

茶の収量および品質に対する石灰窒素施用の影響

白鳥克哉¹⁾・小野嵩知²⁾・内山道春¹⁾・山下寛人³⁾

・一家崇志³⁾・片井秀幸¹⁾・加藤光弘¹⁾

¹⁾農林技術研究所茶業研究センター, ²⁾元農林技術研究所茶業研究センター, ³⁾静岡大学農学部

Effects of Lime Nitrogen on the Yield and Quality of Green Tea

Katsuya Shiratori¹⁾, Ono Takatomo²⁾, Michiharu Uchiyama¹⁾, Hiroto Yamashita³⁾,
Takashi Ikka³⁾, Hideyuki Katai¹⁾ and Mitsuhiro Kato¹⁾

¹⁾Tea Research Center / Shizuoka Res. Inst. Agric. and For., ²⁾(Previous Affiliation) Tea Research Center /
Shizuoka Res. Inst. of Agri. and For., ³⁾The Faculty of Agriculture, Shizuoka Univ.

Abstract

Fertilization systems utilizing lime nitrogen were examined to determine their effects on green tea yield and quality. The results were as follows. The tea yields from the first and second flushes in each fertilization system with lime nitrogen were equal to or greater than those in the conventional fertilization system. There were no significant differences in the total nitrogen and calcium contents of the tea shoots between the fertilization systems using lime nitrogen and the conventional system during each tea season. The neutral detergent fiber content in tea shoots from the fertilization system using lime nitrogen in July and September was significantly lower than that in the conventional fertilization system. Except for this system, no significant differences were observed between the fertilization systems applying lime nitrogen and the conventional system. No poor aroma or taste due to over-maturation was identified in crude teas from the first flush produced by fertilization systems using lime nitrogen or conventional system. In conclusion, the findings suggested that fertilization systems using lime nitrogen could provide yields equal to those of conventional systems without compromising tea quality, potentially contributing to promoting carbon credit transactions.

キーワード：チャ, 石灰窒素, 荒茶品質, J-クレジット

I 緒 言

静岡県の茶は、栽培面積 13,300 ha、荒茶生産量 27,200 t、茶栽培農家数 5,827 戸(令和 5 年度)、荒茶産出額 244 億円(令和 4 年度)²⁰⁾と、いずれも日本一であり、本県を代表する重要な農産品目である。これまで、静岡県の茶生産では急須で飲む煎茶用のリーフ茶を主に生産してきたが、近年高品質なリーフ茶の需要が減少し、茶生産者の経営に影響を与えている。この現状を改善するため、静岡県

は多様な消費を喚起する新商品開発やサービスの展開と販路開拓を推進している¹⁹⁾。また、2022 年に「環境と調和のとれた食料システムの確立のための環境負荷低減事業活動の促進等に関する法律（通称「みどりの食料システム法」）」が施行された¹⁴⁾。これを受け、静岡県は「静岡県持続的食料システム実施計画」¹⁸⁾を策定した。同計画の中で、カーボンクレジットの取得支援に取り組むこととしている。

カーボンクレジットの取組として、カーボンオフセットシール付き商品の販売により商品価値の向上を図る取

組⁹⁾や、カーボנקレジットの取組を通して多様な事業者の連携が図られる事例が報告されている¹⁰⁾。このような持続可能な食糧生産システムの導入が欧米市場等での販路を拡大するうえで重要な要素となっている¹⁰⁾。今後、海外への静岡茶の輸出を拡大するためにも、静岡県内の茶生産においてカーボנקレジットの取得に係る活動を推進していく必要がある。

日本国内のカーボנקレジット取得は、J-クレジットでの取引が進められている。令和 7 年 1 月時点で、J-クレジットの農業系方法論には 6 つの手法が定められている。この中で、石灰窒素の施用は温室効果ガスのひとつである一酸化二窒素の排出量を削減できることから⁴²⁾、茶の年間窒素施用量の 24%以上を石灰窒素由来の窒素に置き換える手法が、温室効果ガス削減量を J-クレジットとして取引できる方法論に定められている⁹⁾。このため、茶業における J-クレジットの取得を進めるうえで、石灰窒素を活用した施肥体系を推進していくことが重要である。

一方、茶の生産現場において、石灰窒素の施用によって茶葉の硬化が進むことによる茶の品質低下を不安視する意見がある。茶葉内に含まれるカルシウムは茶葉の硬化に伴い増加し¹²⁾、生育ステージの進んだ下位の硬葉や熟度の高い番茶に多く含まれることが知られている⁹⁾。石灰窒素に含まれるカルシウムを慣行栽培よりも多く茶樹が吸収することで、茶葉の熟度の進行による硬化に影響を与えることへの懸念が、石灰窒素利用の阻害要因のひとつになっていると考えられる。

