

茶の生産性の向上と環境への配慮を両立する 整せん枝残さ土壌還元技術マニュアル



目次

はじめに	1
なぜ、茶園のうね間に整せん枝残さが堆積するようになったの？	2
なぜ、うね間に整せん枝残さが堆積するといけないの？	2
整せん枝残さからの N ₂ O 発生メカニズムと削減のねらい	3
堆積した整せん枝残さはどのようにして土壌と混和するの？	4
石灰窒素による整せん枝残さの分解促進と N ₂ O 発生量低減	5
樹冠下施肥による窒素利用率の向上と N ₂ O 発生量低減効果	6
温室効果ガス (CO ₂ +N ₂ O) の発生を抑える茶園土壌管理の体系	7
石灰窒素の施用による N ₂ O 発生量の削減効果	9
土壌って、CO ₂ を吸収するの？	9
用語集・関連 Web サイト・関連文献	10

はじめに

この技術マニュアルは、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の「茶園における一酸化二窒素発生と炭素貯留を考慮した整せん枝残さ土壤還元技術の開発（課題番号：24009）」の研究成果に基づいて、茶の生産性の向上と環境への配慮を両立する有効な整せん枝残さ土壤還元技術の方法や効果等についてまとめたものです。

近年、茶の栽培においては樹高を乗用型管理機による作業が可能な高さに抑えること、中切り翌年の減収を回避すること、あるいは病虫害防除回数の削減を目的として、二番茶後にせん枝を毎年行う茶園が増加しています。また、うね間に刈り落とされた枝葉（以後、整せん枝残さと表記）を土壤と混和する作業が行われない茶園が増えており、結果として、整せん枝残さが土壤表面に堆積している茶園が増加しています。このうね間に堆積した整せん枝残さの上に肥料として窒素が施用されると、農耕地土壤から発生する主要な温室効果ガスの一つであり、オゾン層破壊物質でもある一酸化二窒素（ N_2O ）が多量に発生することが報告されています。また、うね間に堆積した整せん枝残さは、施肥窒素の根域への移行を遅らせて適期施肥を困難にするとともに、施肥窒素の利用効率を低下させていることも報告されています。

見方を変えて炭素の動きに着目してみると、茶樹を含む植物は、光合成によって大気中の二酸化炭素（ CO_2 ）を同化しており、この同化された炭素を土壤中で貯留していくことは、大気中の CO_2 濃度の上昇抑制に寄与できると考えられます。そのため、土壤の上に刈り落とされた整せん枝残さの分解を促進するということは、同化された炭素を再び CO_2 にして大気中へ放出する量を増やすこととなりますが、整せん枝残さの分解を促進した場合に増加する CO_2 発生量は、それにより削減できる N_2O 発生量と比べて非常に小さいことが、私たちの調査において確認されています。

この技術マニュアルに示すような適切な土壤管理を行い、茶園土壤における物質循環を健全にすることにより、茶樹による施肥成分の利用率が向上できるとともに、茶園の外への環境負荷物質の放出量を削減することができます。

なぜ、茶園のうね間に整せん枝残さが堆積するようになったの？

茶栽培では、乗用型管理機の普及に伴い樹高を機械作業が可能な高さに抑えることや、中切り翌年の減収を回避すること、あるいは病虫害防除回数を削減することを目的に、毎年二番茶後に浅刈りを行う茶園が増加しています。

一方で、温暖化による夏期の干ばつが頻繁に起こるようになり、土壌改善を目的に行ってきた深耕作業が実施されなくなりました。

このことから、うね間に刈り落とされた枝葉は、土壌と混和される機会がなくなり、分解が進まないことで整せん枝残さとして毎年うね間に堆積するようになりました¹⁾。



二番茶後に毎年行われる浅刈り



うね間に堆積した整せん枝残さ

なぜ、うね間に整せん枝残さが堆積するといけないの？

茶園のうね間に整せん枝残さが 10 cm 以上堆積すると、肥料散布後に耕うんを行っても残さの下にある土壌と混和できません。このため、肥料は整せん枝残さの中に留まった状態となり、うね間の土壌中に分布する根域への到達が遅れ、施肥窒素の利用効率は低下してしまいます²⁾。

