番茶とも20%以上増収した。また、2000年の二番および2002年の一番茶を除いて、官能評価、化学成分含有量とも点滴区が優れる傾向を示し、点滴施肥の増収および品質向上効果が確認された。2000年産二番茶の点滴区の官能評価が劣った要因として、収量差が43%と大きかったため、形状の大形化やアミノ酸含有量の低下による内質への影響等が挙げられた。一方、その他の茶期の結果から、20%程度の収量差であれば同等以上の官能評価が得られたと推測された。点滴区の増収および品質向上については、点滴かん水施肥は希釈した液肥を大量に施用するため、茶樹の根域全体に浸透し施肥窒素利用率が高まったためと推察される。また、本試験では、対照区の施肥回数が年間5回に対し、点滴区では2~10月に、年間23回の施肥を行っていることから、少量多数回分施によっても施肥窒素利用率が高まったものと考えられる。

一方、筆者ら(2002b)は降雨が少なく、土壌が乾燥傾向にある時にかん水を行うことで、新芽生育が旺盛になり、品質も向上することを報告している。本試験において、2000年および2001年の一番茶生育期、2000年および2002年の二番茶生育期では、降水量が平年より少なく、茶園土壌も乾燥傾向にあった。この時の生葉収量および荒茶品質は、収量差が大きかった2000年の二番茶を除き、点滴区が優れる傾向を示している。一方、新芽生育期に降雨が多かった2001年二番茶および2002年一番茶においても点滴区が優れる傾向を示している。このことは、点滴かん水施肥が慣行施肥法に比べ、降水量変動の影響が少ない効率的な施肥法であることを示している。

また、点滴区は、同量の窒素施用量である対照区より収量および品質が優れたことから、窒素施用量のさらなる削減が可能と考えられた。

4.1.4.2 土壌中の無機態窒素量の推移

点滴区における土壌中の無機態窒素濃度は調査期間を通じて、ほぼ10 mg/100 g以下で安定的に低く推移し、土壌表層と下層の濃度差も比較的小さかった。これは、点滴区の窒素施用量が1回当たり1.6~3.6 kg/10 aと少量であること、液肥が下層まで十分に浸透したこと等が原因として考えられた。また、前述のように、少量多数回分施により茶樹の窒素吸収量が多くなったことによると推察された。

一方、対照区の土壌中窒素量は表層、下層ともに点滴区に比べ高く推移し、濃度の変化も大きかった。これは、対照区ではうね間への施肥であるため施肥部が狭く、採土部位が施肥の影響を受けやすいこと、1回当たりの窒素施用量が点滴区より多いこと等が要因として考えられた。また、資材の窒素溶出には地温や水分が影響するため(堺田ら, 2002b)、降雨により肥料等に含まれる窒素が一時的に溶出したり、梅雨期の大雨等で窒素が溶脱したりしたことも考えられた。

4.1.4.3 土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度の推移および窒素溶脱量

土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度は点滴区で低く推移し、窒素溶脱量も大幅に低減された。これは、点滴かん水施肥により生葉収量や茶葉中の遊離アミノ酸等が増加し、施肥窒素利

用率が向上したことが要因として考えられ、点滴かん水施肥は環境負荷の低減に有効であった。対照区では、特に6～7月の梅雨期に硝酸態窒素濃度が高く、窒素溶脱量が多かった。これは、春肥に施用した有機質資材から無機化した窒素分などが、梅雨期の連続した降雨により溶脱したことが原因と推察された。

また、土壤浸透水中の硝酸態窒素濃度の年間平均値について、試験開始初年次では、土壤および施肥法の違いにかかわらず20 mg/L以上の高い濃度を示したが、年次を追う毎に低下し、黒ボク土の点滴区では試験開始2年次で、赤黄色土の点滴区および黒ボク土の対照区では試験開始3年次で、10 mg/L以下まで低下した。加治ら(2001)は、火山灰土壤の茶園において、過剰に蓄積された窒素の分解、溶脱には2年程度要し、茶園浸透水中の硝酸態窒素濃度は3年目から低減し始めることを報告している。また、火山灰土壤の茶園において窒素施用量86 kg/10 aを、4年かけて50 kg/10 aまで段階的に低減すると、溶脱する硝酸態窒素濃度の年間平均値は環境基準値(10 mg/L)を下回ったこと等を明らかにしている(加治ら, 2002)。本試験の結果は、50 kg/10 aレベルまでの施肥削減により浸透水中の硝酸態窒素濃度は経年的に低下し、10 mg/L以下になるという点でこれらの報告とほぼ一致しているとともに、点滴かん水施肥は慣行施肥に比べ、早期に環境負荷低減が実現できる効率的な施肥法であることを示している。

以上、本試験において、煎茶園での点滴かん水施肥は収量、品質および環境負荷低減に対して効果が高いことが明らかとなった。今後は、玉露園での点滴かん水施肥の効果の検討や、収量、品質を維持しつつ、さらに施肥量削減した点滴かん水施肥法の確立が必要である。

4.1.5 摘要

煎茶園において、樹冠下の点滴かん水施肥(窒素50 kg/10 a)が、収量、品質および土壤浸透水に及ぼす影響について検討した。

1. 窒素50 kg/10 aを点滴かん水施肥した場合、同程度の窒素を施用した慣行施肥法と比較して、一、二番茶ともに20%以上増収した。
2. 点滴かん水施肥により、20%程度の増収条件下では官能評価や化学成分含有率等において、慣行施肥法より優れる傾向を示した。
3. ライシメータでの地下浸透水中の硝酸態窒素濃度は点滴かん水施肥を行うことで、慣行施肥法に対し早期に低下する傾向が認められた。また、点滴かん水施肥区の試験開始3年次の窒素溶脱量は、黒ボク土で1.9 kg/10 a、赤黄色土で3.6 kg/10 aと、各土壤でそれぞれ慣行施肥法の40～36%となり、大幅に環境負荷が低減された。

第 2 節 玉露園における点滴かん水施肥技術の導入の可能性と点滴かん水施肥による効率的施肥削減の実証

4.2.1 序 文

前節において、煎茶園での樹冠下の点滴かん水施肥（窒素 50 kg/10 a）が、収量、品質および土壌浸透水に及ぼす影響について検討し、同程度の窒素を施用した慣行施肥法と比較して、増収、品質向上および環境負荷低減効果が認められ、効率的な施肥法であることが明らかとなった。

一方、煎茶園と仕立て法や栽培法が異なる玉露園において、点滴かん水施肥の効果を検証した事例はない。玉露は摘採前に 20 日間前後の遮光栽培（遮光率 90%以上）を行うこと、品質、特に滋味（うま味）を重視するため、樹勢維持、品質向上のため依然として多量施肥傾向にある。このため、高品質八女茶産地の象徴である玉露園への点滴かん水施肥技術の導入の可能性を検討するとともに、収量、品質を慣行施肥と同程度に維持しながら施肥窒素量を効率的に削減する点滴かん水施肥管理を実証する。

4.2.2 材料および方法

4.2.2.1 玉露園への点滴かん水施肥技術の導入の可能性と点滴かん水施肥による効率的施肥削減の実証（場内試験）

八女分場内（標高 144 m, 赤黄色土, LiC/HC）の玉露園において、品種‘やぶきた’（1970 年 3 月定植, 自然仕立て, 化学繊維の 2 段被覆：上段遮光率 70%, 下段遮光率 80%）を供試し, 1999 年 8 月～2002 年 7 月の 3 年間, 試験を実施した。供試圃場の土壌理化学性を表 4.2-1 に, 試験区の構成および施肥設計を表 4.2-2 に示した。供試圃場の施肥窒素量前歴について, 1997～1999 年 7 月は 73.4 kg/10 a であった。供試圃場は全て同一の施肥管理とし, 試験開始時の茶樹生育は概ね均一であった。点滴施肥区（以下, 点滴区）は, 点滴口 50 cm ピッチの点滴チューブ（ラム 17, ポリエチレン製, 圧力補正機能付, 吐出量 2.3 L/h）をうね間雨落ち部に設置して（図 4.1-1）, 尿素複合液肥又は有機液肥を希釈（窒素濃度 1000～1500 mg/L）したものを液肥量 2000 L/10 a とし, 2 月中旬から 6 月上旬, 及び 7 月下旬から 10 月上旬まで, 旬毎に月 3 回（年間 22 回）施用した。年間窒素施用量は 53.0 kg/10 a とした。対照区は農家慣行に準じ, 秋肥および春肥として配合肥料や油粕, 芽出し肥として硫安や化成肥料を組み合わせたうね間表層施肥で, 対照 73N 区（1999 年以前農家慣行）は年間窒素施用量を 73.4 kg/10 a, 対照 53N 区（2000 年以降農家慣行）は年間窒素施用量を 52.8 kg/10 a とし, 施肥回数は対照 73N 区 7 回, 対照 53N 区 6 回とした。なお, 全区, 7 月に苦土石灰を各区 100 kg/10 a 施用し, 堆肥は無施用とした。試験規模は各区 1.3 a とした。摘採方法は手摘みとし, 荒茶加工は 2 kg 少量製茶機（寺田製作所製）で行った。荒茶品質の官能評価は, 茶の標準審査法に基づいて審査し, パネル 6 名の合議による標準採点法で評価した。荒茶中および五葉開葉芽（新芽）中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, カフェイン, タンニンおよび NDF（中性デタージェント繊維）含有量は近赤外分析法（静岡製機茶成分分析計 GT-8S）で測定した。

土壌中の無機態窒素量は前節と同様に, 点滴区は雨落ち部（点滴かん水チューブに隣接）の点滴口と点滴口の間, 対照区は雨落ち部, それぞれの表層（深さ 0～20 cm）土壌を口

径 6 cm の採土管を用いて、ほぼ 2 週間間隔で 1 区当たり 6 箇所（3 反復×2 箇所）採取した。土壌に対して 5 倍量の蒸留水で抽出した液を濾過後、分析に供試した。硝酸態窒素、アンモニア態窒素ともにイオンメーター（ORION-901）で測定し、それらの合計値を無機態窒素量（100 g 当たり）とした。土壌溶液は、30 mm/日以上降雨があった日の翌日に、ポーラスカップをうね間の深さ 40 cm に 1 区当たり 9 本（3 反復×3 箇所）設置して採取し、イオンクロマトグラフィー（東亜ディーケーケー社 IA-100）により硝酸態窒素濃度を測定した。なお、これらの調査は点滴区および対照 73N 区は 3 年間（1999 年 8 月～2002 年 7 月）、対照 53N 区は 2 年間（2000 年 8 月～2002 年 7 月）行った。

表 4.2-1 供試圃場の土壌理化学性（試験開始時：1999 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(mg/100g)			土性	三相分布(%)		
							CaO	MgO	K ₂ O		固相	液相	気相
表層	4.1	3.5	0.35	20.1	6.9	33.7	135	42.9	139	LiC	40.1	31.0	28.9
下層	4.0	2.9	0.19	12.5	1.8	27.5	108	33.5	105	HC	43.4	33.5	23.1

*1 表層は深さ 0～20 cm、下層は深さ 20～40 cm

表 4.2-2 試験区の構成及び施肥設計

試験区	8			9			10			2			3			4			5			6		7		N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	下			
点滴区*1	②	②	②	①	①	①	①	①	①	③	③	③	④	④	④	②	②	②	②	②	②	②	②	53.0-26.2-27.4		
窒素成分量(kg/10a)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	年間施肥回数22回	
対照53N区*2	油粕			配合			配合			配合			化成②			硫安						52.8-24.4-29.6				
窒素成分量(kg/10a)	13.0			10.0			10.8			10.8			7.2			8.4						年間施肥回数6回				
対照73N区	油粕			配合			油粕			油粕			配合			苦土硫安			化成①			73.4-36.0-31.2				
窒素成分量(kg/10a)	13.0			10.0			10.0			10.0			13.0			9.0			8.4			年間施肥回数7回				

*1 点滴区の肥料は①：尿素複合液肥（N-P₂O₅-K₂O：12-12-12），②：尿素複合液肥 1544 号（N-P₂O₅-K₂O：15-4-4），③：有機液肥 643 号（N-P₂O₅-K₂O：6-4-3），④：有機液肥 046 号（N-P₂O₅-K₂O：10-4-6）。液肥施用量は 2,000 L/10 a。

*2 対照区の肥料は配合：八女玉露配合（N-P₂O₅-K₂O：6-4-5），油粕（N-P₂O₅-K₂O：5-2-1），苦土硫安（N-P₂O₅-K₂O：15-0-0），硫安（N-P₂O₅-K₂O：21-0-0），化成①：有機化成（N-P₂O₅-K₂O：14-3-6），化成②：（N-P₂O₅-K₂O：12-2-4）。

4.2.2.2 玉露園への点滴かん水施肥技術の導入の可能性（現地実証試験）

福岡県八女郡星野村（現在、八女市星野村）の生産者玉露園（標高 300 m、赤黄色土）において、品種‘やまかい’（1980 年 3 月定植、自然仕立て、簀巻きによる棚被覆：最終遮光率 95%）を供試し、2000 年 8 月～2002 年 7 月の 2 年間、試験を実施した。試験区の構成および施肥設計を表 4.2-3 に示した。点滴区について、点滴施肥機材および施肥法は前述 4.1.2.1 と同様とし（図 4.2-1），尿素複合液肥又は有機液肥を希釈（窒素濃度 1000～1500 mg/L）したものを液肥量 2000 L/10a として、2 月中旬から 6 月上旬、および 7 月下旬から 10 月上旬まで、旬毎に月 3 回（年間 22 回）施用した。なお、年間窒素施用量は 53.0 kg/10 a とした。対照区は窒素 58.2 kg/10 a を慣行資材を用いてうね間表層施肥した。試験規模は点滴区 3 a、対照区 1 a とした。新芽性状は 20 cm×20 cm 枠内の新芽の新芽長、新葉数、百芽重および出開き度を各区 6 反復調査した。荒茶品質および新芽の化学成分含有量は、前述 4.1.2.1 と同様の方法で調査した。また、点滴区の荒茶を 2001 年は九州茶品評会（玉露の部）、2002 年は全国茶品評会（玉露の部）に出品し、各県の出品茶を

対照とした品質評価（相対評価）を行った。

表 4.2-3 試験区の構成及び施肥設計（現地試験）

試験区	8			9			10			2			3			4			5			6		7		N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	下				
点滴区*1	②	②	②	①	①	①	①	①	①				③	③	③	④	④	④	②	②	②	②	②	②	53.0-26.2-27.4		
窒素成分量 (kg/10a)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0				2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	年間施肥回数22回
対照区*2	油粕			配合						油粕			配合			化成			硫安					58.2-23.6-26.8			
窒素成分量 (kg/10a)	6.0			9.6						6.0			8.4			8.4			7.2			12.6					年間施肥回数7回

*1 点滴区の肥料は①：尿素複合液肥（N-P₂O₅-K₂O：12-12-12），②：尿素複合液肥 1544 号（N-P₂O₅-K₂O：15-4-4），③：有機液肥 643 号（N-P₂O₅-K₂O：6-4-3），④：有機液肥 046 号（N-P₂O₅-K₂O：10-4-6）。液肥施用量は 2,000 L/10 a。

*2 対照区の肥料は配合：八女玉露配合（N-P₂O₅-K₂O：6-4-5），油粕（N-P₂O₅-K₂O：5-2-1），硫安（N-P₂O₅-K₂O：21-0-0），化成：有機化成（N-P₂O₅-K₂O：12-2-4）。

4.2.3 結果

4.2.3.1 玉露園への点滴かん水施肥技術の導入の可能性と点滴かん水施肥による効率的施肥削減の実証（場内試験）

点滴区の生葉収量は、対照 73N 区に比べ 2000 年は同等であったが、2001 年及び 2002 年は 15% 程度多く、2001~2002 年の平均でも 16% 多かった。対照 53N 区に対しては 2001 年は同等、2002 年は 9% 多かった（表 4.2-4）。

荒茶品質について、点滴区の官能評価は対照 73N 区に対し、2001 年で劣ったが、2000 年および 2002 年は同等であった。対照 53N 区に対しては 2001 年でやや劣ったが、2002 年は優れた（表 4.2-5）。荒茶中の化学成分含有量は全窒素、カフェインおよびタンニンにおいて全区、同程度であった。遊離アミノ酸は、2001 年は全区同程度であったが、2002 年は点滴区および対照 73N 区が対照 53N 区より多かった（表 4.2-6）。生育程度を揃えた五葉開葉新芽中の化学成分含有量について、全窒素は 2001 年および 2002 年において、点滴区が他区より有意に多かった。NDF は全区、同程度であった（表 4.2-7）。

うね間土壤中の無機態窒素量は点滴区が対照 73N 区や対照 53N 区より低い値で推移した。特に 4~8 月の期間は他区との差が大きかった。対照 73N 区は対照 53N 区と比較して、春季から夏季は高めに推移し、秋季から冬季は同程度で推移した（図 4.2-1）。土壤溶液中の硝酸態窒素濃度は点滴区が他区より概ね低い値で推移した。点滴区では、2002 年 3 月 4 日および 2002 年 7 月 20 日の調査で 50 mg/L を超えたが、その他の調査では 50 mg/L 未満で推移した。一方、対照 73N 区は大半の調査で 60 mg/L を超える高い値を示した。対照 53N 区も 50 mg/L を超える値を示すことが多かった（図 4.2-2）。

表 4.2-4 施肥管理の違いが生葉収量に及ぼす影響

試験区	一番茶 (kg/10 a)			
	2000 年	2001 年	2002 年	平均(2001~2002)
点滴区	574 (100)	602 (115)*1a*2	500 (118) a	551 (116)
対照 53N 区	—	525 (100) b	459 (109) ab	492 (104)
対照 73N 区	574 (100)	524 (100) b	422 (100) b	473 (100)

*1 カッコ内は対照 73N 区を 100 とした指数

*2 異文字間には 5% 水準で有意差あり (Tukey)。

表 4.2-5 施肥管理の違いが荒茶官能評価に及ぼす影響

試験区	一番茶		
	2000年	2001年	2002年
点滴区	+0.2	-4.0	-0.4
対照 53N区	-	-2.5	-3.1
対照 73N区	±0	±0	±0

* 普通審査法（100点満点）で行い，対照 73N区を基準とした加減点で示した。

表 4.2-6 施肥管理の違いが荒茶中の化学成分含有量に及ぼす影響

試験区	全窒素(%)			遊離アミノ酸(%)			カフェイン(%)			タンニン(%)		
	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年
点滴区	6.36	6.52	6.87	4.8	4.4	4.9 a*1	4.0	3.9	3.5	10.3	10.9	11.0
対照 53N区	-	6.46	6.80	-	4.3	4.5 b	-	3.8	3.4	-	11.8	11.3
対照 73N区	6.38	6.54	6.84	4.9	4.6	5.0 a	3.8	3.9	3.5	10.1	11.5	11.0