茶の品質が高いほど、全窒素含有率¹¹⁾と遊離アミノ酸含有率²⁾は高く、中性デタージェント繊維（以下「NDF」という）含有率¹⁾とカルシウム含有率⁹⁾は低いことが報告されている。これは、茶の熟度が進行するほど、アミノ酸からポリフェノール類への代謝⁹⁾が進むことなどにより、うま味を呈するアミノ酸の含有率が低下し、これに伴い全窒素含有率も低下するとともに、NDF 含有率¹⁾およびカルシウム含有率¹²⁾が高まるためである。また、熟度が進行することにより、茶芽の硬化も進むことから⁷⁾、茶の生産・流通の現場では全窒素含有率と NDF 含有率が品質の指標として使用されている。このため、石灰窒素を活用した施肥体系を推進するためには、石灰窒素が茶の品質に関与する全窒素含有率、NDF 含有率および荒茶品質に及ぼす影響を明らかにし、生産現場での実践が可能でかつ受け入れられやすい施肥体系を確立する必要がある。

既往研究において、石灰窒素の肥効の長さから硝酸態窒素溶脱の抑制¹⁰⁾や施肥量削減^{10,16)}への寄与、

慣行施肥区に比べて生葉収量が多い傾向¹⁶⁾が報告されている。これらの効果は石灰窒素を活用した施肥体系の導入への誘因にはなるものの、生産現場における品質低下への懸念を解消する根拠とはならない。また、石灰窒素を春に施用した試験において、荒茶品質が慣行施肥区と同等程度であり、荒茶の NDF 含有率が低い場合があったことが報告されている¹¹⁾。しかし、収量が併せて報告されていないことから、収量と品質を両立できるかは明らかにされていない。

そこで、本研究では生産現場における石灰窒素を活用した施肥体系の普及拡大を目指し、石灰窒素施用が茶の収量および品質に与える影響を調査した。その結果、新たな知見が得られたので報告する。

Ⅱ 材 料 お よ び 方 法

1 試験設計

静岡県農林技術研究所茶業研究センター内の‘やぶきた’成木園（1984 年定植、細粒赤黄色土）において、表 1 に示す施肥設計により石灰窒素を活用した施肥体系を検証した。生産現場における普及性を考慮し、石灰窒素の肥効の長さや酸度矯正効果により、慣行区よりも施肥労力を軽減する施肥設計とした。石灰窒素を活用したすべての試験区において苦土石灰の施用を省略し、春施用区では夏肥Ⅰを、春秋施用区では夏肥Ⅰおよび夏肥Ⅱを省略した。2021 年秋肥から、春施用区、秋施用区、春秋施用区、慣行区を設定して施肥管理を実施していたが、生産現場への普及を図るうえで石灰窒素の代替率の低い施肥体系の施用効果も検証する必要性が生じたことから、石灰窒素代替率を 30%として夏肥Ⅱと秋肥に石灰窒素を施用する夏秋施用区を 2023 年夏肥Ⅱより設置した。表 1 に示す各試験区(3 反復)において、2020 年の春肥から試験開始までは年間の窒素・リン酸・カリの施肥量を慣行施肥区の半量として管理した。なお、慣行施肥区の半量での肥培管理期間の違いが、収量および品質に影響を及ぼす可能性を排除できないため、夏秋施用区の対照区として、2023 年夏肥Ⅱより慣行施肥の管理を開始した試験区を慣行区 2 として設置した。また、石灰窒素を活用した各施肥体系において、夏季の苦土石灰施用を省略した。苦土石灰施用の省略に伴う苦土施用量の不足を補い、石灰窒素施用による一時的な石灰過剰を防ぐために、石灰窒素および石灰窒素と苦土石灰の配合肥料施用時には軽焼マグを配合して施用する施肥体系とした。