さらに、整せん枝残さ内に肥料が留まった状態にあると、肥料が土壌と混和された状態に比べ多量の N_2O が発生することを確認しています³⁾。このように、うね間に整せん枝残さが堆積した状態が続くと、施肥窒素の利用効率低下とともに、茶園からの N_2O の多量発生につながります。

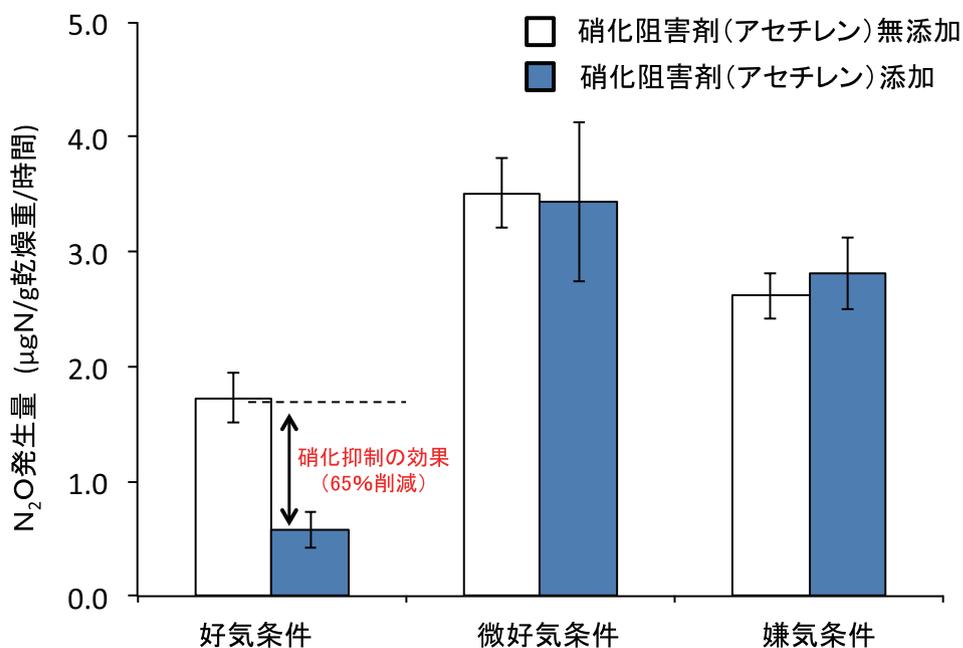


整せん枝残さからの N₂O 発生メカニズムと削減のねらい

整せん枝残さからの N₂O 発生には、残さに生息する微生物による硝化・脱窒作用が関与しています。硝化・脱窒作用はそれぞれ、酸素条件によって働く割合や強さが異なります。

密閉した容器に整せん枝残さを入れ、酸素環境を好気（大気と同程度の 20%）・微好気（5%）・嫌気（0%）条件にして N₂O 発生量を比較すると、微好気条件でもっとも多く、好気条件でもっとも少なくなりました。また、容器内にアセチレンを少量（10 Pa）添加して硝化作用を阻害すると、好気条件では N₂O 発生量の約 65% が抑制されました。このことは、好気条件では全体の N₂O 発生は少ないものの、硝化作用による発生が多いことを示しています。一方、微好気条件、および嫌気条件では硝化作用を阻害しても N₂O 発生は抑制されませんでした。このことは、微好気、嫌気条件で N₂O 発生量が多くなるのは脱窒作用によることを示しています。

よって、耕うんにより残さを好気条件にして脱窒作用を抑制すること、また好気条件で働く硝化作用を抑えることにより、N₂O 発生量を削減することができる可能性があります。