*1 異文字間には 5%水準で有意差あり (Tukey)。

表 4.2-7 五葉開葉新芽中の化学成分含有量の比較

試験区	全窒素(%)			N D F (%)		
	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年
点滴区	5.50	6.05 a*1	6.85 a	23.2	26.1	22.1
対照 53N区	-	5.77 b	6.46 b	-	26.0	23.1
対照 73N区	5.48	5.86 b	6.65 b	25.5	25.6	22.3

*1 異文字間には 5%水準で有意差あり (Tukey)。

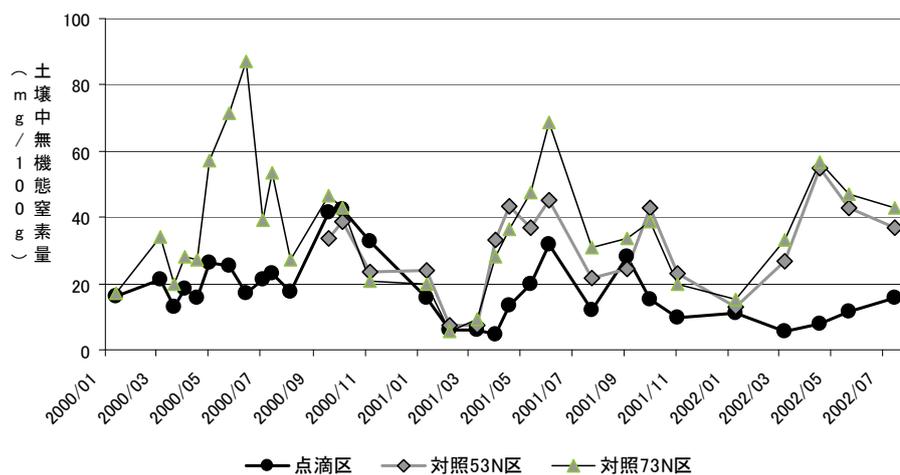


図 4.2-1 うね間土壌中（深さ 0～20 cm）の無機態窒素量の推移

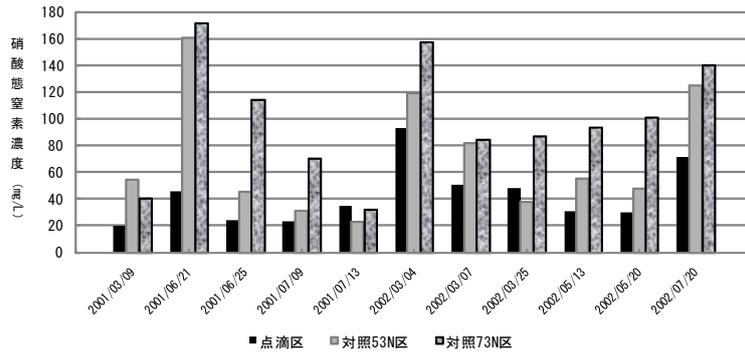


図 4.2-2 土壤溶液中の硝酸態窒素濃度の推移

4.2.3.2 玉露園への点滴かん水施肥技術の導入の可能性（現地実証試験）

摘採芽の性状について、2001年は全ての調査項目で点滴区が大きく、生育が進んでいる傾向にあった。2002年では百芽重は点滴区が大きかったが、新芽長、新葉数および出開き度は同程度であった（表 4.2-8）。

荒茶品質について、官能評価は2001年、2002年ともに点滴区が優れた（表 4.2-9）。荒茶中の化学成分含有量は全窒素および遊離アミノ酸で点滴区が対照区より多い傾向を示した。カフェインおよびタンニンは2カ年ともに両区、同程度であった（表 4.2-10）。点滴区で生産された荒茶を各種品評会に出品した結果、2001年は九州茶品評会で73点中14位（3等）、2002年は全国茶品評会で88点中7位（2等）であり上位入賞を果たした。また、全窒素含有量は福岡県茶品評会の上位入賞茶（2001年2等入賞茶平均値6.48%、2002年1等入賞茶平均値6.97%）より高い値を示した。

表 4.2-8 摘採芽の性状

試験区	2001年				2002年			
	新芽長(cm)	新葉数(枚)	百芽重(g)	出開度(%)	新芽長(cm)	新葉数(枚)	百芽重(g)	出開度(%)
点滴区	8.8	3.7	62.8	33.4	8.7	3.5	62.8	19.0
対照区	7.9	3.4	52.8	22.1	8.6	3.4	56.3	19.7

表 4.2-9 施肥管理の違いが荒茶官能評価に及ぼす影響

試験区	2001年	2002年
点滴区	+4.5	+4.5
対照区	±0	±0

* 普通審査法（100点満点）で行い、対照区を基準とした加減点で示した。

表 4.2-10 施肥管理の違いが荒茶中の化学成分含有量に及ぼす影響

試験区	全窒素(%)		遊離アミノ酸(%)		カフェイン(%)		タンニン(%)	
	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年	2001年	2002年
点滴区	6.90	7.14	5.4	6.1	3.4	3.3	10.5	10.1
対照区	6.81	6.82	4.7	5.2	3.4	3.2	10.8	10.0

* 全窒素はケルダール法、その他は近赤外分析計（静岡製機GT-8S）で分析。表 4.2-11も同様。

表 4.2-11 各種品評会出品茶との荒茶品質比較

試験年次	試験区	出品した品評会 (出品点数)	官能評価* ² (点)	出品成績	全窒素 (%)	遊離アミノ酸 (%)	カフェイン (%)	タンニン (%)
2001年	点滴区	九州茶品評会 (73点)	189	14位(3等)	6.90	5.4	3.4	10.5
	出品茶I* ¹		192	9位(2等)	7.01	6.0	3.4	10.2
	出品茶II		180	33位(等外)	6.82	4.9	3.6	11.2
2002年	点滴区	全国茶品評会 (88点)	193	7位(2等)	7.14	6.1	3.3	10.1
	出品茶		189	12位(2等)	7.19	6.0	3.5	10.3

*1 出品茶は試験区設置地域で生産され、摘採日および品種が点滴区と同じ茶を選んだ。

*2 官能評価は、品評会審査結果(200点満点：配点は外観40点、香気65点、水色30点、滋味65点)を示した。

*3 参考：2001年福岡県茶品評会出品茶の全窒素含有量は2等の平均値6.48%、3等の平均値6.49%、等外上位の平均値6.47%、等外下位の平均値6.25%。2002年福岡県茶品評会出品茶の全窒素含有量は1等の平均値6.97%、3等の平均値6.82%、等外上位の平均値6.68%、等外下位の平均値6.55%。

4.2.4 考察

生葉収量は2001年、2002年の2カ年平均で点滴区が多く、現地実証試験では特に、2001年において点滴の生育が促進される傾向がみられるなど、煎茶園と同様に玉露園においても点滴施肥の増収効果が確認された。品質面について、官能評価は場内試験では2001年では他区より劣ったが2000年、2002年は対照73N区同等であり、現地実証試験では対照区より優れる結果が得られた。2001年の点滴区の官能評価が劣った要因として、収量が600kg/10aを超え、摘採遅れによる外観の大形化、香気の低下等が挙げられた。一方、生育ステージを揃えた五葉開葉新芽中の全窒素含有量は点滴区が多い傾向を示しており、同程度の収量では、対照73N区と同等以上の品質が確保できると推察された。窒素施用量を対照73N区より約30%削減した点滴区が増収し、対照73N区と同程度の品質を維持できたのは、うね間土壌中の無機態窒素量および土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移を含め、前節と同様に、少量多数回分施や液肥が茶樹の根域全体に浸透し、施肥窒素利用率が向上することによるものと考えられた。また、点滴区は、同量の窒素施用量である対照53N区より収量および品質が優れたことから、点滴かん水施肥技術を導入することで窒素施用量のさらなる削減が可能と考えられた。

チャは新葉を収穫する作物であり、収穫葉中の全窒素およびアミノ酸含有量が多いほど高品質とされる(池ヶ谷, 1991)。つまり、葉の細胞伸長とタンパク合成を持続させる栄養生長を促すことが重要となる。これらの代謝は水ストレス感受性が高いため(野並, 2001)、乾燥状態は栄養生長を抑制する。また、土壌が乾燥傾向にある時にかん水を行うことで、新芽生育が旺盛になり、品質も向上する(堺田ら, 2002b)。本試験において、2000年および2001年の一番茶生育期では、降水量が平年より少なく、茶園土壌も乾燥傾向にあった。2000年の生葉収量および荒茶品質は、点滴区と対照73N区は同等であったが、2001年は点滴区が優れる傾向を示している。一方、新芽生育期に降雨が多かった2002年一番茶においても点滴区が優れる傾向を示している。このことは、玉露園においても点滴かん水施肥が慣行施肥法に比べ、降水量変動の影響が少ない効率的な施肥法であることを示唆しており、このことから玉露園においても普及拡大が期待できる有望な施肥技術と考えられた。また、全国有数の玉露の産地である八女市星野村での実証試験で生産された荒茶を

各種品評会に出品した結果，2 カ年ともに上位入賞を果たした。一般的に品評会出品茶園の窒素施用量は多量になりがちであるが，窒素施用量 53 kg/10 a を点滴かん水施肥することで，全国トップクラスの茶生産が可能であることを実証できたことは，点滴かん水施肥技術の普及および窒素施用量の削減に大きな意義がある。

一方，本試験における点滴区の施肥は，市販の液肥資材を窒素濃度 1000～1500 mg/L，に調整して施用した。煎茶園での施用方法（堺田ら，2004）や木下ら（2005b）は，本試験の液肥窒素濃度より低濃度の液肥を施用している。中村ら（2004）は砂耕法により，硝酸アンモニウムを施用形態とする液肥窒素濃度と茶樹の生育について検討し，茶樹の乾物生産量や窒素吸収量を指標とした場合の根圏域における適当な窒素濃度は，50～100 mg/L としている。また，石垣（1978）は，窒素施用形態は異なるものの，砂耕法により，窒素濃度が 150 mg/L 以上の場合，濃度障害により茶樹の生育が劣ることを認めている。今回の試験では，茶樹や根の生育に濃度障害と推察される現象は認められなかったが，引き続き地下部の生育状況等に留意する必要がある。

玉露は中山間地の傾斜地に多く栽培されており，低コストで均等な液肥施用が可能な点滴チューブの開発が期待されるとともに，効果的な液肥量や液肥濃度，施肥時期などを検討し，茶種，土性および土壌状態に応じた点滴施肥のマニュアル化やさらなる窒素施用量の削減を図る必要がある。

4.2.5 摘要

玉露園への点滴かん水施肥技術の導入の可能性を検討するとともに，収量，品質を慣行施肥と同程度に維持しながら施肥窒素量を効率的に削減する点滴かん水施肥管理を実証した。

窒素 53 kg/10 a を点滴かん水施肥すると，慣行施肥で窒素 73.4 kg/10 a を施用した場合より，3 カ年平均で約 10% 増収し，品質は同程度に維持することができた。また，現地実証試験（八女市星野村）においても品質向上効果が認められ，さらに各種品評会に出品し上位入賞を果たすなど，玉露園においても普及拡大が期待できる有望な施肥技術と考えられた。

第5章 施肥低減下での品質維持・向上のための管理技術

第1節 施肥量を削減した茶園におけるかん水の効果

5.1.1 序 文

施用した肥料の肥効は、土壌水分や地温に影響されることから、施肥量を削減した茶園で、収量や品質を安定的に維持するための土壌水分管理技術の確立が不可欠である。特に、一番茶の収量および品質を大きく左右する3月から4月にかけての肥効発現や茶樹の養分吸収は、この時期の土壌水分に大きく影響されることから、干ばつ時にはかん水等による土壌水分調節が重要である（池下，1996；釘本ら，1996；堺田ら，2003a）。

これまでに、此本ら（1977；1978）は、スプリンクラーを利用した茶園のかん水の効果について検討し、干ばつ時のかん水により品質が向上することや、かん水量と生育および品質の関係から、最適かん水点（pF2.3）を明らかにしている。しかしながら、スプリンクラーは樹冠面に散水するため、干ばつ時に土壌水分を適正に保つには多量の水を要する問題点がある。また、かん水による肥効発現の相違や土壌中無機態窒素量の変化について不明であり、施肥量を削減した場合でのかん水の効果についても検討されていない。

そこで、施肥量を削減した茶園の樹冠下中央部にかん水パイプを設置して2月から10月までの少雨時にかん水を行い、土壌中無機態窒素量の変化や生育および収量、品質に及ぼす影響について検討した。

5.1.2 材料および方法

5.1.2.1 試験場所および試験区の構成

福岡県八女郡黒木町（現在、八女市黒木町）の福岡県農業総合試験場八女分場内（標高144 m，赤黄色土，LiC/HC）の茶園において、品種‘やぶきた’（1991年9月定植，弧状仕立て，露地栽培）を用いて、2001年2月から5月および2002年2月から2003年5月において試験を実施した。なお、供試圃場の土壌理化学性を表5.1-1に、試験区の構成および施肥設計を表5.1-2に示した。かん水区は、樹冠下中央部にかん水パイプを単条敷設し、土壌pF値が2.3以下を保つように、pF2.3になった時点で1回につき10a当たり10～15tの水量を、茶園全面が均一となるようにかん水し土壌水分を調節した。なお、土壌pF値はpFセンサー（SPAD-2124）を用い、センサー部をうね間の深さ20cmの位置に各区3本設置して概ね毎日計測した。対照区は自然条件とした。施肥は、慣行肥料（八女茶秋1号配合N-P₂O₅-K₂O：5-5-4，八女茶春有機LP配合9-3-3，硫安21-0-0）を用いてうね間の表面に施用し、年間窒素施用量は、かん水区および対照35N区が35.4 kg/10 a，対照52N区が51.8 kg/10 aとした。試験規模は各区63 m²とした。

表 5.1-1 供試圃場の土壌理化学性

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 (mg/100g)			土性	三相分布 (%)		
							CaO	MgO	K ₂ O		固相	液相	気相
表層	4.4	2.2	0.31	10.4	4.4	28.9	155	33.9	109	LiC	38.9	37.4	23.7
下層	4.2	3.6	0.17	6.4	0.9	19.6	132	28.6	88	HC	41.3	36.2	22.5

*1 表層は深さ0～20 cm，下層は深さ20～40 cm

表 5.1-2 試験区の構成および施肥設計

試験区	2月中旬 (春配合*1)	3月中旬 (春配合)	4月上旬 (硫安)	8月上旬 (秋配合)	9月上旬 (秋配合)	成分計(kg/10 a) N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
かん水区	9.0*2	9.0	8.4	5.0	4.0	35.4-15.0-13.2
対照 35N区	9.0	9.0	8.4	5.0	4.0	35.4-15.0-13.2
対照 52N区	12.6	12.6	12.6	7.0	7.0	51.8-22.4-19.6

*1 春配合：八女茶春有機 LP 配合（菜種粕，骨粉，魚粕，LPS40，硫安，硫酸加里等を含む），
秋配合：八女茶秋 1 号配合（菜種粕，骨粉，魚粕，肉粕，硫安，硫酸加里等を含む）。

*2 数字は窒素施用量（kg/10 a）

5.1.2.2 調査方法

摘採芽および秋芽の性状は，20 cm×20 cm 枠内の新芽および秋芽について各区 6 反復とし，摘採芽は新芽長，新葉数，出開度を，秋芽は新芽長を調査した。土壌中の無機態窒素量（硝酸態窒素，アンモニア態窒素）は，うね間中央部の表層（深さ 0～20 cm）の土壌を各区 3 反復採取し，イオンメーター（ORION-901）で測定した。被覆尿素（LP リニア 70 日タイプ）の窒素溶出率は，被覆尿素 3 g を不織布に充填し，2002 年 2 月 19 日にかん水区および対照区のうね間地下 5 cm に埋設し，経時的に取り出して各区 3 反復で調査した。収穫した生葉は定法により製茶し荒茶とした。荒茶品質の官能評価は，茶の標準審査法に基づいて審査し，パネル 6 名の合議による標準採点法で評価した。荒茶中および秋芽中の全窒素含有量はセミマイクロケルダール法，荒茶中のカフェインおよびカテキン類含有量は茶の標準分析法（池ヶ谷ら，1990）に従い，HPLC（島津製作所 LC-6A）で測定した。

5.1.3 結果

5.1.3.1 日別降水量と土壌 pF 値の推移

日別降水量と土壌 pF 値の推移を図 5.1-1 に示した。2001 年の 3 月から 4 月までは，降水量が平年比 38% と極端に少なく，対照区の土壌 pF 値は，4 月 20 日頃には 2.7 まで上昇した。一方，かん水区の土壌 pF 値はこの期間に 3 回のかん水を行ったため，1.5 から 2.2 の範囲で推移した。2002 年は，2 月から 5 月上旬までは適度な降雨があり，かん水区およ

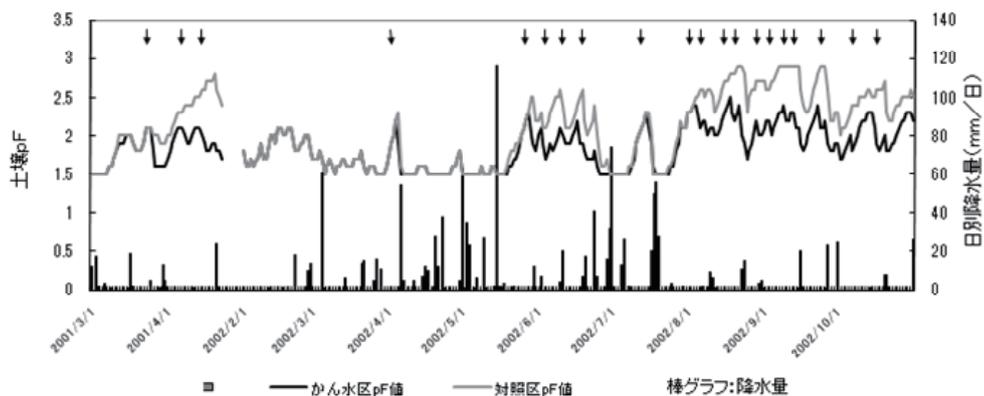


図 5.1-1 試験区の構成および施肥設計

*1 図中の ↓ はかん水区におけるかん水実施日を示す。かん水量は 2001 年：10 t/10 a/回，
2002 年：15 t/10 a/回。

*2 対照区の土壌 pF 値は対照 35N 区と対照 52N 区の平均値で示した。

び対照区ともに土壌 pF 値が 2.3 以下で推移した。しかし、5 月下旬以降は降水量が少なく、気温の上昇とともに土壌の乾燥が進み、対照区の土壌 pF 値は 2.3 以上の期間が長く、極端に降水量が少なかった 8 月から 9 月（平年比：8 月 22%，9 月 24%）は 2.9 まで上昇した。一方、かん水区の土壌 pF 値は、土壌の乾燥状態に応じて 18 回のかん水を行ったため、試験期間を通じて 1.5 から 2.5 の範囲で推移した。