表1 石灰窒素を活用した施肥体系および慣行区の施肥設計

試験区分 ¹⁾ (施肥開始 時期)	試験区名 (略称)	年間 施用量 (kg/10a)	施肥時期					
			春肥 (2月中旬)	芽出し肥 (3月下旬)	夏肥Ⅰ (5月中旬)	夏肥Ⅱ (7月上旬)	酸度矯正 (8月上旬)	秋肥 (9月上旬)
2021年 秋肥～	春施用 年4回 施肥区 (春施用区)	N:40.0 P:14.0 K:20.0 Ca:54.0 Mg:18.5	石灰窒素配合1 ³⁾ N:14.6 P:4.9 K:6.5 Ca:54.0 Mg:18.2	磷酸安加里配合 N:5.3 P:2.0 K:3.3 Ca:0 Mg:0	削減	有機配合2 ⁴⁾ N:8.2 P:2.2 K:3.0 Ca:0 Mg:0	削減	有機配合3 ⁴⁾ N:11.9 P:4.9 K:7.2 Ca:0 Mg:0.3
	【代替率37%】 ²⁾							
	秋施用 年5回 施肥区 (秋施用区)	N:40.0 P:14.0 K:20.0 Ca:54.0 Mg:18.5	有機配合1 ⁴⁾ N:3.9 P:4.9 K:6.5 Ca:0 Mg:0.3	磷酸安加里配合 N:5.3 P:2.0 K:3.3 Ca:0 Mg:0	化成配合 N:8.0 P:0 K:0 Ca:0 Mg:0	有機配合2 ⁴⁾ N:8.2 P:2.2 K:3.0 Ca:0 Mg:0	削減	石灰窒素配合1 ³⁾ N:14.6 P:4.9 K:7.2 Ca:54.0 Mg:18.2
	【代替率37%】 ²⁾							
	春秋施用 年3回 施肥区 (春秋施用区)	N:40.0 P:14.0 K:20.0 Ca:58.0 Mg:18.5	石灰窒素配合2 ³⁾ N:17.4 P:6.0 K:8.5 Ca:29.0 Mg:7.9	磷酸安加里配合 N:5.3 P:2.0 K:3.3 Ca:0 Mg:0	削減	削減	削減	石灰窒素配合2 ³⁾ N:17.4 P:6.0 K:8.2 Ca:29.0 Mg:7.9
	【代替率58%】 ²⁾							
2023年 夏肥Ⅱ～	慣行 年6回 施肥区 (慣行区1)	N:40.0 P:14.0 K:20.0 Ca:30.0 Mg:15.8	有機配合1 ⁴⁾ N:6.7 P:4.8 K:6.5 Ca:0 Mg:0.3	磷酸安加里配合 N:5.3 P:2.0 K:3.3 Ca:0 Mg:0	化成配合 N:8.0 P:0 K:0 Ca:0 Mg:0	有機配合2 N:8.2 P:2.2 K:3.0 Ca:0 Mg:0	苦土石灰 N:0 P:0 K:0 Ca:30 Mg:15	有機配合3 ⁴⁾ N:11.8 P:5.0 K:7.2 Ca:0 Mg:0.5
	夏秋施用 年5回 施肥区 (夏秋施用区)	N:40.0 P:14.0 K:20.0 Ca:30.0 Mg:15.8	有機配合1 ⁴⁾ N:6.7 P:4.8 K:6.5 Ca:0 Mg:0.3	磷酸安加里配合 N:5.3 P:2.0 K:3.3 Ca:0 Mg:0	化成配合 N:8.0 P:0 K:0 Ca:0 Mg:0	石灰窒素配合3 ⁵⁾ N:8.2 P:2.6 K:3.0 Ca:15.0 Mg:7.5	削減	石灰窒素配合3 ⁵⁾ N:11.8 P:4.6 K:7.2 Ca:15.0 Mg:8.0
	【代替率30%】 ²⁾							
	慣行 年6回 施肥区 (慣行区2)	N:40.0 P:14.0 K:20.0 Ca:30.0 Mg:15.8	有機配合1 ⁴⁾ N:6.7 P:4.8 K:6.5 Ca:0 Mg:0.3	磷酸安加里配合 N:5.3 P:2.0 K:3.3 Ca:0 Mg:0	化成配合 N:8.0 P:0 K:0 Ca:0 Mg:0	有機配合2 ⁴⁾ N:8.2 P:2.2 K:3.0 Ca:0 Mg:0	苦土石灰 N:0 P:0 K:0 Ca:30 Mg:15	有機配合3 ⁴⁾ N:11.8 P:5.0 K:7.2 Ca:0 Mg:0.5
	【代替率30%】 ²⁾							

1) 試験規模は、うね長6m、うね幅1.8mとし3反復設置

2) 【 】内の代替率は、年間窒素施用量に占める石灰窒素由来の窒素量の割合を示す。

3) 石灰窒素配合1は、石灰窒素と軽焼マグ及び苦土石灰の配合肥料に苦土重焼燐と硫酸カリを配合したもの。ただし、春施用区と秋施用区では、各肥料成分の年間施用量を同一にするため、硫酸カリの配合量が異なる。

4) 有機配合1は、魚粕、被覆尿素、硫酸、苦土重焼燐、硫酸カリを配合したもの、有機配合2は、魚粕、被覆尿素、硫酸カリを配合したもの、有機配合3は、菜種粕、被覆尿素、硫酸、苦土重焼燐、硫酸カリを配合したもの。ただし、各試験区における各肥料成分の年間施用量を同一にするため、魚粕、被覆尿素、硫酸、苦土重焼燐、硫酸カリの配合量が異なる。

5) 石灰窒素配合2は、石灰窒素と軽焼マグの配合肥料に苦土重焼燐と硫酸カリを配合したもの。ただし、春肥と秋肥では、カリの年間施用量を同一にするため、硫酸カリの配合量が異なる。また、春肥、秋肥ともに窒素施用量は17.35である。表内の数値を小数点第一位までの表記としているため、端数処理により合計値が年間施用量と一致していない。

6) 石灰窒素配合3は、石灰窒素と軽焼マグの配合肥料に苦土重焼燐と硫酸カリと有機質肥料を配合したもの。ただし、夏肥Ⅱと秋肥では、各肥料成分の年間施用量を同一にするため、苦土重焼燐と硫酸カリの配合量が異なる。

2 収量調査、試料の採取および分析試料の調製

2022年から2024年までの3年間、4月下旬に一番茶、6月中旬に二番茶の生葉収量を調査した。2024年は一番茶後に中切り剪枝を実施したため一番茶のみ調査した。2022年と2023年は秋整枝量も調査した。なお、2023年夏肥Ⅱより設置した夏秋施用区と慣行区2は、2023年秋整枝と2024年一番茶のみ調査を行った。

生葉収量および秋整枝量の調査は、兼用型摘採機（TF C-10、落合刃物工業株式会社）を用いて摘採した各試験区の生葉および秋整枝の重量と、摘採長とうね幅から単位面積当たりの生葉収量および秋整枝量を計算した。一番茶は前年の秋整枝位置から1.5 cm高い位置で、二番茶は一番茶摘採位置から1.0 cm高い位置で摘採し、秋整枝

は二番茶摘採位置から5.0 cm高い位置で整枝した。なお、一番茶と二番茶については摘芽特性を調査するために、生葉収量調査の前に各試験区2カ所ずつ採摘調査を実施した。

収量調査時に、分析用に生葉試料を縮分して採取した。また、2024年一番茶においては、摘採日11日前、5日前および5日後にも採摘を実施し、分析用に供した。採取した試料は、電子レンジで殺青した後に、60℃の通風乾燥機内で重量変化がなくなるまで乾燥した。乾燥後、2022年および2023年の試料は粉碎機（D3V-10、大阪ケミカル株式会社）を用いて粉碎し、2024年の試料はサイクロンサンプルミル（CSM-F1、静岡製機株式会社）を用い粉碎した。粉碎後の試料は分析に供するまで室温条件

下のデシケーター内で保管した。

2023 年および 2024 年の一番茶および二番茶については、各試験区の反復 3 区から各 800 g ずつ生葉を抽出し 2k 製茶ライン（カワサキ機工株式会社）により荒茶に加工した。

3 茶葉中の全窒素含有率の測定

各茶期の乾燥生葉粉碎試料の全窒素含有率を、NC アナライザー（SUMIGRAPH NC-22F、株式会社住化分析センター）により測定した。全窒素含有率の測定は 60℃で乾燥した試料を用いたため、供試試料を通風乾燥機にて 105℃下で 2 日間乾燥させた前後の重量変化から供試試料の乾物率を求めた。この乾物率と NC アナライザーの分析結果から、乾物当たりの全窒素含有率を算出した。

4 茶葉中の NDF 含有率の測定

茶葉の硬化度の指標として NDF を測定した。サイクロンサンプルミル(CSM-F1、静岡製機株式会社)により粉碎した試料の NDF を、茶成分分析計(GTN-9、カワサキ機工株式会社)により測定した。

5 茶葉中の無機元素(カルシウム、マグネシウム、カリウム)含有量の測定

2023 年の一番茶および二番茶について、茶葉中のカル

シウム、マグネシウムおよびカリウムの含有量に対する石灰窒素施用の影響を調査した。試料中のこれら無機元素含有量の測定は、Yamashita et al.(2020)の方法²⁹⁾を参考に、湿式灰化後の溶液を高周波誘導結合プラズマ発光分析装置(ICP-OES:ICAP 7400, Thermo Fisher Scientific)により測定した。

6 荒茶の官能審査

荒茶の官能審査は、香気、水色、滋味の内質 3 項目について各 20 点満点とする標準審査法で行った。なお、審査は本研究の著者以外の熟練審査員により、各試料の内容を伏せてランダムにラベリングした順番に実施した。

III 結 果

生葉収量は、2022 年一番茶では、春秋施用区が慣行区 1 に比べて有意に多かったが、それ以外の試験時期では各試験区と慣行区との間に有意差は認められなかった(表 2)。摘芽特性は、2022 年一番茶では、春秋施用区の百芽重が慣行区 1 に比べ有意に多かったが、それ以外の試験時期では各試験区と慣行区との間に有意差は認められなかった(表 3)。

茶葉中の全窒素含有率は、試験期間を通じて、各試験

表 2 石灰窒素を活用した施肥体系および慣行区における一番茶、二番茶および秋整枝の生葉収量 (単位:kg/10a)

施肥開始 時期	試験区名	2022年			2023年			2024年
		一番茶	二番茶	秋整枝	一番茶	二番茶	秋整枝	一番茶
2021年	春施用区	302 ^{n.s.}	531 ^{n.s.}	395 ^{n.s.}	429 ^{n.s.}	458 ^{n.s.}	716 ^{n.s.}	595 ^{n.s.}
	秋施用区	297 ^{n.s.}	519 ^{n.s.}	370 ^{n.s.}	315 ^{n.s.}	406 ^{n.s.}	817 ^{n.s.}	641 ^{n.s.}
	秋肥	350 ^{**}	616 ^{n.s.}	419 ^{n.s.}	447 ^{n.s.}	487 ^{n.s.}	620 ^{n.s.}	602 ^{n.s.}
	慣行区1	264 ⁻	553 ⁻	405 ⁻	376 ⁻	392 ⁻	716 ⁻	545 ⁻
2023年	夏秋施用区	—	—	—	—	—	604	549
	慣行区2	—	—	—	—	—	498	434
	夏肥Ⅱ	有意性 ¹⁾	—	—	—	—	n.s.	n.s.