5.1.3.2 土壌中の無機態窒素量の推移

土壌表層における無機態窒素量の推移を図 5.1-2 に示した。2001 年は、3 月 12 日の時点では全区とも同程度であったが、その後かん水区は上昇し、対照 35N 区や対照 52N 区より高い濃度で推移した。2002 年は、5 月中旬までは対照 52N 区が他区に比べ高めに推移し、かん水区と対照 35N 区は同程度で推移した。その後、7 月上旬までは対照 52N 区とかん水区は同レベルで推移したが、7 月中旬から 10 月上旬まではかん水区が他区に比べ高めに推移した。対照 35N 区は 6 月から 10 月まで他区に比べ低めに推移した。

また、被覆尿素の窒素溶出率を、かん水区と対照区の土壌水分状態で比較した（図 5.1-3）。その結果、窒素溶出率 80% に達した時期で約 3 週間の差がみられた。

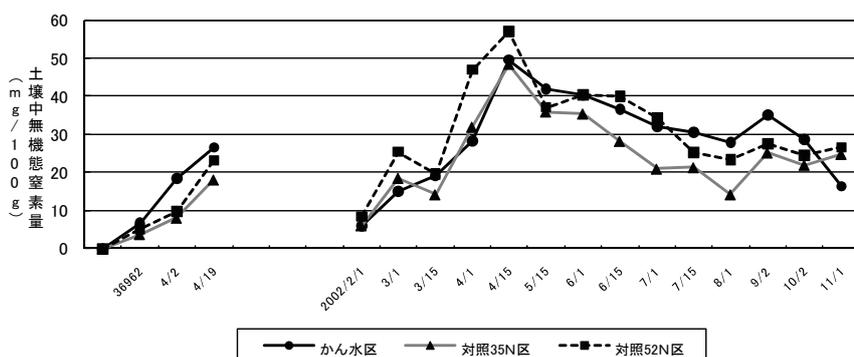


図 5.1-2 土壌中無機態窒素量の推移

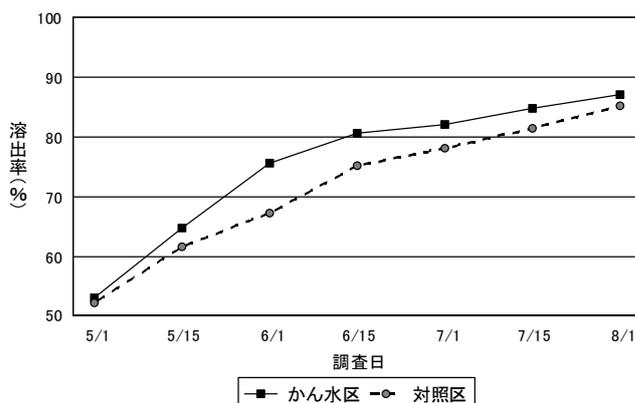


図 5.1-3 被覆尿素の窒素溶出率の推移

* 被覆尿素リニア型 70 日タイプを 2002 年 2 月 19 日に埋設して調査した。

5.1.3.3 新芽の生育と生葉収量および荒茶品質

摘採芽および秋芽の性状を表 5.1-3 に示した。かん水区の新芽長は、2002 年秋芽および 2003 年一番茶で他区に比べて有意に長く、その他の調査期においても他区と同等以上であった。新葉数は、すべての調査期において区間に有意差は認められなかった。出開き度は、2002 年二番茶においてかん水区が高かった。

生葉収量および秋整枝量の比較を表 5.1-4 に示した。かん水区の生葉収量は、2002 年一番茶は他区と同程度であったが、2001 年一番茶、2002 年二番茶および 2003 年一番茶は、他区より多い傾向にあった。また、2002 年の秋整枝量も他区より多かった。

荒茶の官能評価を表 5.1-5 に示した。かん水区の官能評価は、2002 年の一番茶では対照 35N 区と同程度で対照 52N 区より低かったが、その他の調査時期では対照 35N 区より明らかに高く、対照 52N 区と同等かそれ以上であった。

荒茶中および秋芽中の化学成分含有率を表 5.1-6 に示した。かん水区における荒茶中の全窒素含有率は対照 35N 区より高い傾向を示し、対照 52N 区と同等以上であった。また、2002 年の秋芽中全窒素含有率は、かん水区が他区に対し高い傾向を示した。一方、荒茶中のカテキンおよびカフェインは、全ての調査期において区間に有意差は認められなかった。

表 5.1-3 摘採芽および秋芽の性状*¹

試験区	2001 年一番茶			2002 年一番茶			2002 年二番茶			2002 年秋芽	2003 年一番茶		
	新芽長 (cm)	新葉数 (枚)	出開き度 (%)	新芽長 (cm)	新葉数 (枚)	出開き度 (%)	新芽長 (cm)	新葉数 (枚)	出開き度 (%)	新芽長 (cm)	新芽長 (cm)	新葉数 (枚)	出開き度 (%)
かん水区	8.9	3.9	10.5	8.0	3.5	33.9	5.0	3.2	28.8a* ²	10.1a	8.5a	3.6	43.6
対照 35N 区	7.9	3.5	12.9	8.0	3.4	36.6	4.5	3.1	19.7b	7.4b	7.2b	3.4	56.8
対照 52N 区	8.2	3.6	15.9	7.5	3.4	38.2	4.8	3.1	19.7b	8.1b	7.6b	3.5	55.3

*1 20 cm×20 cm 枠の調査。

*2 異文字間には 5% 水準で有意差あり (Tukey)。

表 5.1-4 生葉収量および秋整枝量の比較 (kg/10 a)

試験区	2001 年一番茶	2002 年一番茶	2002 年二番茶	2002 年秋整枝量	2003 年一番茶
かん水区	446 (111)* ¹ a* ²	495 (104)	412 (119) a	401 (115) a	614 (123) a
対照 35N 区	402 (100) b	477 (100)	347 (100) b	347 (100) b	499 (100) c
対照 52N 区	409 (102) b	505 (106)	375 (108) ab	350 (101) ab	565 (113) b

*1 カッコ内は対照 35N 区を 100 とした指数

*2 異文字間には 5% 水準で有意差あり (Tukey)。

表 5.1-5 荒茶官能評価

試験区	2001 年一番茶	2002 年一番茶	2002 年二番茶	2002 年秋整枝量
かん水区	+1.0	±0	+0.5	+0.8
対照 35N 区	±0	±0	±0	±0
対照 52N 区	+0.5	+1.0	±0	+1.0

* 普通審査法 (100 点満点) で行い、対照 35N 区を基準とした加減点で示した。

表 5.1-6 荒茶中および秋芽中の化学成分含有率の比較（乾物当たり％）

試験区	2001年一番茶			2002年一番茶			2002年二番茶			2002年秋芽	2003年一番茶		
	全窒素	カフェイン	カフェイン	全窒素	カフェイン	カフェイン	全窒素	カフェイン	カフェイン	全窒素	全窒素	カフェイン	カフェイン
かん水区	5.48a ^{*1}	13.9	2.5	5.34	15.2	3.7	5.44b	19.6	3.9	3.60a	5.20	14.6	2.9
対照35N区	5.31c	14.5	2.6	5.29	15.6	3.7	5.18b	20.2	3.6	3.39b	5.14	15.2	2.8
対照52N区	5.44b	13.3	2.6	5.27	15.1	3.8	5.30ab	19.4	3.7	3.40b	5.24	14.3	3.0

*1 異文字間には5%水準で有意差あり（Tukey）。

5.1.4 考察

2002年の試験期間において、3月から5月は適度な降雨があり、土壌pF値も茶樹の生育に適した2.3以下の範囲で概ね推移したが、その他の試験期間では降水量が少なく、対照区はpF2.3以上になる場合が多かった。一方、かん水区は夏季の高温時を除き概ねpF2.3以下を維持することができた。このような土壌水分状態で、かん水区の土壌中の無機態窒素量は、施肥量が同じ対照35N区より高めに推移し、施肥量が多い対照52N区と同等以上で推移した。これは、春肥（2～3月）や秋肥（8～9月）に施用する配合肥料中の有機質資材の分解には、地温とともに土壌水分の影響が大きく（米沢，1983）、pF2.5以上のような過乾燥の状態が多かった対照35N区や対照52N区では、有機質資材の分解がスムーズに進まなかったためと推測された。被覆尿素については、小林ら（1997）や越野ら（2003）が、土壌が乾燥状態になると、施用した肥料周辺の水蒸気圧が低下するのに伴い、溶出量が低下することを報告している。本試験で施肥量が多い対照52N区の土壌中窒素量が、土壌の乾燥に伴いかん水区より低く推移したのは、前述した有機質肥料の分解遅延とともに、この被覆尿素の溶出阻害も大きく影響しているものと思われる。

新芽の生育や生葉収量については、新芽生育期に適度な降水量があった時期は、かん水区と対照52N区はほぼ同等であったが、降水量が少なかった時期にはかん水区の方が対照52N区より優れた。此本ら（1977；1978）は、茶樹の生育は降水量が少ないか降雨の分布の悪い年ではかん水の効果が高いことや、茶樹の最適かん水点は土壌pF値が2.3程度であることを報告している。本試験のかん水区では、この此本らの示したかん水点である土壌pF2.3をかん水開始の基準としたが、減肥しても茶樹の養分吸収や生育が順調になる結果が得られ、土壌pF2.3は施肥量の多少によらず茶園におけるかん水点の指標として利用できることが示唆された。

また、かん水区における荒茶中および秋芽の全窒素含有量は、窒素施肥量が多い対照52N区と同等以上であった。釘本ら（1996）は、1994年7月から9月の高温・干ばつによる茶樹への影響を調査し、干ばつにより秋芽の生育が阻害され、翌年一番茶の収量も低下したことを報告している。本試験において、2002年8月および9月の降水量は、それぞれ平年比の22%および24%と極端に少なかったが、かん水区の秋整枝量や翌年の一番茶の収量は多く、品質も対照52N区と同等であった。土壌水分の不足は、施用した肥料の分解や樹体への吸収阻害とともに、新芽や根の伸長などの樹体生育そのものにも大きく影響している。特に、茶樹のような永年性の作物では前年度の生育や貯蔵養分の多少が当年の生育、収量および品質に大きく影響する。本試験で、かん水区は減肥しても秋整枝量が多くなり翌年の一番茶の収量も多くなったのは、かん水により樹体の生育そのものが促進されたことを示すものである。

以上、本試験において、少雨時にかん水を行い土壤水分を pF2.3 以下に保つことで、施用した肥料からの窒素の供給が順調に進み、土壤中の無機態窒素量が高い値で推移することや、生葉収量や荒茶品質等が向上することが明らかとなり、施肥量を削減し環境負荷を軽減した茶園での効率的な肥効発現には、土壤水分管理が重要であることが明らかになった。夏季の気温が高い時期に土壤 pF 値を 2.3 以下で維持するには多量の水が必要であるが、今後は、低コストでかん水効果が最大限に発揮できるようなかん水装置の開発、樹体の生育診断に基づくかん水時期とかん水量の検討、さらにはかん水の効率的な利用に伴う施肥量のさらなる削減などについて検討していく必要がある。

5.1.5 摘要

施肥量を削減した茶園において、2月から10月までの少雨時にかん水を行い、土壤水分を適正に維持する管理が、茶樹の生育や荒茶品質および土壤中無機態窒素量に及ぼす影響について検討した。

かん水により、茶樹の生育に適正な土壤水分（pF2.3 以下）を保つことで、施用した肥料からの窒素の供給が順調に進み、うね間土壤中の無機態窒素量は、施肥量を削減しても無かん水に比べ高い値で推移した。また、かん水により茶芽の生育が旺盛となり、荒茶中の全窒素含有率や官能評価および生葉収量は、年間窒素施用量が 35 kg/10 a でも、無かん水で年間窒素施用量が 52 kg/10 a の場合と同等以上であった。

第2節 玉露園におけるジシアンジアミド入り被覆尿素の施用効果と窒素施用量の削減

5.2.1 序 文

チャは好アンモニア植物である。このことから、茶園における窒素利用率を高める効率的な施肥技術の一つとして、硝酸化成抑制剤（以下、硝化抑制剤）の利用が提唱されている（早津ら，1992；西野，1993；野中ら，2005；Wen *et al.*，2008）。硝化抑制剤の内、ジシアンジアミド（以下、Dd）の添加効果について、西野（1999）は、二番茶の品質向上が認められ、窒素溶脱量はIBやCDU等の尿素系の緩効性肥料と同等であったことを報告している。また、2000年にチッソ旭肥料株式会社（現ジェイカムアグリ株式会社）が尿素にDdをコーティングし、更に樹脂をコーティングしたDd入り被覆尿素（DdLPコート）を開発した。茶園における本資材の施用効果について、三浦ら（2007）は秋肥、夏肥および春肥で利用すると、Ddの硝化抑制作用により窒素溶脱が低減し、窒素利用率が高まることで、二、三番茶の品質が向上するとしている。これらの報告は煎茶園での検討が大半である。高アミノ酸等うま味を重視するため他茶種と比較して多肥傾向にある玉露園では、品質の維持・向上を前提とした効率的施肥管理技術の確立が望まれている。玉露園においても、この資材を利用することが期待できるが、その効果について検討はなされていない。

そこで本研究では、玉露園においてDd入り被覆尿素を春肥と秋肥に利用して、チャの収量、品質向上効果を検証するとともに、収量、品質の維持を前提とした、窒素施用量の削減の可能性について検討した。

5.2.2 材料および方法

5.2.2.1 試験場所および試験区の構成

福岡県八女郡黒木町（現在、八女市黒木町）の福岡県農業総合試験場八女分場（標高144m）内の玉露園（赤黄色土，LiC/HC）において、品種‘やぶきた’（1970年3月定植，自然仕立て，化学繊維の2段被覆：上段遮光率70%，下段遮光率80%）を供試し，2001年8月～2005年7月の4年間，試験を実施した。供試圃場における試験開始時の土壤理化学性を表5.2-1に，試験期間中の日平均気温および降水量の推移を図5.2-1，試験区の構成および施肥設計を表5.2-2に示した。供試圃場の施肥窒素量前歴は，1996～1998年7月は73.4 kg/10 a，1999～2001年7月は54.0 kg/10 aであった。供試圃場は全て同一の施肥管理とし，試験開始時の茶樹生育は概ね均一であった。対照区は農家慣行に準じ，秋肥および春肥として配合肥料や油粕，芽出し肥として硫安や化成肥料を組み合わせ，年間窒素施用量を福岡県茶施肥基準（玉露園）（福岡県農政部，2000）の54 kg/10 aとし，施肥回数は7回とした。Dd入り被覆尿素54N区（以下，Dd被覆54N区）は，春肥にDd入り被覆尿素リニア型40日タイプを窒素で計15.0 kg/10 a，秋肥に同じくりニア型70日タイプを窒素で7.8 kg/10 a施用した。その他，硫安や配合肥料を用い，年間施肥回数4回，窒素施用量は対照区と同様に54.0 kg/10 aとした。また，Dd被覆54N区と同様の施肥時期，施肥資材で，対照区やDd被覆54N区に比べ窒素施用量を約20%削減したDd入り被覆尿素43N区（以下，Dd被覆43N区）を設置した。なお，全区，うね間表層施肥で，7月に苦土石灰を各区100 kg/10 a施用し，堆肥は無施用とした。また，春肥および秋肥施用時に過リン酸

石灰, 硫酸カリを用い, リン酸およびカリの施用量を対照区および Dd 被覆 54N 区は各 27.0 kg/10 a, Dd 被覆 43N 区は各 22.0 kg/10 a に補正した。試験区は 1 区 7.2 m² (4 m×1.8 m) の 3 反復でランダムに配置し, 摘採は試験区全面積, 手摘みとした。荒茶加工は 2 kg 少量製茶機 (寺田製作所製) で行った。

表 5.2-1 供試圃場の土壌理化学性 (調査開始時: 2002 年)

圃場区分*2	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)			可溶性 土性 (mg/100g)	三相分布 (%)			
							CaO	MgO	K ₂ O		固相	液相	気相	
表層	4.3	3.1	0.43	22.1	3.9	34.1	4.95	1.62	2.82	98.8	LiC	38.5	36.1	25.4
下層	4.2	3.5	0.25	11.8	1.8	25.6	4.36	1.39	1.93	34.9	HC	42.6	34.2	23.2

*1 採土日: 2002 年 7 月 23 日

*2 表層は深さ 0~20 cm, 下層は深さ 20~40 cm

表 5.2-2 試験区の構成及び施肥内容 (kg/10 a)

試験区	8月(秋肥)		9月(秋肥)		2月(春肥)			3月(春肥)			4月(春肥)	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O
	中旬		中旬		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	中	
Dd 被覆 54N	配合 + Dd70				配合 + Dd40			配合 + Dd40			硫安	54-27-27
窒素成分量(kg/10a)	7.8	7.8			7.5	7.5		7.5	7.5		8.4	
Dd 被覆 43N	配合 + Dd70				配合 + Dd40			配合 + Dd40			硫安	43-22-22
窒素成分量(kg/10a)	6.2	6.2			6.0	6.0		6.0	6.0		6.8	
対照区	油粕		配合		油粕			配合			化成	54-27-27
窒素成分量(kg/10a)	6.0		9.6		6.0			8.4			8.4	

*1 肥料の種類: 配合 (N:P₂O₅:K₂O 6:4:5), Dd40, Dd70: Dd 入り被覆尿素リニア 40 日, 70 日タイプ (42:0:0), 肥料名の下の数値は窒素成分量