1) 2021年秋肥は慣行区1を対象群としたDunnett検定を、2023年夏肥Ⅱは慣行区2を対照としたStudentのt検定を行った。n.s.は有意差のないことを示す。

表 3 石灰窒素を活用した施肥体系および慣行区における一番茶および二番茶の摘芽特性

施肥 開始 時期	試験区名	2022年 一番茶			2022年 二番茶			2023年 一番茶			2023年 二番茶			2024年 一番茶		
		出開き度	百芽重	摘芽数	出開き度	百芽重	摘芽数	出開き度	百芽重	摘芽数	出開き度	百芽重	摘芽数	出開き度	百芽重	摘芽数
		(%)	(g)	(本)	(%)	(g)	(本)	(%)	(g)	(本)	(%)	(g)	(本)	(%)	(g)	(本)
2021年	春施用区	48 ^{n.s.}	37.8 ^{n.s.}	54 ^{n.s.}	89 ^{n.s.}	77.3 ^{n.s.}	43 ^{n.s.}	42 ^{n.s.}	56.7 ^{n.s.}	51 ^{n.s.}	74 ^{n.s.}	39.3 ^{n.s.}	55 ^{n.s.}	53 ^{n.s.}	58.3 ^{n.s.}	62 ^{n.s.}
	秋施用区	33 ^{n.s.}	34.1 ^{n.s.}	56 ^{n.s.}	89 ^{n.s.}	62.5 ^{n.s.}	48 ^{n.s.}	40 ^{n.s.}	51.0 ^{n.s.}	51 ^{n.s.}	56 ^{n.s.}	45.1 ^{n.s.}	49 ^{n.s.}	63 ^{n.s.}	62.0 ^{n.s.}	55 ^{n.s.}
	秋肥	41 ^{n.s.}	40.6 ^{**}	57 ^{n.s.}	86 ^{n.s.}	72.7 ^{n.s.}	52 ^{n.s.}	55 ^{n.s.}	57.0 ^{n.s.}	56 ^{n.s.}	55 ^{n.s.}	35.5 ^{n.s.}	57 ^{n.s.}	55 ^{n.s.}	58.6 ^{n.s.}	61 ^{n.s.}
	慣行区1	34 ⁻	33.0 ⁻	58 ⁻	90 ⁻	66.1 ⁻	48 ⁻	43 ⁻	51.2 ⁻	54 ⁻	48 ⁻	47.2 ⁻	49 ⁻	54 ⁻	56.3 ⁻	60 ⁻
2023年	夏秋施用区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	53	53.8	55
	慣行区2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49	54.0	59
	夏肥Ⅱ	有意性 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	n.s.	n.s.	n.s.

1) 2021年秋肥は慣行区1を対象群としたDunnett検定を、2023年夏肥Ⅱは慣行区2を対照としたStudentのt検定を行った。n.s.は有意差のないことを、*は5%水準で有意差があることを示す。

表4 石灰窒素を活用した施肥体系および慣行区における茶葉中の全窒素含有率 (単位: %)

施肥開始 時期	試験区名	2022年			2023年			2024年
		一番茶	二番茶	秋整枝	一番茶	二番茶	秋整枝	一番茶
2021年 秋肥	春施用区	5.6 ^{n.s.}	3.3 ^{n.s.}	3.2 ^{n.s.}	5.3 ^{n.s.}	3.7 ^{n.s.}	3.1 ^{n.s.}	5.5 ^{n.s.}
	秋施用区	5.6 ^{n.s.}	3.3 ^{n.s.}	3.1 ^{n.s.}	5.4 ^{n.s.}	3.9 ^{n.s.}	3.3 ^{n.s.}	5.4 ^{n.s.}
	春秋施用区	5.9 ^{n.s.}	3.3 ^{n.s.}	3.2 ^{n.s.}	5.4 ^{n.s.}	3.7 ^{n.s.}	3.3 ^{n.s.}	5.7 ^{n.s.}
	慣行区1	5.8 ⁻	3.3 ⁻	3.2 ⁻	5.3 ⁻	3.8 ⁻	3.1 ⁻	5.4 ⁻
2023年 夏肥Ⅱ	夏秋施用区	—	—	—	—	—	3.2	5.4
	慣行区2	—	—	—	—	—	3.2	5.3
	有意性 ¹⁾	—	—	—	—	—	n.s.	n.s.

1) 2021年秋肥は慣行区1を対象群としたDunnett検定を, 2023年夏肥Ⅱは慣行区2を対照としたStudentのt検定を角変換後に行った. n.s.は有意差のないことを示す.

表5 石灰窒素を活用した施肥体系および慣行区における茶葉の中性デター

ジェント繊維(NDF)含有率 (単位: %)

施肥開始 時期	試験区	調査時期(2024年)			
		4月19日	4月25日	4月30日	5月5日
2021年 秋肥	春施用区	10.8 ^{n.s.}	14.7 ^{n.s.}	18.5 ^{n.s.}	23.8 ^{n.s.}
	秋施用区	9.9 ^{n.s.}	14.2 ^{n.s.}	19.0 ^{n.s.}	24.3 ^{n.s.}
	春秋施用区	11.2 ^{n.s.}	13.8 ^{n.s.}	18.7 ^{n.s.}	23.9 ^{n.s.}
	慣行区1	10.2 ⁻	13.0 ⁻	19.1 ⁻	24.4 ⁻
2023年 夏肥Ⅱ	夏秋施用区	—	—	17.4	—
	慣行区2	—	—	18.7	—
	有意性 ¹⁾	—	—	*	—

1) 2021年秋肥は慣行区1を対象群としたDunnett検定を, 2023年夏肥Ⅱは慣行区2を対照としたStudentのt検定を角変換後に行った.
n.s.は有意差のないことを, *は5%水準で有意差があることを示す.

試験区名 ¹⁾	一番茶(2023年)			二番茶(2023年)		
	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K
春施用区	1.93 ^{n.s.}	1.69 ^{n.s.}	13.0 ^{n.s.}	2.47 ^{n.s.}	1.67 ^{n.s.}	12.5 ^{n.s.}
秋施用区	2.02 ^{n.s.}	1.78 ^{n.s.}	13.3 ^{n.s.}	2.51 ^{n.s.}	1.66 ^{n.s.}	12.3 ^{n.s.}
春秋施用区	1.95 ^{n.s.}	1.70 ^{n.s.}	12.8 ^{n.s.}	2.59 ^{n.s.}	1.79 ^{n.s.}	12.8 ^{n.s.}
慣行区1	1.90 ⁻	1.68 ⁻	12.9 ⁻	2.60 ⁻	1.68 ⁻	12.8 ⁻

1) 角変換後に慣行区1を対照としたDunnett検定を実施した.
n.s.は有意差のないことを示す.

区と慣行区との間に有意な差は確認されなかった(表4).

NDF含有率は, 2023年4月30日に調査した夏秋施用区で有意に低かったが, その他の試験区では試験期間を通じて慣行区との有意差は認められなかった(表5).

茶葉中の無機元素は, 各試験区と慣行区との間に有意差は認められなかった(表6).

荒茶の官能審査結果は, 2023年の秋施用区の一番茶と2024年の春施用区の一番茶を除き, 石灰窒素を施用した試験区の内質合計点は, 慣行区と同等かそれ以上であった(表7). 2023年の秋施用区の一番茶は香気で慣行区1より1点低く, 2024年の春施用区の一番茶は慣行区1に比べ香気は1点上回ったものの水色と滋味はそれぞれ1点

低かった.

また, 概評において, 2023年および2024年の一番茶では, 慣行区2においてやや苦渋味が認められたのを除き, 内質に関する欠点の評価はなかった. 2023年二番茶では, すべての試験区でこわ葉臭とこわ葉味が認められた.

IV 考 察

本研究では, 茶生産におけるJ-クレジット取得への利用を図るため, 石灰窒素の施用が茶の収量および品質に及ぼす影響を調査した. その結果, 石灰窒素の施用によ

表7 石灰窒素を活用した施肥体系および慣行区における荒茶の官能審査結果

施肥 開始 時期	試験区名 ¹⁾	2023年								2024年			
		一番茶				二番茶				一番茶			
		香氣	水色	滋味	内質計	香氣	水色	滋味	内質計	香氣	水色	滋味	内質計
2021年 秋肥	春施用区	20	20	18	58	10	18	10	38	18	18	18	54
		(新鮮香 ²⁾)				(こわ葉臭、茎味、こわ葉味)				(やや赤み、やや濁り)			
	秋施用区	18	20	18	56	12	18	11	41	18	18	19	55
		(やや新鮮香)				(こわ葉臭、こわ葉味、やや苦渋味)				(やや濁り)			
	春秋施用区	19	20	18	57	11	18	10	39	20	20	20	60
2023年 夏肥Ⅱ		(やや新鮮香)				(こわ葉臭、こわ葉味、やや苦渋味)				(新鮮香、青み、ややうま味)			
	慣行区1	19	20	18	57	11	17	10	38	17	19	19	55
		(やや新鮮香)				(こわ葉臭、やや赤み、こわ葉味、やや茎味)				(ややむれ臭)			
	夏秋施用区	—	—	—	—	—	—	—	—	18	19	19	56
										()			
2023年 夏肥Ⅱ	慣行区2	—	—	—	—	—	—	—	—	19	19	18	56
										(やや苦渋味)			

1) 調査者1名による20点満点評価結果(反復なし)