*2 施肥日: Dd 被覆 54N 及び Dd 被覆 43N 区は 2001 年 8 月 10 日, 2002 年 2 月 12 日, 3 月 11 日, 4 月 12 日, 8 月 12 日, 2003 年 2 月 12 日, 3 月 10 日, 4 月 10 日, 8 月 13 日, 2004 年 2 月 10 日, 3 月 11 日, 4 月 12 日, 8 月 12 日, 2005 年 2 月 14 日, 3 月 14 日, 4 月 12 日。対照区は 2001 年 8 月 10 日, 9 月 10 日, 2 月 8 日, 15 日, 3 月 7 日, 25 日, 4 月 12 日, 8 月 12 日, 9 月 11 日, 2003 年 2 月 4 日, 24 日, 3 月 5 日, 24 日, 4 月 10 日, 8 月 13 日, 9 月 16 日, 2004 年 2 月 5 日, 25 日, 3 月 8 日, 24 日, 4 月 12 日, 8 月 12 日, 9 月 13 日, 2005 年 2 月 4 日, 23 日, 3 月 7 日, 24 日, 4 月 12 日

*3 7 月中旬に苦土石灰を各区 100 kg/10 a 施用 (施用日: 2002 年 7 月 18 日, 2003 年 7 月 18 日, 2004 年 7 月 16 日)。

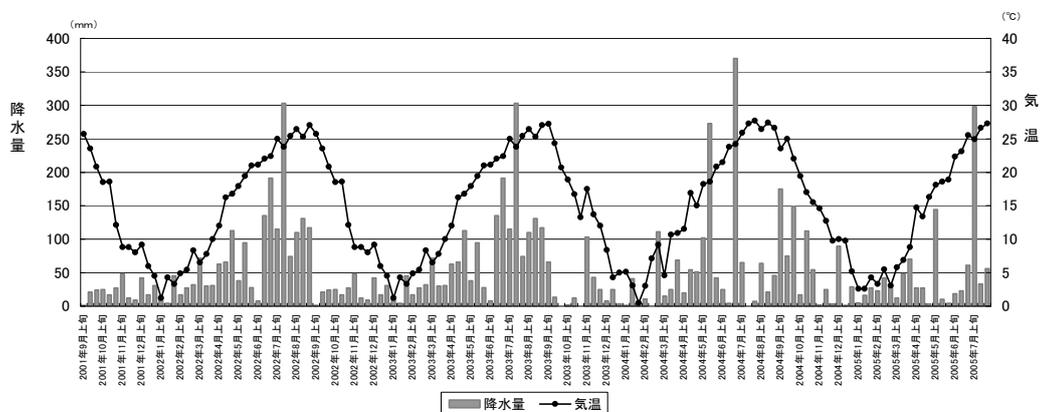


図 5.2-1 試験期間中の気温および降水量の推移

* 観測地点: 福岡県農業総合試験場八女分場内 (気象庁アメダス黒木)

5.2.2.2 調査項目

荒茶品質の官能評価は、茶の標準審査法に基づいて外観（形状，色沢）および内質（香気，水色，滋味）を審査し，パネル6名の合議による標準採点法で評価した。荒茶中の全窒素はセミマイクロケルダール法，遊離アミノ酸（アスパラギン酸，グルタミン酸，アスパラギン酸，セリン，グルタミン，スレオニン，グリシン，アルギニン，テアニン，アラニン，チロシン， γ -アミノ酪酸，メチオニン，バリン，フェニルアラニン，イソロイシン，ロイシン，リジン）は池ヶ谷らの分析法（池ヶ谷ら，1990）で，カテキン類（EC，ECg，EGC，EGCg）は後藤らの分析法（後藤ら，1996）に従い HPLC（Hewlett-Packard 社 HP-1100）で測定した。NDF（中性デタージェント繊維）は近赤外分析計（DICKEY-john 社製）を用いて測定した。枝条長は摘心前の11月中旬に，各区，任意の30本について枝条の基部から最上位葉の先端までの長さを調査した。土壌は口径6 cmの採土管を用い，うね間中央の表層（0～20 cm）土壌約570 cm³をほぼ2週間間隔で1区当たり6箇所（3反復×2箇所）採取した。土壌に対して5倍量の蒸留水で抽出した液を濾過後，分析に供試した。硝酸態窒素はイオンクロマトグラフィー（東亜ディーケーケー社 IA-300），アンモニア態窒素はイオンメーター（ORION-901）で測定し，それらの合計値を無機態窒素量（100 g 当たり）とした。土壌溶液は，30 mm/日以上降雨があった日の翌日に，ポーラスカップをうね間の深さ40 cmに1区当たり9本（3反復×3箇所）設置して採取し，イオンクロマトグラフィー（前述）により硝酸態窒素濃度を測定した。なお，全ての調査は2002年8月より実施し，生葉収量，荒茶中の化学成分および枝条長の差の検定には Tukey 法を用いた。

5.2.3 結果

5.2.3.1 生葉収量

生葉収量を表 5.2-3 に示した。Dd 被覆 54N 区の生葉収量は，対照区に比べ3カ年を通して対照区を上回った。その増収幅は9～21%であった。Dd 被覆 43N 区は3カ年とも対照区比103～105%で，減肥しているにもかかわらず遜色がなかった。

表 5.2-3 生葉収量の比較 (kg/10 a)

試験区	2003年	2004年	2005年
Dd 被覆 54N	715 a* ¹ (109)* ²	543 a (121)	649 a (109)
Dd 被覆 43N	692 ab (105)	469 b (104)	611 ab (103)
対照区	657 b (100)	449 b (100)	595 b (100)

*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 法)。

*² カッコ内は各年次の対照区を100とした指数を示す。

5.2.3.2 荒茶品質

荒茶官能評価を表 5.2-4 に示した。Dd 被覆 54N 区は試験開始当初の2003年は外観，内質ともに対照区と同等であったが，2004年は内質，2005年は外観，内質ともに優れる評価であった。Dd 被覆 43N 区は2003年と2004年の内質は対照区よりもやや優れたが，外観は同等であった。

荒茶中の化学成分を図 5.2-2，図 5.2-3 に示した。全窒素含有量は，Dd 被覆 54N 区は対照区に比べ，2003年および2004年は同等であったが，2005年は有意に多かった。Dd 被覆

43N区は試験開始当初の2003年は対照区を下回ったが、その後2カ年は同等であった。遊離アミノ酸およびテアニン含有量も全窒素含有量同様、Dd被覆54N区は2003年および2004年は対照区並みで、2005年は上回った。Dd被覆43N区は、2003年は対照区を下回ったが、2004年および2005年は同等であった。

カテキン類含有量について、Dd被覆54N区は2003年および2004年は対照区と同等であったが、2005年は下回った。これに対して、Dd被覆43N区は3カ年とも対照区と同等であった。カフェイン含有量およびNDF含有量は、3カ年とも処理による差は認められなかった。

表 5.2-4 荒茶の官能評価

試験区	2003年			2004年			2005年		
	外観	内質	計	外観	内質	計	外観	内質	計
Dd被覆54N	—	—	—	—	◎	○	◎	◎	◎
Dd被覆43N	—	○	—	—	○	○	—	—	—

* 各項目20点（外観は形状，色沢，内質は香気，水色，滋味），合計100点満点による標準審査法。対照区との差が-0.5～+0.5は—（ほぼ同等），+0.6～+1.0は○（やや優れる），+1.1以上は◎（優れる）で示した。

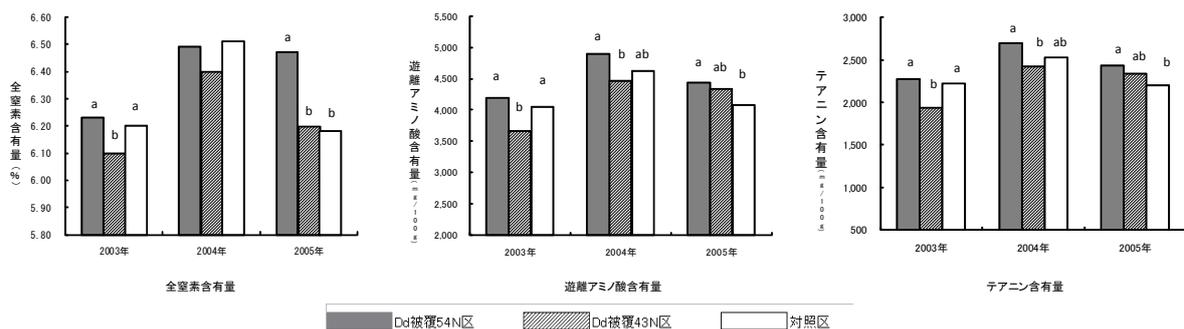


図 5.2-2 荒茶中の全窒素，遊離アミノ酸及びテアニン含有量の比較

* 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法）。

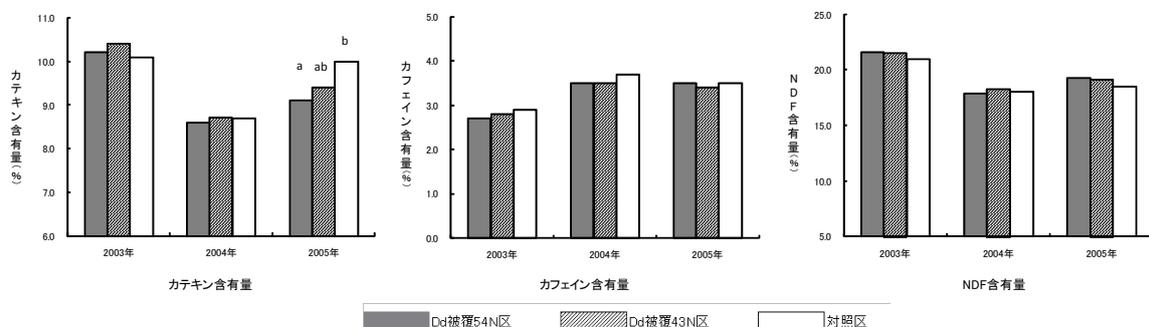


図 5.2-3 荒茶中のカテキン，カフェインおよびNDF含有量の比較

* 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法）。

5.2.3.3 枝条長

枝条長を表 5.2-5 に示した。Dd 被覆 54N 区は、対照区に比べ 2002 年および 2003 年で長く、2004 年は有意差は認められなかった

表 5.2-5 枝条長の比較 (cm)

試験区	2002 年	2003 年	2004 年
Dd 被覆 54N	86.6 a* ¹	80.8 a	83.4
Dd 被覆 43N	83.0 ab	74.3 b	82.9
対照区	78.5 b	73.1 b	80.5

* 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 法)。

5.2.3.4 うね間土壌中の無機態窒素量

うね間土壌中の無機態窒素量を図 5.2-4 に示した。各区とも、1 月から 2 月にかけての無機態窒素量は 10 mg/100 g 前後の水準で低めに推移した。一方、4 月から 11 月にかけては区間の差が大きかった。Dd 被覆区は 4~7 月と 9~11 月において対照区を上回る水準で推移し、Dd 被覆 54N 区では一番茶摘採期にあたる 5 月に 45~70 mg/100 g と高い値を示した。Dd 被覆区間で比較すると、4~10 月において Dd 被覆 54N 区が高めに推移した。対照区は 6~7 月の梅雨期の降雨による低下が Dd 被覆区と比較して大きかった。

うね間土壌中のアンモニア態窒素量を図 5.2-5 に示した。各区とも、9 月から 2 月にかけて 10 mg/100 g 以下の低い水準で同様に推移した。その後、3 月から徐々に上昇し、4~5 月に最大値を示し、6 月以降は低下した。区間を比較すると、4 月から 7 月にかけて Dd 被覆 54N 区が最も高い値で推移した。Dd 被覆 43N 区は 3~4 月を除くと対照区と同等以上の値を示した。

うね間土壌中の硝酸態窒素量を図 5.2-6 に示した。全区とも同様に、1 月から 2 月にかけて 10 mg/100 g 前後で年間を通して最も低い水準で推移したが、その後上昇し、6 月にピークを示した。さらに、梅雨期の降雨により一時低下したが、8 月以降に再び上昇し、秋期は他の時期に比べ高い水準で推移した。Dd 被覆 54N 区は 5~12 月において他区よりも高い水準で推移した。

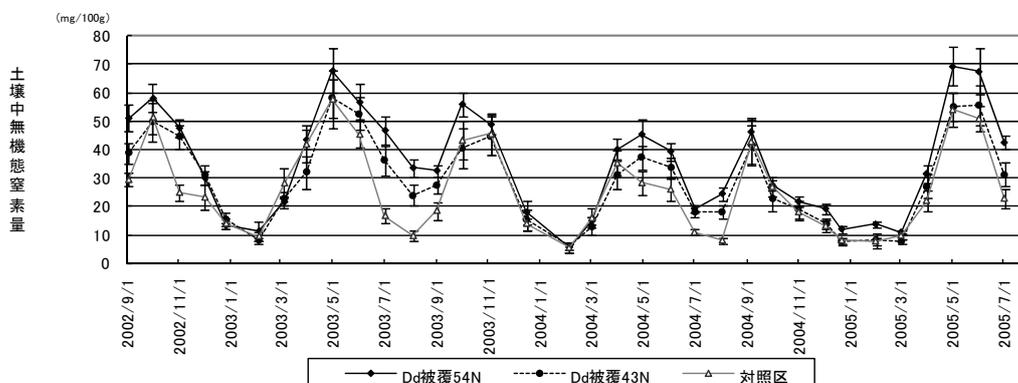


図 5.2-4 うね間土壌中の無機態窒素量の推移

* 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

5.2.3.5 土壌溶液中の硝酸態窒素濃度

土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移を図 5.2-7 に示した。Dd 被覆 54N 区は、6～7 月の梅雨期において一時的に高い値を示したが、その他の調査期間は対照区より低い水準で推移した。Dd 被覆 43N 区も同様に梅雨期に一時的に高い値を示したが、調査期間を通じて Dd 被覆 54N 区や対照区より低い水準で推移した。

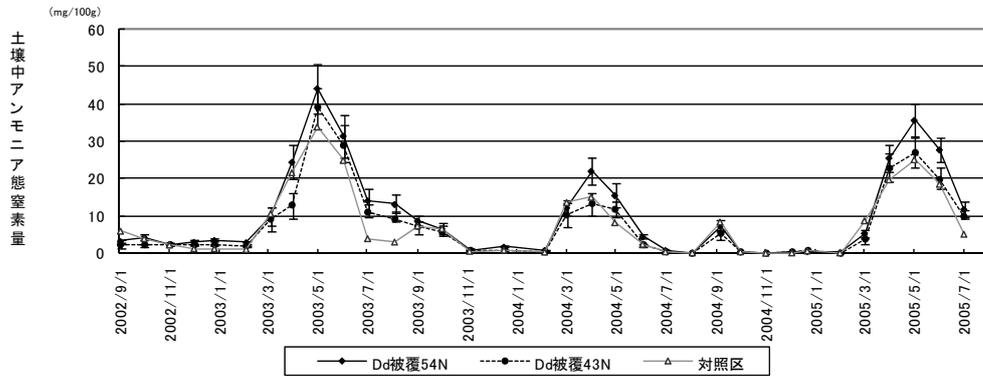


図 5.2-5 うね間土壌中のアンモニア態窒素量の推移

* 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

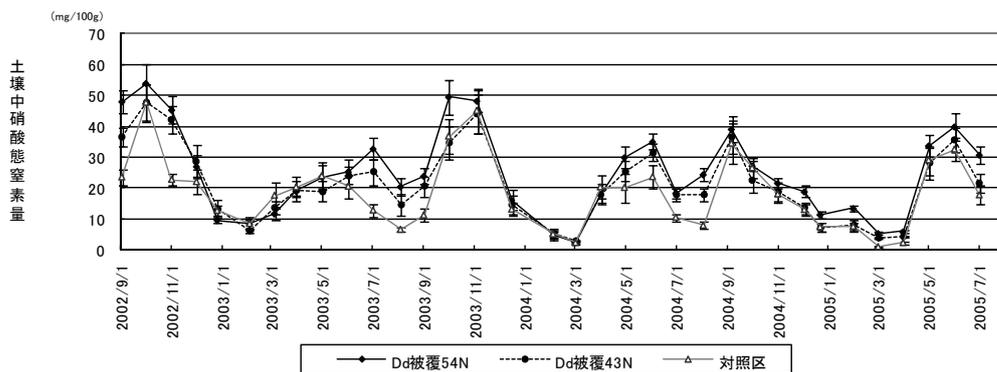


図 5.2-6 うね間土壌中の硝酸態窒素量の推移

* 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

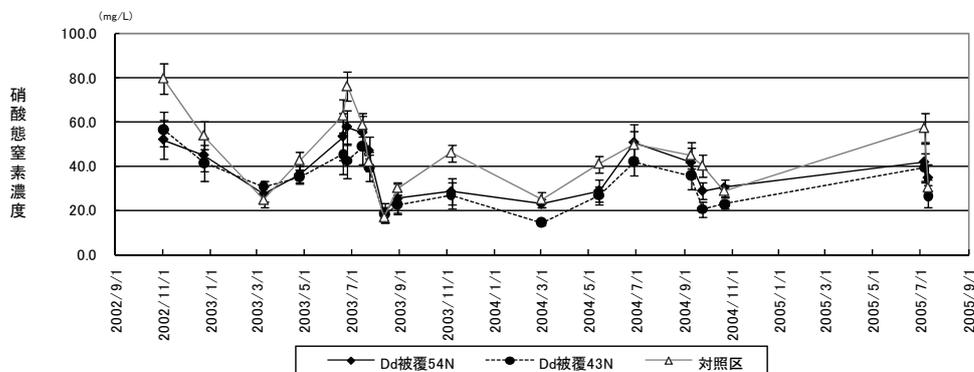


図 5.2-7 土壌溶液中の硝酸態窒素濃度の推移

* 図中のエラーバーは標準偏差を示す。

5.2.4 考察

生葉収量について、Dd 被覆 54N 区は対照区を上回り、20%減肥したにもかかわらず Dd 被覆 43N 区は対照区と同等以上であった。自然仕立ての玉露では、一般的に枝条の最上位の腋芽から 7~8 芽までが翌年一番茶（玉露）の摘採芽となり、秋期の枝条の生育が良好な場合は、翌年一番茶の摘採芽となる腋芽も多くなる。また、中野（2009）は二番茶を摘採する茶園において、秋期までの新梢の生育が劣る場合は翌年の一番茶が減収することを報告している。Dd 被覆 54N 区の秋期の枝条長は対照区より長く、Dd 被覆 43N 区は対照区と同等以上であり、このことが収量の増加や窒素施用量を低減しても収量の維持ができた要因と推察された。Dd 被覆 54N 区の品質は対照区と同等以上であり、Dd 被覆 43N 区は 2003 年の全窒素、遊離アミノ酸およびテアニン含有量が少なかった以外は同等であった。玉露は一番茶摘採後に剪枝（番刈り）し、その後、茶芽は 11 月中旬まで生長する。このため、茶芽の生育を確保し樹体への養分蓄積を図るには、一番茶生育期や夏秋期における土壌中のアンモニア態窒素量および硝酸態窒素量を安定的に高く保つ必要がある。Dd 被覆区において、5 月前後のアンモニア態窒素量は対照区より高く、アンモニア態窒素と硝酸態窒素を合計した土壌中無機態窒素量も高めに推移しており、品質の維持・向上に必要な窒素成分が土壌中に保持されたと考えられた。一方、秋期における土壌中のアンモニア態窒素量は全区、同程度で推移し、土壌中の硝酸態窒素量は Dd 被覆区が高めに推移した。西原（1964）は、Dd の硝化抑制効果は温度に影響され、30℃では 20℃に比べ硝化抑制効果が低減することを報告している。施肥部位（土壌表層）の温度が 20℃程度である 5 月前後のアンモニア態窒素量は Dd 被覆区が対照区より高く推移し、Dd の硝酸化成抑制効果が認められた。しかし、施肥部位の地温が 30℃程度まで上昇する 8 月に Dd 被覆尿素を施用した場合は、西原の報告と同様に高温により Dd の硝酸化成抑制効果が低減すると推察された。