2) () 内表記は官能審査における内質に対する概評

る茶の収量の低下は認められず、本研究において実施した施肥体系により十分な収量が確保できたことから、石灰窒素の施用による収量への悪影響はないと判断された。

カルシウム施用が茶の収量に与える影響について、炭酸カルシウム施用量の増加に伴い、茶の新芽の生育が低下するとともにカルシウム含有量が増加し全窒素含有率が低下することが報告されている²⁹⁾。この要因として、炭酸カルシウムによる土壌 pH の上昇に起因するアンモニア態窒素の消長速度の増加と、過剰なカルシウムによるアンモニア態窒素の吸収阻害が挙げられている²⁹⁾。また、苦土炭酸カルシウムを施用する場合には、苦土炭酸カルシウム施用量が 100 kg/10a の場合に最も収量と品質が高まりそれ以上の施用量では低下すること、同一の苦土炭酸カルシウム施用量の条件下では、硝化抑制剤を併用した方が土壌中の無機態窒素量が増加し茶の収量が高いことが報告されている²⁹⁾。本研究では、慣行区の苦土石灰(苦土炭酸カルシウムと同じ)施用量が 100 kg/10a であり、春施用区、秋施用区、春秋施用区のカルシウム施用量は慣行区の 1.8~1.9 倍に相当する。しかし、春施用区、秋施用区、春秋施用区の収量は、試験期間をとおして慣行区 1 よりも低下することはなかった(表 2)。また、本研究ではカルシウム施用量の増加に伴う茶葉中のカルシウム含有量の増加および全窒素含有率の低下は認められていない(表 4、表 6)。このため、本研究においてカルシウム施用量の多い春施用区、秋施用区、春秋施用区の収量が慣行区に比べて低下しない要因として、石灰窒素のシアナミドが加水分解して生じるジシアンジアミドの硝化抑制効果による土壌中の無機態窒素量の維持⁴⁾およびカルシウムに対するマグネシウムの拮抗作用により¹⁷⁾、カル

シウムが過剰な条件であっても窒素吸収が抑制されなかった可能性が考えられる。この可能性については、今後土壌中の無機態窒素量および交換性塩基量に基づく検証が必要である。

また、石灰窒素の施用により懸念されている茶葉の硬化およびそれに伴う品質低下については、複数の調査結果から判断した。出開き度は新葉の展開が一時的に休止した出開き芽の割合で、生育ステージを表す指標とされており²⁹⁾、新芽の熟度の指標であるとともに新芽の硬化度と正の相関がある⁷⁾。新芽の熟度および硬化の進行に伴い、カルシウム含有量¹²⁾と NDF 含有率¹³⁾も高まる。このため、出開き度、カルシウム含有量、NDF 含有率はいずれも熟度と硬化度に関係する指標である。本研究では、試験期間を通じて石灰窒素を施用した試験区と慣行区との間に出開き度(表 3)とカルシウム含有量(表 6)の有意差は認められず、NDF 含有率についても 4 月 30 日における夏秋施用区を除き、いずれの時期においても慣行区との有意差は認められなかった(表 5)。また、荒茶の官能審査結果において、一番茶では茶の硬化に伴う欠点も認められなかった(表 7)。このため、本研究で実施した石灰窒素を活用した施肥体系では、石灰窒素の施用によって慣行施肥に比べて熟度および硬化が進行し、これによって一番茶の品質が低下することはなかったと考えられる。なお、二番茶については硬化に伴う欠点であるこわ葉臭やこわ葉味がいずれの試験区でも認められた。慣行区においても硬化に伴う欠点が確認されていることから、二番茶において石灰窒素を施用した試験区において認められた硬化に伴う欠点は、石灰窒素施用の影響ではないと考えられる。

肥料成分のうち、カルシウムが過剰に存在すると、マグネシウム、カリウム、アンモニア態窒素の吸収が阻害されることが知られている^{12,17}。本研究において、春施用区、秋施用区、春秋施用区は、慣行区に比べ 1.8~1.9 倍のカルシウムが施用されているが、これらの試験区における窒素、カリウム、マグネシウムの含有率は慣行区と有意差がない(表 4、表 6)。マグネシウムはカルシウムに対して拮抗作用を示すが、窒素には拮抗作用がないと考えられている¹⁷。また、茶においては、マグネシウムが窒素吸収を促進している可能性も示唆されている³。本研究では石灰窒素とともに軽焼マグを施用したため、マグネシウムのカルシウムに対する拮抗作用により、カルシウムが過剰な条件下でもカルシウムの過剰吸収が抑制されて茶葉中のカルシウム含有量が慣行区と同等であった可能性が考えられる。ただし、本研究の結果だけでは、肥料成分間の吸収の拮抗や促進について判断が困難であることから、今後、土壤中の無機元素の分析と合わせた検証が必要である。

J-クレジットの取組の推進を図るうえで、方法論として認定されている技術の実用性を検証することは重要である。本研究では、J-クレジットの方法論 AG-003 に定められた茶における石灰窒素の利用を推進するために、3 段階の石灰窒素の代替率(30%, 37%, 58%)の施肥体系について検証した。AG-003 では、石灰窒素の代替率 24%以上の場合に J-クレジットの取引が可能となるため⁸、本研究で検証した石灰窒素を活用した施肥体系は、いずれも AG-003 の取組に適合したものである。石灰窒素の代替率が 30%から 58%の範囲では、苦土肥料とともに施用する施肥体系において、茶の品質および収量の低下は認められなかった。このため、本研究の結果は、生産現場における石灰窒素利用に対する不安を払しょくし、J-クレジットの取組の推進に資するものであると結論づけられる。

V 摘 要

石灰窒素の施用が茶の収量および品質に及ぼす影響を明らかにするために、石灰窒素を活用した施肥体系における茶の収量、全窒素含有率、NDF 含有率、カルシウム含有量および荒茶品質を調査した。その結果、以下のとおりの知見が得られた。