うね間土壌中の無機態窒素量や 5~12 月のうね間土壌中の硝酸態窒素量は、Dd 被覆区が対照区より概ね高めに推移したのに対し、地下 40 cm 部位で採取した土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度は、試験期間を通じて Dd 被覆区が対照区より低く推移した。これは、Dd の硝化抑制効果により、Dd 入り被覆尿素から溶出した窒素がアンモニア態で土壌中に留まり、降雨による溶脱（下方浸透）が抑制されたためと考えられた。さらに、Dd 入り被覆尿素は窒素溶出に一定期間かかるため、被膜内に窒素成分が残存している期間はある程度の土壌中の窒素量が確保でき、短期間で全ての窒素成分が溶出しないため降雨による窒素溶脱が対照区より緩和されることも要因として考えられた。

また、Dd による秋期の硝化抑制効果は、土壌中のアンモニア態窒素量には反映されなかった。しかし、この期間の土壌浸透水中の硝酸態窒素濃度も対照区より低めに推移していたことに効果が認められ、年間を通じて窒素溶脱が抑制されたことが示唆された。このことから、茶樹の窒素利用率が対照区より高まると推察され、同じ窒素施用量でも品質は同等以上で収量性は向上し、また窒素施用量を 54.0 kg/10 a から 43.0 kg/10 a まで約 20%削減しても、収量および品質を維持することができたと考えられた。

三浦ら（2007）は煎茶園において、Dd 入り被覆尿素および被覆尿素を春肥として施用し、窒素溶出特性を検討した。その結果、Dd 入り被覆尿素は被覆尿素と比較して、初期の窒素溶出率が低く、春期に被覆尿素 70 日タイプと同じ溶出特性を得るためには、Dd 入り被覆尿素 40 日タイプの施用が適することを報告している。玉露は覆い下栽培のため煎茶栽培よ

り摘採期が1～2週間程度遅くなる。このため、Dd入り被覆尿素を春肥として施用した場合、窒素溶出率および一番茶芽の窒素利用率は煎茶栽培より高まると推察されるが、新芽の生育速度や摘採時期を考慮して溶出タイプを選択する必要がある。

今後、Dd入り被覆尿素は生産現場への普及が期待されるが、環境基準をクリアするためには、さらなる窒素施用量の削減が必要と思われる。筆者ら(2008)は玉露園において、従来の県施肥基準量(1985年制定、窒素施用量73.4 kg/10 a)から3割程度削減した現在の県施肥基準量(2000年改訂)である50 kg/10 aレベルで、従来の収量および品質が維持できる時期別の施肥割合および目標土壌中窒素量を明らかにしている。収量、品質の維持を前提とした窒素施用量40 kg/10 aレベルまでの施肥削減を図るためには、この時期別の目標土壌中窒素量に合致するように、施肥資材の肥効特性に応じた施肥時期の設定や、土壌水分の適正な管理、少量多回数施肥等を行い、施肥資材に含まれる窒素の想定通りの溶出や発現と窒素利用率を向上させる工夫が不可欠と考える。

5.2.5 摘要

玉露園において、Dd入り被覆尿素を春肥と秋肥に利用して、Dd入り被覆尿素の収量、品質向上効果を検証するとともに、収量、品質を慣行施肥と同程度に維持しながら、窒素施用量の効率的な削減の可能性を検討した。

Dd入り被覆尿素を春肥と秋肥に施用した場合、Ddの硝化抑制効果により、慣行施肥に比べて窒素溶脱が低減した。さらに、土壌中の無機態窒素量は慣行施肥より高く推移し、窒素利用率が高まることで、窒素施用量が同等の場合には、収量、品質が向上した。また、窒素施用量を慣行施肥より20%程度削減しても収量、品質は維持できることが示唆された。

第3節 玉露栽培における被覆除去後の露光時間が茶芽の品質に及ぼす影響

5.3.1 序 文

玉露は覆い下茶園で、一番茶の萌芽後から摘採までの一定期間を、わら、こも、黒色化学繊維資材などで遮光して栽培する。遮光により葉色が濃くなること、うま味成分であるテアニンなどアミノ酸が高濃度で維持されること（阿南ら，1974；青野ら，1976；森山ら，1999）等から、緑茶の中でも高品質茶に位置づけられており、収益性も高い。福岡県では八女地域の中山間地を中心に生産され、ピーク時の年間生産量は約300 tであった。しかし、生産者の高齢化や被覆および摘採作業に多くの労力を要することから、近年は年間生産量が100 t前後まで減少している（日本茶業中央会，2008）。

一方、玉露栽培の省力化のため、従来の手摘みによる摘採から可搬型摘採機による摘採に変更する生産者が増えている。また、乗用型摘採機が導入できる被覆棚施設（以下、省力棚施設）が開発されたことから、本施設の普及が進んでいる（仁田原ら，2006）。しかしながら、これらの省力化した摘採作業時には、被覆棚施設の天幕や側幕を除去するため、被覆資材除去後の露光による新芽品質の低下が懸念されている。

被覆栽培における被覆資材除去後の露光が茶の品質に及ぼす影響について、直がけのかぶせ茶では被覆資材除去後の露光時間が長くなるほど品質が低下すること、前日夕刻に被覆資材を除去し、翌日早朝に摘採すれば作業分散が可能になり、品質への影響も小さいことが報告されている（忠谷ら，2005）。しかし、覆い下栽培である玉露において、被覆資材除去後の露光時間が品質に及ぼす影響について明らかにした報告はない。さらに、被覆茶の特徴である覆い香やその主要成分であるジメチルスルフィド（以下DMS）（Kawabata *et al.*, 1997；故倉ら，1987；Simoda *et al.*, 1995）等の香气成分や化学成分と露光時間（露光程度）の関係を詳細に検討した例はない。

そこで、本節では玉露での被覆資材除去後の露光時間が新芽の品質に及ぼす影響について検討した。

5.3.2 材料および方法

5.3.2.1 玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が新芽の品質に及ぼす影響（圃場試験）

福岡県農業総合試験場八女分場（標高144 m）において、2006年に‘やぶきた’茶園（1996年定植，弧状仕立て R3000）と‘おくゆたか’茶園（1993年定植，弧状仕立て R3000）を用い、一番茶芽の萌芽後から摘採までの一定期間、覆い下栽培し、被覆資材除去後の露光時間が新芽の品質に及ぼす影響を調査した。

被覆開始は、‘やぶきた’，‘おくゆたか’ともに一番茶芽の1～1.5葉開葉期とし、被覆期間は両品種ともに18日とした。被覆は黒色化学繊維資材（ポリエチレン製）を用い、‘やぶきた’は一段棚被覆，‘おくゆたか’は二段棚被覆（遮光率は上段70%，下段80%，上段被覆7日後に下段被覆開始）で、両品種とも遮光率は95%程度とした。施肥量は10 a当たり窒素54 kg，リン酸及びカリは27 kgとし、試験規模は1区14.4 m²（1.8 m×8 m）の3反復とした。被覆資材除去後の露光時間は、被覆状態（露光0時間）を基準とし、露光1，2，4，6時間区を設定した（表5.3-1）。なお、被覆状態の摘採は午前9時に行った。

露光時間中の日射量は日射計（EK0：ML-020VM）で測定した。露天および被覆内の気温は温湿度データロガー（T&D社：TR-72U）を地上1m部に設置して測定した。‘やぶきた’は5月9日，‘おくゆたか’は5月16日に，新芽の葉色（GM値）を測定（測定法は後述，以下同じ）した後，20cm 枠摘みにより一番茶芽を採取し，新芽形質を調査した。また，摘採した茶葉の収量を計測後，荒茶加工し，官能評価および成分分析（全窒素，遊離アミノ酸，テアニン，カテキン類，DMS）の試料とした。

表 5.3-1 試験区の構成（圃場試験）

試験区	被覆資材 除去時刻	摘採時刻	露光時間*1
被覆状態（露光なし）	—	9:00	0時間
露光1時間	9:00	10:00	1時間
露光2時間	9:00	11:00	2時間
露光4時間	9:00	13:00	4時間
露光6時間	9:00	15:00	6時間

*1 被覆資材除去から摘採までの直接日射にさらされる時間。

5.3.2.2 被覆資材除去後の露光程度と新芽品質との関係（室内試験）

2006年に，1/2000aワグネルポットで栽培した3年生茶樹（品種‘やぶきた’）を供試し，九州電力株式会社総合研究所生物資源研究センター（佐賀市）の人工環境実験室内において，被覆資材除去後の露光程度と新芽品質の関係を検討した。

被覆開始は5.3.2.1と同様に，一番茶芽の1～1.5葉開葉期で，被覆期間は18日とした。被覆は黒色化学繊維資材を用いた一段棚被覆，遮光率は95%程度とした。施肥量は10a当たり窒素32.4kg，リン酸およびカリは16.2kgとし，試験規模は1区1樹4反復とした。新芽の葉色を測定後，全ての新芽を採取し，新芽形質を調査した。調査後の新芽を蒸熱，通風乾燥（70℃で24時間）し，分析試料とした。調査は被覆資材除去（9時）から1時間単位で6時間後まで行った。対照として被覆状態の茶樹を9時および12時に同様に調査した。なお，被覆期間の気象環境は，14時間日長（明期6:00～20:00，光源は岩崎電気製FECマルチハイエースH：MF400LSH2/BUP），1時間当たりの日射量は0.5MJ/m²程度，温度管理は明期25℃－暗期20℃に設定し，毎日かん水した。

5.3.2.3 葉色測定と生葉含水率調査

葉色（GM値）は葉緑素計（ミノルタ製SPAD-502）を用い，立毛状態のまま30芽について新芽上位から3葉目（3葉に満たない芽は2葉目）の葉脈と葉縁の間の中央部を測定した。生葉含水率は摘芽形質調査終了後，直ちにマイクロ波で2分間ブランピングし，70℃で24時間通風乾燥後，乾物重を秤量して算出した。

5.3.2.4 荒茶官能評価

荒茶品質の官能評価は，茶の標準審査法に基づいて外観（形状，色沢）および内質（香氣，水色，滋味）を各項目20点満点で審査し，パネル6名の合議による標準採点法で評価した。

5.3.2.5 成分分析

試料はサイクロンサンプルミル (Udy, 米国) を用いて粉碎した。全窒素はセミマイクロケルダール法, 遊離アミノ酸, テアニンおよびカテキン類 (EC, ECg, EGC, EGCg) は池ヶ谷らの分析法 (1990) に従い, HPLC (Hewlett-Packard 社 HP-1100) で測定した。香気成分のDMSは固相マイクロ抽出法 (樋口ら, 2004) により GC-MS (島津製作所 GCMS-2010) で分析した。

5.3.3 結果

5.3.3.1 ‘やぶきた’の玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が新芽の品質に及ぼす影響 (圃場試験)

被覆除去後から摘採までの露光時間および日射量と新芽形質について表 5.3-2 に示した。調査日は晴天であったため, 積算日射量は露光時間の経過とともに増加し, 露光 6 時間後の積算日射量は 9.9 MJ/m²であった。試験期間中 (9 時~15 時) の気温は露天が高く推移し, 平均で 4.1 °C, 最大で 7.5 °C (10 時) の気温差を示した (図 5.3-1)。なお, 最高気温は被覆内で 25.1 °C (12 時), 露天で 30.3 °C (10 時) であった。新芽長および出開き度は処理区間に差は認められなかった。百芽重および含水率は露光時間の経過とともに低下する傾向がみられ, 百芽重は露光 4 時間後, 含水率は露光 2 時間後に有意に低くな

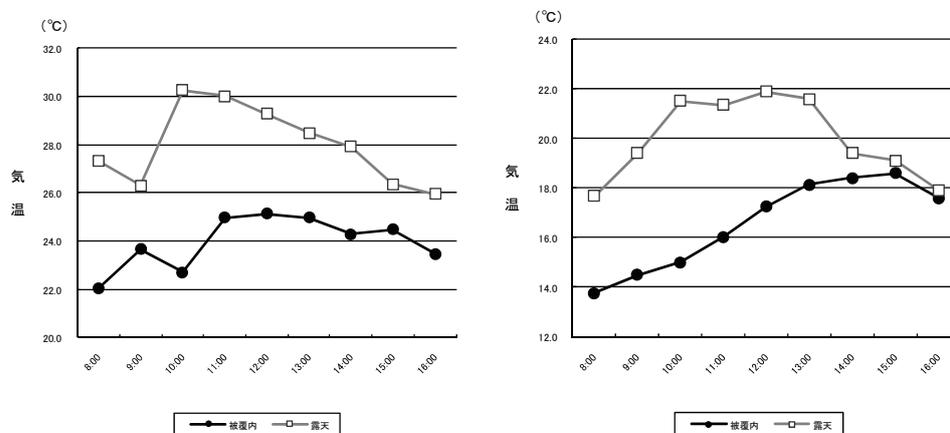
表 5.3-2 被覆資材除去後から摘採までの露光時間および日射量と新芽形質・収量の比較: 品種 ‘やぶきた’ (圃場試験)

試験区	日射量*2 (MJ/m ²)	新芽長 (cm)	百芽重 (g)	出開度 (%)	葉色 (GM 値)	含水率 (D. B. %)	収量 (kg/10a)
被覆状態 (露光なし)	—	7.9	78.2 a*3	43.3	54.2 a	389 a	378
露光 1 時間	2.7	7.8	75.3 a	45.0	53.9 a	362 ab	371
露光 2 時間	4.1	7.8	73.3 ab	43.3	51.9 ab	348 b	379
露光 4 時間	7.7	7.9	71.8 b	46.7	50.6 b	337 b	379
露光 6 時間	9.9	8.0	70.3 b	46.7	50.1 b	326 b	386

*1 摘採日: 2006 年 5 月 9 日

*2 被覆資材除去から摘採までの積算日射量。表 5.3-5, 5.3-7, 5.3-8 も同様。

*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)。



‘やぶきた’ 調査時

‘おくゆたか’ 調査時

図 5.3-1 被覆内および露天の気温の推移 (圃場試験)

った。葉色も同様に露光時間の経過とともに低下する傾向を示し、露光 4 時間後に有意に低くなった。生葉収量は処理区間に差は認められなかった。

荒茶官能評価は、露光時間が長くなるほど劣る傾向がみられ、香気など内質においてその傾向が顕著であった（表 5.3-3）。荒茶の化学成分含有量について、全窒素、遊離アミノ酸およびテアニンは露光時間の経過とともに減少する傾向がみられ、テアニンは露光 1 時間後には有意に減少した。一方、カテキン類は露光時間の経過とともに増加し、露光 4 時間後には有意に多くなった（表 5.3-4）。

荒茶中の DMS は、露光時間の経過とともに減少する傾向がみられ、露光 1 時間後には被覆時の 55% 程度まで減少した（図 5.3-2）。

表 5.3-3 被覆資材除去後から摘採までの露光時間と荒茶官能評価* 品種‘やぶきた’（圃場試験）

試験区	外観	内 質				合計差
		香気	水色	滋味	小計差	
露光 1 時間	—	—	—	▲	▲	-0.7
露光 2 時間	—	●	—	—	●	-1.7
露光 4 時間	●	●	—	▲	●	-2.7
露光 6 時間	●	●	—	●	●	-3.2

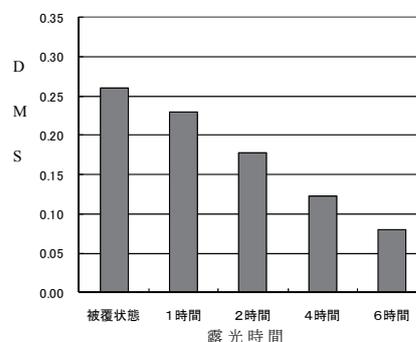
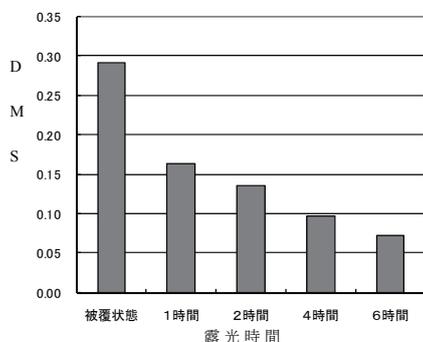
* 各項目 20 点（外観は形状、色沢）、合計 100 点満点による標準審査法。被覆状態（露光なし）との差が 0.5～-0.5 は—（ほぼ同等）、-0.6～-1.0 は▲（やや劣る）、-1.1 以下は●（劣る）で示した。表 5.3-6 も同様。

表 5.3-4 被覆資材除去後の露光時間と荒茶中の化学成分含有量（圃場試験）

試験区	‘やぶきた’				‘おくゆたか’			
	全窒素 (%)	遊離アミノ酸 (mg/100g)	テアニン (mg/100g)	カテキン類 ¹⁾ (%)	全窒素 (%)	遊離アミノ酸 (mg/100g)	テアニン (mg/100g)	カテキン類 (%)
被覆状態（露光なし）	6.60 a ^{*2}	3,971 a	2,224 a	9.4 a	6.36 a	3,437 a	1,927 a	7.6 a
露光 1 時間	6.48 a	3,939 a	2,129 b	9.7 ab	6.34 a	3,419 a	1,826 ab	8.1 ab
露光 2 時間	6.41 ab	3,831 ab	2,118 b	9.8 ab	6.29 a	3,261 b	1,804 b	9.0 bc
露光 4 時間	6.31 b	3,731 b	2,109 b	10.2 b	6.22 ab	3,096 bc	1,619 c	9.0 bc
露光 6 時間	6.29 b	3,543 c	1,983 c	10.3 b	6.09 b	2,900 c	1,593 cd	9.6 c