石灰窒素を活用したいずれの施肥体系においても、一番茶および二番茶の収量は慣行施肥体系と同等もしくは増加した。

石灰窒素を活用したいずれの施肥体系においても、茶葉中の全窒素含有率およびカルシウム含有量は、慣行施肥体系との間に有意差はなかった。

茶葉中の中性デタージェント繊維(NDF)含有率は、夏肥 II と秋肥に石灰窒素を施用した試験区において慣行区より低かったが、それ以外の試験区では慣行区と有意差は認められなかった。

石灰窒素を施用した各試験区の一歩茶荒茶の官能審査結果において、茶の硬化による欠点は認められなかった。

以上のことから、本試験で実施した石灰窒素を活用した施肥体系では、慣行施肥体系と同等の収量と品質を維持でき、J-クレジットの取組推進に資すると考えられた。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、多くのご支援と御協力を頂いた茶業研究センター業務班の松本将吾氏、鈴木裕子氏、吉田功氏、村松幸治氏、中村康夫氏に深く感謝申し上げます。

引 用 文 献

- 1) 後藤正(1992) : 近赤外法による茶生葉及び荒茶の成分分析と品質評価に関する研究, 茶研報, Vol.76, 51-61
- 2) 後藤哲久(1994) : 化学成分から見た市販緑茶の品質, 茶研報, Vol.80, 23-28
- 3) He, D., Chen, X., Zhang, Y., Huang, Z., Yin, J., Weng, X., Yang, W., Wu, H., Zhang, F. and Wu, L.(2023) : Magnesium is a nutritional tool for the yield and quality of oolong tea (*Camellia sinensis* L.) and reduces reactive nitrogen loss, *Sci. Hort.*, Vol. 308, 111590.
- 4) Hirono, Y. and Nonaka, K. (2014) : Effects of application of lime nitrogen and dicyandiamide on nitrous oxide emissions from green tea fields, *Soil Sci. Plant Nutr.* 60, 276-285
- 5) 小西茂毅(1970) : 茶樹に存在する二つのアミドの生理化学, 茶研報 Appendix2 号, 22-32
- 6) J-クレジット制度事務局(2022) : 全国のカーボン・オフセット事例紹介, <https://www.hkd.meti.go.jp/hokni/20220209/data02.pdf>(2025 年 1 月 17 日参照)
- 7) 此本晴夫(1980) : チャの新芽の熟度判定法, 茶研報, Vol.52, 11-18
- 8) 経済産業省(2024) : J-クレジット方法論 AG-003(ver.3), [https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-003\(ver.3\)](https://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-003(ver.3))

- 003_v3.1.pdf(2025年1月17日参照)
- 9) 梶田武俊(1963) : 茶の品質と無機成分の関係について, 日食工会誌, Vol.10, 311-315
 - 10) 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, Vol.100, 80-82
 - 11) 宮田裕次・寺井清宗(2004) : 石灰窒素の施用が原葉形質及び荒茶中の NDF 含有率に及ぼす影響, 茶研報, Vol.97, 27-30
 - 12) 森田明雄(2008) : 養分吸収特性と栄養整理, 農山漁村文化協会編, 茶大百科Ⅱ, 農山漁村文化協会, 埼玉, 67
 - 13) 中川致之・天野いね(1974) : 窒素分析による煎茶の品質評価, 日食工会誌, Vol.21, 57-63
 - 14) 農林水産省(2022) : みどりの食料システム法について, <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/houritsu.html#houritsu>(2025年1月17日参照)
 - 15) 農林水産省(2024) : 農林水産分野におけるカーボン・クレジットの拡大に向けて, 令和6年11月, <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/jcredit/ckakudai.pdf>(2025年1月17日参照)
 - 16) 野中邦彦(2005) : 石灰窒素利用による茶園の窒素施肥量の削減, 茶研報, Vol.100, 78-79
 - 17) 静岡県経済産業部(2015) : 茶生産指導指針, 90
 - 18) 静岡県経済産業部(2022) : 静岡県持続的食料システム実施計画, 11
 - 19) 静岡県経済産業部農業局お茶振興課(2022) : 静岡県茶業振興計画(2022~2025年), 2,4,9-8,16
 - 20) 静岡県経済産業部農業局お茶振興課(2023) : 静岡県茶業の現状, 令和6年3月
 - 21) 徳田進一(2005) : 茶園からの亜酸化窒素発生量削減技術, 茶研報, Vol.100, 45-48
 - 22) 渡部尚久(1991) : 茶園への硝化抑制剤とカルシウム資材の施用がチャの生育と新芽のアミノ酸含有率に及ぼす影響, 土肥誌, 62, 493-499.
 - 23) 渡部尚久(1993) : 茶園に施用するカルシウム資材の違いが土壌およびチャによる窒素吸収に及ぼす影響, 土肥誌, 64, 134-140.
 - 24) Yamashita, H., Fukuda, Y., Yonezawa, S., Morita, A. and Ikka, T.(2020) : Tissue Ionome Response to Rhizosphere pH and Aluminum in Tea Plants (*Camellia sinensis* L.), A Species Adapted to Acidic Soils, Plant-Environment Interactions, Vol.5, 152-164
 - 25) 野菜・茶業試験場茶業成果発表会栽培部会(1997) : 茶業関係試験研究用語集用語集(栽培分野編), 茶研報, Vol.65, 27-70.