*1 カテキン類は EC, ECg, EGC, EGCg の合計

*2 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）



‘やぶきた’調査時

‘おくゆたか’調査時

図 5.3-2 被覆資材除去後から摘採までの露光時間と荒茶中の DMS 含量の変化（圃場試験）

* 数値は DMS のピーク面積を内部標準のピーク面積で割ったもの。

5.3.3.2 ‘おくゆたか’の玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が新芽の品質に及ぼす影響（圃場試験）

被覆除去後から摘採までの露光時間および日射量と新芽形質について表 5.3-5 に示した。調査日の午前中は曇天であったため、露光 4 時間後の積算日射量は 4.3 MJ/m²と少なく、‘やぶきた’における露光 2 時間後の積算日射量と同程度であった。午後は晴天となったため、積算日射量は露光時間の経過とともに増加し、露光 6 時間後の積算日射量は 7.1 MJ/m²であった。試験期間中（9 時～15 時）の気温は‘やぶきた’調査時と同様に露天が高く推移し、平均で 3.8 °C、最大で 6.5 °C（10 時）の気温差を示した（図 5.3-1）。最高気温は、被覆内で 18.6 °C（15 時）、露天で 21.9 °C（12 時）であった。新芽長および出開き度は、‘やぶきた’と同様に処理区間に差は認められなかった。百芽重および含水率は露光時間の経過とともに低下したが、‘やぶきた’よりその程度はゆるやかに進み、百芽重は露光 6 時間後、含水率は露光 4 時間後に有意に低くなった。葉色も同様に露光時間の経過とともに低下し、‘やぶきた’よりその低下程度はゆるやかに進み、露光 6 時間後に有意に低くなった。生葉収量には‘やぶきた’と同様に処理区間に明確な差は認められなかった。荒茶官能評価を被覆状態と比べると、露光 1 時間後は香気やや劣る程度で総合的にはほぼ同等であったが、露光 2 時間後からは‘やぶきた’と同様に露光時間が長くなるほど劣る傾向がみられ、香気など内質においてその傾向が顕著であった（表 5.3-6）。

荒茶中の全窒素含有量は、露光 4 時間後までは同程度であったが、露光 6 時間後には有意に減少した。遊離アミノ酸およびテアニン含有量は‘やぶきた’と同様に露光時間の経過とともに減少する傾向がみられ、露光 2 時間後には有意に減少した。一方、カテキン類は露光時間の経過とともに増加し、露光 2 時間後には有意に増加した（表 5.3-4）。

荒茶中の DMS は、露光時間の経過とともに減少する傾向がみられたが、減少程度は‘やぶきた’より小さく、露光 2 時間後では被覆状態の 88%程度であった（図 5.3-2）。

表 5.3-5 被覆資材除去後から摘採までの露光時間および日射量と新芽形質・収量の比較：品種‘おくゆたか’（圃場試験）

試験区	日射量 (MJ/m ²)	新芽長 (cm)	百芽重 (g)	出開度 (%)	葉色 (GM 値)	含水率 (D. B. %)	収量 (kg/10 a)
被覆状態(露光なし)	—	9.9 a* ²	93.5 a	76.7 a	56.7 a	490 a	569
露光 1 時間	0.5	9.8 a	93.2 a	76.7 a	56.8 a	485 a	570
露光 2 時間	1.3	10.0 a	91.7 ab	78.3 a	56.5 a	479 a	556
露光 4 時間	4.3	10.2 a	91.0 ab	80.0 a	54.5 ab	448 b	542
露光 6 時間	7.1	10.2 a	89.7 b	80.0 a	53.2 b	436 b	546

*1 摘採日：2006 年 5 月 16 日

*2 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）。

表 5.3-6 被覆資材除去後から摘採までの露光時間と荒茶官能評価品種‘おくゆたか’（圃場試験）

試験区	外観	内 質				合計差
		香気	水色	滋味	小計差	
露光 1 時間	—	▲	—	—	—	-0.2
露光 2 時間	—	▲	—	—	▲	-1.0
露光 4 時間	—	●	—	●	●	-3.0
露光 6 時間	●	●	—	▲	●	-4.5

5.3.3.3 被覆資材除去後の露光程度と新芽品質との関係（室内試験）

被覆資材除去後の露光程度と新芽品質の関係を表 5.3-7 および表 5.3-8 に示した。露光程度は 1 時間当たり 0.47~0.56 MJ/m² で、6 時間後の積算日射量は 3.18 MJ/m² であった。新芽の百芽重および含水率は、露光程度が大きくなるにほど低下し、百芽重、含水率ともに日射量が 1 MJ/m² を超えた露光 2 時間後には有意に低くなった。葉色も同様に露光程度が大きくなるほど低下する傾向を示した。

新芽中の全窒素、遊離アミノ酸およびテアニンは、露光程度が大きくなるほど減少した。全窒素は積算日射量が 1.5 MJ/m² を超えた露光 3 時間後、遊離アミノ酸およびテアニンは積算日射量が 1.0 MJ/m² を超えた露光 2 時間後に有意に減少した。一方、カテキン類は露光程度が大きくなるほど増加し、露光 2 時間後には有意に増加した。

表 5.3-7 被覆資材除去後の露光程度と新芽形質の比較（室内試験）

試験区	日射量 (MJ/m ²)	調査時刻	新芽長 (cm)	百芽重 (g)	出開度 (%)	葉色 (GM 値)	含水率 (D. B. %)
被覆状態(露光なし)	—	9:00	5.64	88.9 a*2	18.3	62.6 a	446 a
被覆状態(露光なし)	—	12:00	5.70	87.5 a	18.0	62.8 a	440 a
露光 1 時間	0.47	10:00	5.73	86.0 a	16.3	60.3 a	425 ab
露光 2 時間	1.01	11:00	5.81	78.6 b	14.7	58.7 ab	398 b
露光 3 時間	1.55	12:00	5.66	77.8 b	18.0	57.5 b	384 b
露光 4 時間	2.11	13:00	5.75	73.7 bc	19.7	57.1 b	380 b
露光 5 時間	2.65	14:00	5.82	72.9 bc	15.7	57.1 b	378 b
露光 6 時間	3.18	15:00	5.78	72.0 c	14.3	57.2 b	376 b

*1 摘採日：2007 年 5 月 9 日

*2 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)。

表 5.3-8 被覆資材除去後の露光程度と新芽形質の比較（室内試験）

試験区	日射量 (MJ/m ²)	調査時刻	全窒素 (%)	遊離アミノ酸 (mg/100 g)	テアニン (mg/100 g)	カテキン類*1 (GM 値)
被覆状態(露光なし)	—	9:00	5.76 a*2	3,858 a	2,610 a	8.7 a
被覆状態(露光なし)	—	12:00	5.74 a	3,891 a	2,583 a	8.5 a
露光 1 時間	0.47	10:00	5.56 ab	3,532 ab	2,469 ab	8.7 a
露光 2 時間	1.01	11:00	5.45 ab	3,330 b	2,286 bc	9.4 b
露光 3 時間	1.55	12:00	5.31 b	3,271 b	2,232 bc	9.4 b
露光 4 時間	2.11	13:00	5.34 b	3,306 b	2,168 c	9.6 bc
露光 5 時間	2.65	14:00	5.27 b	3,208 b	2,154 c	9.6 bc
露光 6 時間	3.18	15:00	5.31 b	3,203 b	2,169 c	9.8 c

*1 カテキン類は EC, ECg, EGC, EGCg の合計

*2 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)

5.3.4 考察

新芽の百芽重および含水率は、露光時間の経過とともに減少傾向を示した。これは、露光により新芽付近の気温が上昇し、蒸散が促進されたことが要因として考えられた。緑茶のうま味成分であるテアニンは、主に根において合成され（小西, 1968a）、地上部の生育に伴い、茎を通過して新葉に移行するが、露光下では分解され、カテキンを主としたポリフェノール類に代謝される（小西, 1968b）。また、温度が高いほどポリフェノール類への

代謝が促進されることが確認されている（村松，1991）。本試験において，露光時間の経過とともにテアニンは減少し，カテキン類は増加しており，これらの報告と同様の傾向を示した。この現象は‘おくゆたか’より‘やぶきた’で顕著に現れた。‘やぶきた’では露光時の日射量が多く，気温も高めに推移したため，日射量が少なく気温も低めに推移した‘おくゆたか’に比べ，カテキン類への代謝が促進されたと推察された。

玉露など覆い下茶の特徴的な香り（覆い香）の成分である DMS も，テアニンと同様に露光時間の経過とともに減少し，被覆状態に比べ露光 1 時間後には‘やぶきた’で 45%，‘おくゆたか’で 12% 減少した。DMS の前駆物質であるメチルメチオニンスルフォニウム（以下，MMS）はアミノ酸同様に，被覆に伴い増加することや，DMS は MMS が多いほど多く生成されることが報告（故倉ら，1987）されている。露光による茶葉中の MMS の消長について明らかにした報告はないが，テアニンと同様に MMS は露光により減少すると推察され，その結果，DMS の生成量も減少したと考えられた。一般的に，うま味成分であるアミノ酸が多く，渋味成分であるカテキン類が少ない茶が高品質とされている。露光時間が長いものほどアミノ酸が減少し，カテキン類が増加したことから，官能評価点が劣る傾向を示したと考えられた。本試験には‘やぶきた’および‘おくゆたか’を供試したが，日射量の相違はあるものの，露光時間の経過と化学成分含有量の増減は一定の傾向を示した。このことから，覆い下栽培後の露光による化学成分含有量の増減に品種間差は小さいと推察された。ただ，遮光条件下での新芽の生体反応や遮光抵抗性に品種間差があることが確認されている（京都府立茶業研究所，1982）ことから，覆い下栽培後の露光の影響について，品種毎に詳細に検討する余地がある。

摘採時期は作業が集中するため，品質を維持しつつ作業分散を図ることが要求される。忠谷らは直がけのかぶせ茶生産において，摘採前日の夕刻に被覆資材を除去して早朝に摘採した場合，日射の影響が小さく品質が維持され，作業分散にも有効であることを報告している（忠谷ら，2005）。本試験において‘おくゆたか’は曇天時の調査で日射量も少なかったが，被覆時に比べ露光 1 時間後からテアニンや DMS が減少傾向を示した。また，1 時間当たりの積算日射量が晴天時の 30% 程度であった室内試験も圃場試験と同様に，積算日射量の増加に伴い，アミノ酸およびテアニンが減少し，カテキン類が増加する傾向を示した。平井らは，被覆資材は日射の約 92% を吸収し，その影響で被覆資材は日中 45 °C 以上の高温になることを明らかにしている（平井ら，2008）。一般的に，直がけ栽培は被覆資材と新芽の間の空間が少ないため，一定の空間がある覆い下栽培に比べて高温化した被覆資材の影響を受け易い。直がけ栽培で被覆資材を除去した場合は日射の影響を受けるが，新芽付近の被覆資材による高温の影響は回避される。一方，覆い下栽培で被覆資材を除去した場合は，日射と気温上昇の影響を受ける。このため，覆い下栽培である玉露の品質維持のためには，露光を出来る限り避けることが必要と考えられた。さらに，玉露園は中山間地に多く存在するため，被覆資材を前日除去した場合，降雨に加え夜露の影響を考慮しなければならない。このことから，出来る限り被覆条件下で摘採する方法を検討する必要がある。

福岡県では乗用型摘採機が導入できる省力棚施設の普及が進んでいるが，施設内に枕地を設置することで，被覆状況下で摘採が可能となる。被覆施設の設置コストは増加するが，品質維持による価格安定と，二番茶への被覆施設の活用により設置コストの回収が可能と

考えられる。今後は、被覆施設の活用による二番茶の高品質化と、「玉露＋被覆二番茶」の高品質安定生産体系の構築を図る必要がある。

5.3.5 摘要

玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が新芽の品質に及ぼす影響を明らかにするとともに、覆い下栽培後の露光程度と品質との関係について検討した。

被覆資材除去後の露光時間が長くなり、新芽が受ける日射量が多くなるほど、荒茶中の遊離アミノ酸およびテアニン含有量は減少し、カテキン類含有量が増加した。また、覆い香の主成分であるジメチルスルフィドは、露光時間が短いほど高濃度で維持された。

これらのことから、玉露栽培において新芽の品質を維持するためには、出来る限り日射にさらさず、被覆条件下で摘採することが望ましいと考えられた。

第6章 総合考察

茶園では窒素施用量が多いほど高品質の茶葉が得られるとされるため、多量の窒素肥料が施用される場合が多く、溶脱した硝酸態窒素による茶園周辺の水系や地下水の硝酸汚染、河川や湖沼の富栄養化が懸念されている（木方ら，1991；松尾，1992）。福岡県では2000年3月に、従来より窒素施用量を煎茶園で16%、玉露園で28%低減した施肥基準に改訂した（福岡県農政部，2000）。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いる。茶は八女地域における重要な産業の一つであり、今後も育成発展させる必要がある。そこで、品質の維持を前提として、窒素施用量の削減による環境負荷の低減を図る必要がある、八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理技術および品質向上技術の確立を目的として各種試験を実施した。

第2章では、茶樹の養分吸収特性に応じて必要とする窒素を適期に供給するため、土壌の電気伝導度を経時的かつ容易に把握できる土壌埋設型ECセンサーを利用し、福岡県内の茶園土壌に適応した土壌中無機態窒素量の推定法や茶樹の養分吸収特性に対応した施肥調節法を確立した。県内の茶園土壌において、岩橋が作成したECセンサー値からの土壌中無機態窒素量推定法（静岡推定式）（岩橋，1992）の適応性を検証した結果、実測値と静岡推定値との間には大きな誤差が認められた。これは、静岡県と本県の茶園土壌では、ECセンサー値と土壌中無機態窒素量の相関やECセンサー値と土壌pFとの相関が異なることに起因している。このため、ECセンサーを利用した土壌中無機態窒素量の推定には、本県の茶園土壌に適応した推定式を作成する必要がある、県内の茶園土壌に適応した土壌中無機態窒素量推定式（福岡推定式）を作成し、圃場レベルでの適応性を検討した。その結果、福岡推定値は静岡推定値に比べ明らかに実測値に近い値を示し、県内の主要な茶園土壌に適応したECセンサー利用による土壌中無機態窒素量の推定法を明らかにした。また、目標とする時期別の土壌中無機態窒素量を設定し、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、収量や品質を維持しつつ、窒素施用量50 kg/10 a レベルまで削減できることを実証した。一方、窒素施用量50 kg/10 a レベルでは気温や地温が低く、乾燥する時期（2～3月）は施肥資材の窒素発現がスムーズに進まず、また、降雨の多い6～7月は溶脱のため、多量施肥時代に作成された目標窒素量を維持することは困難であり、よりの確な施肥調節を実践するためには、窒素施用量50 kg/10 a レベルでの好適な時期別の土壌中無機態窒素量に基づくことが必要と考えられた。そこで、窒素施用量を50 kg/10 a レベルに設定し、高品質煎茶および玉露生産のための時期別の施肥割合と土壌中無機態窒素量について検討し、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を明らかにした。この春季重点区における時期別の土壌中無機態窒素量の平均値（mg/100 g）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50 kg/10 a レベルにおける好適な土壌中無機態窒素量の目安として考えられた。同様に、施肥低減下における高品質玉露生産のためには、春肥の割合を高くした春肥重点型の施肥体系が適することを明らかにした。この春肥重点区における時期別の土壌中無機態窒素量の平均値

(mg/100 g) は、1～2 月：12.1, 3～4 月：29.0, 5～6 月：25.0, 7～8 月：14.1, 9～10 月：22.4, 11～12 月：21.9 であり、この数値が福岡県内の玉露園での窒素施用量 50 kg/10 a レベルにおける好適な土壌中無機態窒素量の目安として考えられた。本試験で得られた最適な土壌中無機態窒素量をもとに、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た効率的施肥管理を普及していくことが必要である。

第 3 章では、収量、品質面さらには環境保全の面から効果的な施肥技術とされているペースト状肥料の灌注施肥技術について、枕地の狭い県内の多くの茶園に導入するため自走式のペースト状肥料灌注施肥機を開発し、開発した灌注施肥機を活用した灌注施肥による効率的な施肥管理を検討した。開発した茶園用のペースト状肥料灌注施肥機は、開発のペースト機として用いた野菜用の灌注施肥機から、機体幅の縮小、機体カバーの設置、ノズルの強化、肥料噴出圧の向上、サイドクラッチの設置等の改良を行った。特長として、①従来の人力による灌注施肥と比較して、約 4 分の 1 の延べ作業時間で、深さ 16 cm の土中に 30 cm の灌注ピッチ、2 条での灌注施肥作業を行うことができる。②8 度の急傾斜圃場や礫が極めて多い圃場において、平坦圃場と同様に高い灌注精度を保つことができる。③慣行的に使用されている自走式肥料散布機と比較して、作業者に与える労働負担が軽い、等が挙げられる。開発した自走式のペースト状肥料灌注施肥機を活用した灌注施肥により、生葉収量は、一番茶で 9%、二番茶で 15% 多く、慣行施肥と同等の収量であれば、品質は灌注区が優れることが示唆された。また、窒素溶脱量も 11～25% 低減されるなど、煎茶園においてペースト状肥料灌注施肥機を活用した灌注施肥は、収量、品質および環境負荷低減に対して効果が高いことが明らかとなり、窒素施用量が 50 kg/10 a レベルでの効率的な施肥管理技術であることが実証された。開発したペースト状肥料灌注施肥機は灌注施肥の省力化に有効であるが、生産現場では乗用型管理機が急速に普及しており、より省力化を図るため、灌注施肥機の乗用型化（乗用型管理機へのアタッチメント化）が期待される。

第 4 章では、点滴かん水施肥技術の煎茶園および玉露園における導入の可能性を検証するとともに、玉露園において収量、品質を慣行施肥と同程度に維持しながら窒素施用量を効率的に削減する点滴かん水施肥管理を実証した。煎茶園における樹冠下の点滴かん水施肥（窒素 50 kg/10 a）は、同程度の窒素を施用した慣行施肥法と比較して、一、二番茶ともに 20% 以上増収し、官能評価や化学成分含有率等は慣行施肥法より優れる傾向を示した。また、地下浸透水中の硝酸態窒素濃度は点滴かん水施肥を行うことで、慣行施肥法に対し早期に低下する傾向を示すとともに、試験開始 3 年次の窒素溶脱量は慣行施肥法の 40～36% となり、大幅に環境負荷が低減された。玉露園では、窒素 53 kg/10 a を点滴かん水施肥すると、慣行施肥で窒素 73.4 kg/10 a を施用した場合より、3 カ年平均で約 10% 増収し、品質は同程度に維持することができた。現地実証試験（八女市星野村）においても品質向上効果が認められ、さらに各種品評会に出品し上位入賞を果たしており、煎茶園、玉露園ともに普及拡大が期待できる有望な施肥技術と考えられた。今後、早期の普及拡大を図るためには、効果的な液肥量や液肥濃度、施肥時期などを検討し、茶種、土性および土壌状態に応じた点滴施肥のマニュアルを確立する必要がある。

第 5 章では、施肥低減下での品質維持・向上のための肥培管理技術として、かん水による土壌水分調節が土壌中の無機態窒素量、新芽生育、収量および品質に及ぼす影響や、硝酸化成抑制効果のあるジシアンジアミドを含んだ被覆尿素の施用効果、および玉露栽培に

おける被覆資材除去後の露光時間が茶芽の品質に及ぼす影響等を解明した。第2章2節において、気温や地温が低く、乾燥する時期（2～3月）は施肥資材の窒素発現がスムーズに進まず、土壌中の無機態窒素量を茶樹の生育に好適な数値で維持することが困難であったが、本試験において、少雨時にかん水を行い土壌水分をpF2.3以下に保つことで、施用した肥料からの窒素の供給が順調に進み、土壌中の無機態窒素量が高い値で推移すること、生葉収量および荒茶品質等が向上することを明らかにした。このことから、茶園での効率的な肥効発現には土壌水分管理が重要であり、今後、施肥削減を進めていく上で必須となる管理技術といえる。

一方、茶園における窒素利用率を高める効率的な施肥技術の一つとして、硝酸化成抑制剤（以下、硝化抑制剤）の利用が提唱されており（早津ら，1992；西野，1993；野中ら，2005；Wen *et al.*，2008），その中の一つの資材であるDd入り被覆尿素（DdLPコート）について、検討事例がない玉露園での収量、品質向上効果を検証するとともに、収量、品質の維持を前提とした、窒素施用量の削減の可能性について検討した。その結果、Dd入り被覆尿素を春肥と秋肥に施用した場合、Ddの硝化抑制効果により慣行施肥に比べて窒素溶脱が低減した。さらに、土壌中の無機態窒素量は慣行施肥より高く推移し、窒素利用率が高まることで、窒素施用量が同等の場合には、収量、品質が向上し、窒素施用量を慣行施肥より20%程度削減しても収量、品質は維持できることが示唆された。三浦ら（2007）は煎茶園において、Dd入り被覆尿素および被覆尿素を春肥として施用し、窒素溶出特性を検討した。Dd入り被覆尿素は被覆尿素と比較して、初期の窒素溶出率が低く、春期に被覆尿素70日タイプと同じ溶出特性を得るためには、Dd入り被覆尿素40日タイプの施用が適することを報告している。玉露は覆い下栽培のため煎茶栽培より摘採期が1～2週間程度遅くなるが、新芽の生育速度や摘採時期を考慮して溶出タイプを選択する必要がある。第2章4節では、玉露園において、従来の県施肥基準量（1985年制定、窒素施用量73.4 kg/10 a）から3割程度削減した現在の県施肥基準量（2000年改訂）である50 kg/10 aレベルで、従来の収量および品質が維持できる時期別の施肥割合および目標土壌中窒素量を明らかにしている。収量、品質の維持を前提とした施肥削減を図るためには、この時期別の目標土壌中窒素量に合致するように、施肥資材の肥効特性に応じた施肥時期の設定や、土壌水分の適正な管理、少量多回数施肥等を行い、施肥資材に含まれる窒素の想定通りの溶出や発現と窒素利用率を向上させる工夫が不可欠と考える。

玉露などの被覆栽培茶においては、被覆技術も品質に大きな影響を及ぼす。忠谷ら（2005）は被覆資材除去後の露光が茶の品質に及ぼす影響について、直がけのかぶせ茶では被覆資材除去後の露光時間が長くなるほど品質が低下すること、前日夕刻に被覆資材を除去し、翌日早朝に摘採すれば作業分散が可能になり、品質への影響も小さいことを報告している。しかし、覆い下栽培である玉露について、被覆茶の特徴である覆い香やその主要成分であるDMS（Kawabata *et al.*，1997；故倉ら，1987；Simoda *et al.*，1995）等の香気成分や化学成分と露光時間（露光程度）の関係を詳細に検討した例はない。そこで、玉露園での被覆資材除去後の露光時間が新芽の品質に及ぼす影響について検討を行った結果、被覆資材除去後の露光時間が長くなり、新芽が受ける日射量が多くなるほど、荒茶中の遊離アミノ酸およびテアニン含有量は減少し、カテキン類含有量が増加した。緑茶のうま味成分であるテアニンは、主に根において合成され（小西，1968a），地上部の生育に伴い、茎を通

過して新葉に移行するが、露光下では分解され、カテキンを主としたポリフェノール類に代謝される（小西，1968b）。また、温度が高いほどポリフェノール類への代謝が促進されることが確認されている（村松，1991）。本試験において、露光時間の経過とともにテアニンは減少し、カテキン類は増加しており、これらの報告と同様の傾向を示した。また、覆い香の主成分であるジメチルスルフィドは、露光時間が短いほど高濃度で維持された。DMSの前駆物質であるメチルメチオニンスルフォニウム（以下、MMS）はアミノ酸同様に、被覆に伴い増加することや、DMSはMMSが多いほど多く生成されることが報告（故倉ら，1987）されている。露光による茶葉中のMMSの消長について明らかにした報告はないが、テアニンと同様にMMSは露光により減少すると推察され、その結果、DMSの生成量も減少したと考えられた。以上より、玉露栽培において新芽の品質を維持するためには、出来る限り日射にさらさず、被覆条件下で摘採することが望ましいと考えられた。福岡県では乗用型摘採機が導入できる省力棚施設の普及が進んでいるが、施設内に枕地を設置することで、被覆状況下で摘採が可能となるため、施肥管理以外での品質維持・向上技術として今後の普及が期待される。

以上、八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理および品質向上に関する研究について、一連の成果をまとめた。これらの成果の大半は、八女茶産地で普及拡大中であり、生産現場の窒素施用量も1999年調査時97.1 kg/10 aから2004年には54.9 kg/10 aまで削減されている。一方、福岡県茶業青年の会のアンケート調査（福岡県ほか，2002）では、施肥量削減の影響として「収量、品質の低下」、「茶葉色の悪化」等が挙げられており、長期的には地力の低下による品質面への影響を心配している。このため、今後も全国の茶業試験研究機関と協力しながら、収量、品質の維持・向上と、環境負荷軽減を目指した効率的施肥管理に関する研究を積極的に進める必要がある。

総 括

本研究の目的は、八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理技術および品質向上技術の確立である。

第2章では、茶樹の養分吸収特性に応じて必要とする窒素を適期に供給するため、土壌の電気伝導度を経時的かつ容易に把握できる土壌埋設型 EC センサーを利用し、福岡県内の茶園土壌に適応した土壌中無機態窒素量の推定法や茶樹の養分吸収特性に対応した施肥調節法を検討した。目標とする時期別の土壌中無機態窒素量を設定し、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、収量や品質を維持しつつ、窒素施用量 50 kg/10 a レベルまで削減できることを実証した。一方、よりの確かな施肥調節を実践するためには、窒素施用量 50 kg/10 a レベルでの好適な時期別の土壌中無機態窒素量に基づくことが必要と考えられた。そこで、窒素施用量を 50 kg/10 a レベルにおける、高品質茶生産のための時期別の施肥割合と土壌中無機態窒素量について検討した。煎茶園では、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収量、品質において優れた。この春季重点区における時期別の土壌中無機態窒素量の平均値 (mg/100 g) 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 50 kg/10 a レベルにおける好適な土壌中無機態窒素量の目安として考えられた。同様に、玉露園では、春肥の割合を高くした春肥重点型の施肥体系が適することを明らかにした。この春肥重点区における時期別の土壌中無機態窒素量の平均値 (mg/100 g) は、1~2月:12.1, 3~4月:29.0, 5~6月:25.0, 7~8月:14.1, 9~10月:22.4, 11~12月:21.9 であり、この数値が福岡県内の玉露園での窒素施用量 50 kg/10 a レベルにおける好適な土壌中無機態窒素量の目安として考えられた。

第3章では、収量、品質面さらには環境保全の面から効果的な施肥技術とされているペースト状肥料の灌注施肥技術について、枕地の狭い県内の多くの茶園に導入するため自走式のペースト状肥料灌注施肥機を開発した。本機は野菜用の灌注施肥機をベース機として用い、これに機体幅の縮小、機体カバーの設置、ノズルの強化、肥料噴出圧の向上、サイドクラッチの設置等の改良を行ったものである。本機の特長は次のとおりである。(1) 従来の人力による灌注施肥と比較して、約4分の1の延べ作業時間で、深さ16 cmの土中に30 cmの灌注ピッチ、2条での灌注施肥作業を行うことができる。(3) 慣行的に使用されている自走型肥料散布機と比較して、作業者に与える労働負担が軽い。また、開発した自走式のペースト状肥料灌注施肥機を活用した灌注施肥により、生葉収量は、一番茶で9%、二番茶で15%多く、慣行施肥と同等の収量であれば、品質は灌注区が優れることが示唆された。

第4章では、点滴かん水施肥技術の煎茶園および玉露園における導入の可能性を検証するとともに、玉露園において収量、品質を慣行施肥と同程度に維持しながら窒素施用量を効率的に削減する点滴かん水施肥管理を実証した。煎茶園における樹冠下の点滴かん水施肥(窒素 50 kg/10 a)は、同程度の窒素を施用した慣行施肥法と比較して、一、二番茶ともに20%以上増収し、官能評価や化学成分含有率等は慣行施肥法より優れる傾向を示した。また、地下浸透水中の硝酸態窒素濃度は点滴かん水施肥を行うことで、慣行施肥法に

対し早期に低下する傾向を示すとともに、試験開始3年次の窒素溶脱量は慣行施肥法の40～36%となり、大幅に環境負荷が低減された。玉露園では、窒素53 kg/10 aを点滴かん水施肥すると、慣行施肥で窒素73.4 kg/10 aを施用した場合より、3カ年平均で約10%増収し、品質は同程度に維持することができた。

第5章では、施肥低減下での品質維持・向上のための肥培管理技術として、(1) かん水による土壌水分調節が土壌中の無機態窒素量、新芽生育、収量および品質に及ぼす影響、(2) 硝酸化成抑制効果のあるジシアンジアミドを含んだ被覆尿素の施用効果、(3) 玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が茶芽の品質に及ぼす影響等を検討した。

(1) 少雨時にかん水を行い土壌水分をpF2.3以下に保つことで、施用した肥料からの窒素の供給が順調に進み、土壌中の無機態窒素量が高い値で推移すること、生葉収量および荒茶品質等が向上することを明らかにした。

(2) Dd入り被覆尿素を春肥と秋肥に施用した場合、Ddの硝化抑制効果により慣行施肥に比べて窒素溶脱が低減した。さらに、土壌中の無機態窒素量は慣行施肥より高く推移し、窒素利用率が高まることで、窒素施用量が同等の場合には、収量、品質が向上し、窒素施用量を慣行施肥より20%程度削減しても収量、品質は維持できることが示唆された。

(3) 被覆資材除去後の露光時間が長くなり、新芽が受ける日射量が多くなるほど、荒茶中の遊離アミノ酸およびテアニン含有量は減少し、カテキン類含有量が増加した。また、覆い香の主成分であるジメチルスルフィドは、露光時間が短いほど高濃度で維持された。これらのことから、玉露栽培において新芽の品質を維持するためには、出来る限り日射にさらさず、被覆条件下で摘採することが望ましいと考えられた。

謝 辞

本学位論文のとりまとめにあたって、研究遂行の段階から終始ご親切かつ有意義なご指導と励ましの言葉を賜りました九州大学大学院農学研究院和田信一郎教授には心から感謝し、厚くお礼申し上げます。本論文の作成にあたって、九州大学大学院農学研究院北野雅治教授、九州大学大学院農学研究院山川武夫准教授には懇切なご指導とご校閲を賜りました。深く感謝申し上げます。九州大学大学院農学研究院助教森裕樹博士には、研究遂行に当たり有意義なご助言および激励をいただきました。

ECセンサーを活用した施肥管理実証試験では、圃場管理および調査等にご協力いただいた今福製茶協同組合の皆様には厚くお礼申し上げます。点滴かん水施肥試験では、圃場管理および調査等にご協力いただいた八女市星野村柴田雄二氏に厚くお礼申し上げます。玉露被覆試験では、九州電力株式会社総合研究所生物資源研究センター中原光久氏に、実験施設の提供と懇切なご教示を賜りました。八女市役所農業振興課松延久良氏、椎窓孝雄氏、ふくおか八女農業協同組合野上善彦氏、三宅浩史氏をはじめ八女地域農業振興推進協議会特産部会員の方々には試験計画等に貴重なご助言をいただきました。

福岡県農業総合試験場元場長松江勇次博士、元企画情報部長津留崎正信氏、古庄雅彦博士、大石裕二氏、荒木博文氏、稲田淳博士、河本明日香氏、池田浩暢博士、荒木雅登博士、藤富慎一博士、内川修博士、農林水産部農林水産政策課横山学博士には本論文のとりまとめに際し、多大なるご支援とご配慮をいただきました。

本研究の着手から途上において有益なご助言と激励を賜りました福岡県農業総合試験場八女分場元分場長の大隈光善博士、原田皓二氏、豆塚茂実博士、林三徳氏、分場長中原隆夫氏に衷心から感謝申し上げます。また、研究を遂行するにあたって労苦を共にし、協力を惜しまれなかった福岡県農業総合試験場八女分場茶チーム元チーム長中村晋一郎氏、前チーム長仁田原寿一氏、チーム長久保田朗氏、吉岡哲也氏、中園健太郎氏、森山弘信氏、江上修一氏、松田和也氏、成山秀樹氏、福岡県筑後農林事務所八女普及指導センター東穂積氏に対し心より感謝の意を表します。さらに、茶園の管理や調査、加工作業では大隈英明氏、松延真一氏、西林英厚氏、江寄智幸氏と非常勤職員の方々に多大なるご協力をいただきました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Akiyama, H., Yan, H. and Yagi, K. 2006. Estimations of emission factors for fertilizer-induced direct N₂O emissions from agricultural soils in Japan: Summary of available data. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52, 774-787.
- 阿南豊正・中川致之 1974. 茶葉の化学成分含量に及ぼす光の影響. 茶技研, 47, 132-138.
- 青野英也・築瀬好充・田中静夫・杉井四郎 1976. チャ栽培における化学繊維被覆資材の利用とその効果. 茶試研報, 12, 1-123.
- 忠谷浩司・竹若与志一・奥村茂夫 2005. 被覆資材除去後の経過時間が一番茶芽形質・成分に及ぼす影響. 茶研報, 100 (別), 42-43.
- 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.
- 藤原敏郎・神田真帆・上辻久利 2002. 点滴施肥とうね間マルチの環境負荷軽減効果. 茶研報, 94 (別), 78-79.
- 福岡県・八女地域農業推進協議会特産部会・福岡県茶業青年の会 2002. 茶園施肥量低減の取り組み.
- 福岡県農政部 2000. 福岡県茶施肥基準.
- 福岡県農政部農業技術課 1988. 茶業技術指導指針.
- 後藤哲久・長嶋等・吉田優子・木曾雅昭 1996. 市販緑茶の個別カテキン類とカフェインの分析. 茶研報, 83, 21-28.
- 早津雅仁・松本幸典・三宅浩史・徳田進一・中島田誠 1992. 茶園土壌の硝酸化成抑制法 (1) 各種硝化抑制剤の効果. 茶研報, 76 (別), 60-61.
- 樋口雅彦・佐藤昭一・濱崎正樹・眞正清司・堀田 博 2004. 固相マイクロ抽出 (SPME) 法による茶の加熱香气成分の分析法. 茶研報, 98, 33-42.
- 平井真雄・吉越恒・脇水健治・西村祐一郎・北野雅治・堺田輝貴・仁田原寿一・吉岡哲也・林三徳 2008. 高品質緑茶生産のための遮光施設における温度環境の改善. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, 63, 179-186.
- 平峯重郎 1984. 茶園の肥沃度, 植物栄養土壌肥料大辞典, pp875-884. 養賢堂, 東京.
- 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.
- 池ヶ谷賢次郎・高柳博次・阿南豊正 1990. 茶の分析法. 茶研報, 71, 43-74.
- 池ヶ谷賢次郎 1991. 茶の化学成分とその含有量, 茶の化学. pp85-92, 朝倉書店, 東京.
- 池下一豊 1996. 干ばつ時の茶園における土壌水分と茶葉水分の推移. 九州農業研究, 58, 44.
- 今井明子・松元順・内村浩二・烏山光昭 1994. ライシメータにおける深層局所施肥窒素の動態と負荷軽減効果. 茶研報, 79 (別), 74-75.
- 今井明子・内村浩二・烏山光昭・松元順 1995. かん注窒素の動態, 吸収利用に及ぼす土壌反応の影響. 茶研報, 82 (別), 126-127.
- 石垣幸三 1976. 植物栄養土壌肥料学大事典. pp884-896, 養賢堂, 東京.
- 石垣幸三 1978. 茶樹の栄養特性に関する研究. 茶試研報, 14, 1-152.
- 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.
- 岩橋光育・森田明雄 1994. 土壤埋設型センサーの埋設方法. 静岡茶試研報, 18, 43-46.
- 岩橋光育 1997. 土壤埋設型 EC センサーによる茶園の施肥管理技術. 茶研報, 84, 49-58.
- 鹿児島茶試・宮崎総農試茶支場・福岡農総試 1988. 九州地域重要新技術研究成果 No2, 良質, 低コスト茶生産のための土壤窒素濃度診断施肥技術.
- 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, 91 (別), 46-47.
- 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.
- 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.
- 神田真帆・大串卓史・浅井信一 2005. 被覆肥料を利用した玉露・てん茶園の窒素施用量削減. 茶研報, 100, 67-72.
- 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.
- 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), 17-25.
- 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.
- 加藤忠司 2001. 茶の省力・環境保全的施肥管理, 環境保全と新しい施肥技術. pp275. 養賢堂, 東京.
- 甲木哲哉 2005. 石灰窒素配合肥料を利用した窒素低投入型施肥体系. 茶研報, 100, 80-82.
- Kawabata, M., Ohtsuki, K., Kokura, H. and Wakahara, Y. 1977. Determination of Dimethyl sulfide in the head space vapor green tea by gas chromatography. *Agric. Biol. Chem.*, 41, 2285-2287.
- 木方展治・結田康一 1991. 茶園および隣接林地の土壌水中硝酸態窒素の垂直分布. 土肥誌, 62, 156-164.
- 木村龍介 1988. 土壌と根圏 V, 土壌における養分の動態. 農業技術体系・土壌施肥編 1, pp94-98. 農山漁村文化協会, 東京.
- 木下忠孝・辻浩孝・樋江川清隆・辻正樹・金田秋光 2005a. 窒素施用量の削減がてん茶の収量・品質に及ぼす影響. 愛知農総試研報, 37, 11-16.
- 木下忠孝・辻正樹 2005b. てん茶園における点滴施肥栽培. 茶研報, 100, 89-91.
- 喜多島秀之・出岡裕哉・青久 2005. かぶせ茶生産茶園における被覆尿素肥料を活用した窒素施肥量削減事例. 茶研報, 100, 63-66.
- 小林 新・藤澤英司・羽生友治 1997. 被覆肥料の溶出に及ぼす水蒸気圧の影響. 土肥誌, 68, 8-13.
- 古閑孝彦 1987. 地域別・土壌の自然史的性格. 農業技術体系・土壌施肥編 3, pp9-76. 農山漁村文化協会, 東京.
- 故倉宏至・河村眞也・河端 信・大槻耕三 1987. 被覆茶の硫化メチルに関する研究 (第1報) 茶葉の硫化メチル前駆体 (MMS) の含量. 京都府立茶業研究所研究報告, 19, 61-72.

- 小西茂毅・葛西善三郎 1968a. 茶樹におけるテアニンおよびその関連物質の代謝と制御(第2報) 茶樹における $^{14}\text{CO}_2$ からのテアニン生成とその部位. 土肥誌, 39, 439-443.
- 小西茂毅・高橋英一 1968b. 茶樹におけるテアニンおよびその関連物質の代謝と制御(第6報) 茶幼苗におけるテアニンの代謝と代謝産物の再移動. 土肥誌, 40, 479-484.
- 此本晴夫・鈴木幸隆・木村政美 1977. 茶園におけるスプリンクラーの多目的利用: かん水の効果および施肥, 薬剤散布への利用. 茶研報, 46, 9-28.
- 此本晴夫 1978. 降雨遮断施設を利用した茶園のかん水効果. 茶研報, 48, 23-33.
- 越野正義・小林 新 2003. 被覆肥料の特性と展望. 研究ジャーナル, 26(11), 10-14.
- 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.
- 久保田朗・中村晋一郎・杉山喜直 1991. 茶園の窒素濃度診断による施肥技術(第2報) 土壌中の無機態窒素濃度とECの相関. 九州農業研究, 53, 34.
- 釘本和仁・野中一弥・野方俊秀・東島敏彦 1996. 佐賀県における1994年の高温・干ばつによる茶樹への影響. 九州農業研究, 58, 45.
- 桑原穆夫 1983. 官能評価, 新茶業全書. pp317-331. 静岡県茶業会議所, 静岡.
- 京都府立茶業研究所 1982. 化学繊維による覆下茶の品質向上栽培技術, 2, 1-42.
- 前原三利 1969. 茶樹の施肥障害について. 茶研報, 31, 71-72.
- 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, 18-23.
- 松尾宏・馬場義輝・中村融子・永渕義孝・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.
- 三浦伸之・加治俊幸・烏山光昭・内村浩二・中村孝久 2005. 被覆尿素を利用した省力・低投入型施肥法(せん茶). 茶研報, 100, 60-62.
- 三浦伸之・内村浩二・加治俊幸・中村孝久・吉田真一・勝田雅人・烏山光昭 2007. 茶園におけるジシアンジアミド入り被覆尿素の施用効果. 茶研報, 103, 41-50.
- 三浦豊彦 1974. 心拍数による判定. 新労働衛生ハンドブック, pp629-631. 労働科学研究所出版部, 東京.
- 森山弘信・中村晋一郎・江上修一・清水信孝 1999. 茶新芽への直接被覆による遮光が茶葉の呈味成分含量に及ぼす影響. 九農研, 61, 25.
- 森山友幸・姫野修一・井手治 2003. 秋キク‘神馬’の1~2月出し栽培における点滴かん水施肥法. 九州農業研究, 65, 202.
- 村松敬一郎 1991. 茶の科学, pp32-42. 朝倉書店, 東京.
- 村中康秀 2005. 環境分解型被覆複合肥料を利用した茶施肥量の削減. 茶研報, 100, 55-59.
- 中川致之 1991. 茶の味の成分, 茶の化学. pp106-115, 朝倉書店, 東京.
- 中村茂和・望月康秀 2004. 砂耕法における液肥窒素濃度と幼茶樹の生育. 土肥誌, 75, 247-249.
- 中村茂和 2005. 茶園の樹冠下液肥施用における年間窒素施用量が収量, 摘芽中の窒素含量に及ぼす影響. 茶研報, 100, 86-88.
- 中野敬之 2009. 二番茶の摘採とその後のせん枝が秋季の樹冠と翌年一番茶に及ぼす影響. 茶研報, 107, 31-49.

- 中曾根英雄・山下泉・黒田久雄・加藤亮 2000. 茶園地帯の過剰施肥窒素がため池の水質に及ぼす影響. 水環境学会誌, 23, 374-377.
- 日本茶業中央会 1997. 平成9年度版茶関係資料.
- 日本茶業中央会 2008. 平成20年度版茶関係資料. pp15-19.
- 日本産業衛生学会 1982. 許容濃度等の勧告, 産業医学, 27, pp204-206.
- 西原典則 1964. 土壌の硝化作用抑制に関する研究(4) 土壌温度と土壌の硝化作用およびウレアーゼ活性に及ぼす硝化作用抑制剤の影響. 日本土壌肥料学会講演要旨集, 10, 22.
- 西野恒夫 1993. 茶園土壌における硝酸化成抑制肥料及び硝酸化成抑制の効果(第1報). 茶研報, 78(別), 52-53.
- 西野恒夫 1999. 茶の収量・品質に及ぼす施肥の影響と窒素溶脱軽減対策. 高知県農業技術センター研究報告, 8, 83-93.
- 仁田原寿一・吉岡哲也・堺田輝貴・成山秀樹 2006. 機械化対応覆い下茶園における乗用型摘採機の作業能率と利用技術. 茶研報, 102(別), 24-25.
- 野中一弥・東島敏彦・畑瀬房次・池田繁成 1997. 茶園での灌注施肥法の検討. 九州農業研究, 59, 54.
- 野中一弥・中島田誠 2005. 強酸性土壌における硝酸化成抑制剤の効果. 茶研報, 100, 76-77.
- 野中邦彦 2005a. 茶園における窒素環境負荷とその低減のための施肥技術. 茶研報, 100, 29-41.
- 野中邦彦 2005b. 石灰窒素利用による茶園の窒素施肥量の削減. 茶研報, 100, 78-79.
- 野並浩 2001. 農業生産と水分生理. 植物水分生理学, pp1-12. 養賢堂, 東京.
- 小木和孝 1988. 疲労の判定. 現代労働衛生ハンドブック, pp1180-1186. 労働科学研究所出版部, 東京.
- 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), 10-11.
- 六本木和夫 1995. 養液土耕による施設栽培キュウリの養水分管理. 農業及び園芸, 70, 909-912.
- 堺田輝貴・中村晋一郎・森山弘信・松田和也 2001. 煎茶園での施肥量の違いによる新葉中の全窒素及びNDF含量の経時変化. 茶研報, 92(別), 128-129.
- 堺田輝貴・江上修一・中村晋一郎・森山弘信・松田和也 2002a. 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.
- 堺田輝貴・中村晋一郎・森山弘信・松田和也 2002b. 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.
- 堺田輝貴・江上秀一・別所務 2002c. 茶園用ペースト状肥料灌注施肥機の開発. 農業技術, 57(3), 127-130.
- 堺田輝貴・中村晋一郎・森山弘信・吉岡哲也・金丸隆 2002d. 福岡県における窒素施用量及び窒素溶脱量の推移. 茶研報, 94(別), 64-65.
- 堺田輝貴・江上修一・中村晋一郎・森山弘信・松田和也 2003a. 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.
- 堺田輝貴・森山弘信・中村晋一郎・吉岡哲也 2003b. 煎茶園及び玉露園における点滴施肥の効果. 茶研報, 96 (別), 92-93.
- 堺田輝貴・森山弘信・中村晋一郎・吉岡哲也 2004. 煎茶園での点滴かん水施肥栽培が収量, 品質, および土壌浸透水に及ぼす影響. 福岡農総試研報, 23, 93-98.
- 堺田輝貴・中村晋一郎・久保田朗・吉岡哲也 2005a. 施肥量を削減した茶園におけるかん水の効果. 福岡農総試研報, 24, 126-129.
- 堺田輝貴・森山弘信・中村晋一郎・吉岡哲也 2005b. 玉露園における点滴施肥による施肥量削減. 茶研報, 100, 96-97.
- 堺田輝貴・吉岡哲也 2007. 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 50 kg/10 a 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壌中の無機態窒素濃度. 福岡農総試研報, 26, 93-97.
- 堺田輝貴・吉岡哲也 2008. 環境と八女茶産地に適応した茶園の効率的施肥技術 第2報 高品質玉露生産のための時期別施肥割合と好適な土壌中の無機態窒素濃度. 福岡農総試研報, 27, 117-120.
- 堺田輝貴・吉岡哲也・仁田原寿一・中園健太郎・久保田朗・成山秀樹 2010a. 玉露栽培における被覆資材除去後の露光時間が茶芽の品質に及ぼす影響. 茶研報, 109, 13-21.
- 堺田輝貴・吉岡哲也・久保田朗・仁田原寿一・中園健太郎・成山秀樹 2010b. 玉露園におけるジシアンジアミド入り被覆尿素の施用効果と窒素施用量の削減. 茶研報, 110, 9-18.
- Shimoda, M., Shigematsu, H., Shiratsuchi, H. and Osajima, H. 1995. Comparison of volatile compounds among different grades of green tea and their relations to odor attributes. *J. Agric. Food. Chem.*, 43, 1621-1625.
- 志和将一 2005. 被覆肥料の茶園全面施用による施肥効率の向上. 茶研報, 100, 83-85.
- 静岡県経済農業協同組合連合会 1991. 茶生産指導指針.
- 社団法人日本茶業中央会 2008. 平成20年版茶関係資料, pp15-19. 東京.
- 橘尚明・池田敏久・池田勝彦 1996. 茶樹における樹齢の進行および多肥条件下での窒素吸収特性. 日作紀, 65, 8-15.
- 田口義弘・米山誠一 1995. 緩効性肥料を利用した茶園の施用窒素量削減の試み. 茶研報, 81, 17-23.
- 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), 130-131.
- 玉井光秀・山田晴夫・大西健二 2003. 果菜類におけるかん水施肥技術・第1報キュウリ・トマトでの技術導入効果と課題. 九州農業研究, 65, 64.
- 徳永哲夫・谷崎司・木村靖・福田和正 1996. 茶園土壌における亜酸化窒素の発生. 山口県農業試験場研究報告, 47, 59-56.
- 辻正樹・木下忠孝 2002. てん茶園における点滴施肥の効果. 第1報収量及び品質に及ぼす効果. 茶研報, 92 (別), 142-143.
- 内村浩二・松元順・今井明子・烏山光昭 1994. 茶樹における深層局所施肥窒素の吸収特性と収量・品質に及ぼす影響. 茶研報, 79 (別), 76-77.

- 渡部育夫 1994. 芽だし肥の吸収・利用. 茶研報, 79 (別), 82-83.
- 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), 122-123.
- Wen-Yan Han, Li-Feng Ma, Yuan-Zhi Shi, Jian-Yun Ruan and Sarah J Kemmitt. 2008. Nitrogen release dynamics and transformation of slow release fertilizer products and their effects on tea yield and quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 88, 839-846.
- 米沢茂人 1983. 有機質肥料の施用効果に関する研究. 全農農業技術センター研究報告, 1.

Study on Efficient Fertilizer Application and Quality Improvement Through Reduced Fertilizer Applications in Yamecha Plantations

Summary

This study aims to establish an efficient fertilizer application and quality improvement technique through the reduction of fertilizer applications in Yamecha plantations.

As explained in Chapter 2, we investigated a fertilizer control method by estimating the amount of inorganic nitrogen required for the tea fields in Fukuoka and fertilization accommodation technique which corresponds to the nutrient uptake special quality of the tea plant using the electric conductivity to supply with nitrogen needed according to the nutrient uptake special quality of the tea plant in opportunity, which is ground, with the passage of time, and, the ground ground-coupled EC sensor which can be grasped easily. After establishing the amount of inorganic nitrogen required by measuring the amounts of inorganic nitrogen in the tea field in real time using buried EC sensors, the amount of nitrogen applied to the soil was reduced to approximately 50 kg for every 10 a, while maintaining the desired crop yield and quality. However, for precise fertilization control, we considered it necessary that the application of the fertilizer be based on the amounts of inorganic nitrogen present in the soil at the time of application, relative to the standard value of 50 kg/10 a. Therefore, we investigated the fertilizer application ratio for each application and the suitable concentration of inorganic nitrogen required in the soil for the production of high quality tea in the case where nitrogen was applied at 50 kg/10 a. In tea field for sencha, the fertilizer application system that involved the application of a relatively higher proportion of fertilizers during spring and during sprouting was found to be superior to other fertilizer application systems. The average concentrations of inorganic nitrogen in the soil at each time of the year were as follows: Jan. - Feb. : 7.5, Mar. - Apr. : 27.0, May. - Jun. : 31.9, Jul. - Aug. : 17.4, Sep. - Oct. : 18.5, and Nov. - Dec. : 13.0. By considering these values as a reference, the concentrations of inorganic nitrogen in the soil were modified considering the 50 kg/10 a nitrogen concentration value as a standard and ideal value for the production of high quality sencha. In the case of gyokuro, it was similarly observed that the fertilizer application system that involved the application of higher proportions of fertilizers during spring was superior to other fertilizer application systems. The average concentrations of inorganic nitrogen in the soil for each time of the year were as follows: Jan. - Feb. : 12.1, Mar. - Apr. : 29.0, May. - Jun. : 25.0, Jul. - Aug. : 14.1, Sep. - Oct. : 22.4, and Nov. - Dec. : 21.9. By considering these values as a reference the concentrations of inorganic nitrogen in the soil were modified considering the 50 kg/10 a nitrogen concentration values as a standard and ideal value for the production of high quality gyokuro.

In Chapter 3, we described the developed paste-form fertilizer injector for tea fields that is used to inject fertilizers in tea fields in a small prefecture in a pillow place. We made some improvements to the original

injector that was used for vegetable fields, by reducing its width, changing the material used for the body of the equipment, reinforcing the injection nozzle, raising injection pressure, installing a side clutch, etc. As a result, the new injector was fit for use in tea fields. The main merits of new injector are as follows. (1) We could inject fertilizer in double rows having of 16-cm depths by using the new injector. The working time of this injector was one-fourth the working time of a conventional hand injector. (2) The new injector enabled us to inject with precision even in fields having inclinations of up to 8 degrees and in fields with a large amount of gravel. (3) The workload for this injector was lower than observed for the conventional self-propelled fertilizer dispenser.

In Chapter 4, we discussed the feasibility of drip fertigation for use in tea field for sencha and gyokuro. Furthermore, in tea field for gyokuro, we proved that the use of drip fertigation reduces the nitrogen level efficiently, while maintaining a typical yield and quality. We examined the effects of drip fertigation under a canopy for the application of 50 kg/10 a nitrogen in tea fields for sencha. When fertilized using drip fertigation with a nitrogen application of 50kg/10 a, the yields from the first and the second harvests of the tea increased by more than 20%. Drip fertigation was found to be superior to conventional methods in terms of the sensory quality and chemical composition achieved. The concentration of percolated nitrate nitrogen in ground water was reduced at an earlier stage by using drip fertigation than by using conventional method. At the start of the third year of our study, the amount of leached nitrogen was found to be 40 % ~ 36 % that of conventional method and environmental loading was found to be drastically reduced by using drip fertigation. When in tea field for gyokuro, fertilized using drip fertigation with an application rate of 53 kg/10 a of nitrogen, the yield increased by approximately 10 % and the quality was maintained at the same level on an average, as opposed to when nitrogen was applied at 73.4 kg/10 a using the conventional fertilization method. Further, the conventional method had to be used for three more years to achieve the same results.

In Chapter 5, we examined methods for efficient fertilizer application that could maintain and improve crop quality through the reduction of fertilizer application. The studied characteristics are as follows. (1) Effects of the controlling soil moisture by irrigation on the concentration of inorganic nitrogen in the soil, new shoot growth, crop yield, and crop quality. (2) Effects of the application of coated urea and dicyandiamide. (3) Influence of the exposure time after the removal of covering materials from the tea field on the quality of gyokuro obtained.

The following observations were made:

- (1) The supply of the nitrogen through the fertilizer was increased regularly while maintaining soil moisture at pF 2.3 by irrigation when there was very little rain. The concentration of inorganic nitrogen in the soil was higher than that in the case of non-irrigated soil. The crop yield and quality improved.
- (2) The application of coated urea and dicyandiamide during spring and fall reduced the amount of nitrogen leached by a greater amount than when the conventional fertilizer was used. This result indicates that dicyandiamide inhibits nitrification. In addition, the density of inorganic nitrogen in the soil increased relative to that after conventional fertilizer application. The crop yield and quality improved when a conventional amount of

nitrogen fertilizer was used because of the increase in fertilizer efficiency. Moreover, even if the amount of nitrogen fertilizer was reduced by approximately 20% of the amount conventionally applied, the crop yield and quality remained the same.

(3) As the exposure time increased, the green color of the fresh leaves faded; their total amino acid and theanine contents reduced; and the concentration of dimethyl sulfide, a representative aromatic compound found in gyokuro, decreased. In contrast, the catechin content increased. The overall quality of the tea was lowered. These results indicated it was necessary to plucking of tea shoots as quickly as possible after removing covering materials that provided shade to the tea field.

福岡県農業総合試験場特別報告
第37号

八女茶産地における施肥低減下での効率的施肥管理
および品質向上に関する研究

発行 平成24年 3月

福岡県農業総合試験場
〒818-8549 福岡県筑紫野市吉木 587
TEL 092-924-2971

著書 堺田輝貴

印刷所 株式会社 星光社
〒812-0042 福岡県博多区豊1丁目5-26
TEL 092-475-7711