異なる酸素濃度条件下における整せん枝残さからの N₂O 発生メカニズム

堆積した整せん枝残さはどのようにして土壌と混和するの？

茶園のうね間に堆積した整せん枝残さは、クランクカルチ機や乗用型ロータリ機、深耕機により耕うんすると残さの下の土壌と混和できます。

茶園のうね間に堆積した残さが 10 cm 程度であれば、従来のクランクカルチ機で土壌と混和できますが、10 cm 以上堆積しているとつめ先が土壌まで到達しないため、つめの先を改良したクランクカルチ機や乗用型ロータリ機、深耕機で耕うんします。

①クランクカルチ機（つめ先改良）

一般的なクランクカルチ機をつめの先に、高さ 40 mm、幅 25 mm の鉄板を溶接することで、15 cm 程度の深さまでうね間を掘り起こすことができ、残さが 12 ~ 13 cm 程度堆積した茶園においても土壌との混和が可能です。軽量で小回りが利くことから、平坦地茶園だけでなく傾斜地茶園でも使用することができます。



②乗用型ロータリ機

乗用型管理機に装着でき、耕うん作業が軽労化され、作業効率が高まります。17 cm 程度の深さまでうね間を掘り起こすことができ、残さが 15 cm 程度堆積した茶園においても土壌との混和が可能です。乗用型管理機で作業できるように整備された平坦地茶園での作業に適しています。



③深耕機

25 cm 程度の深さまでうね間を掘り起こすことができ、残さが 20 cm 程度堆積した茶園においても土壌との混和が可能です。ただし、機械自体が重く、傾斜地茶園での作業が困難であることから平坦地茶園での使用に限られます。



各種土壌混和法における作業性能

土壌混和法	適用茶園	整せん枝残さ処理能力 (混和可能な整せん枝残さ堆積深:cm)	作業時間 (分/10a)	N ₂ O発生量 (既存カルチ比%)
クランクカルチ機 (つめ先改良)	平坦・傾斜	12~13	27.7(30.1)	60
乗用型ロータリ機	平坦	15	28.4(47.8)	45
深耕機	平坦	20	59.5(79.0)	61

注1) 作業時間は、平坦地・うね長28mの茶園での調査。()内は傾斜度7~10度・うね長21mの茶園での調査。

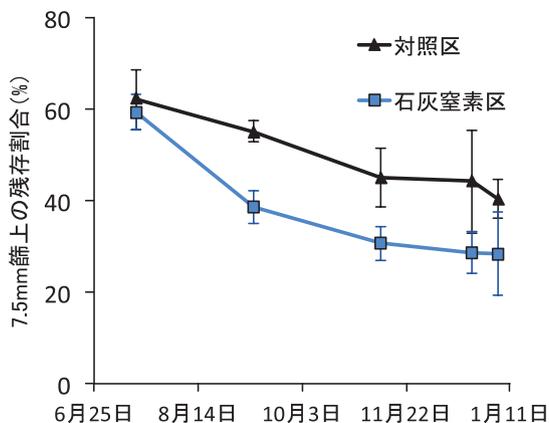
石灰窒素による整せん枝残さの分解促進と N₂O 発生量低減

うね間の整せん枝残さの速やかな分解と、N₂O の発生量を低減することが可能な施肥資材として、石灰窒素があります。

石灰窒素はカルシウムシアナミドを主成分とする窒素肥料です。カルシウムシアナミドの石灰分は土壌 pH の酸度矯正を行い、窒素分は整せん枝等の炭素率(C/N比)を調整し、土壌微生物による有機物の分解作用を促進する効果があります。また、ジシアンジアミドには、施肥されたアンモニア態窒素が硝酸態窒素に変化する硝化過程で発生する N₂O を低減する効果があります。これらを合わせた作用により、うね間に堆積した整せん枝残さから発生する N₂O を低減します。

【深刈り更新茶園における石灰窒素の施用効果】

二番茶深刈り更新後に、石灰窒素を 10a 当たり 50 kg (窒素投入量 10 kgN/10a 相当) をうね間に施用して耕うんした結果、石灰窒素処理区は、対照区 (有機配合肥料施用) に対して、整せん枝残さの分解促進効果が認められ、N₂O の発生量も対照区に比べて約 3 割の低減が図られました。また、翌年の石灰窒素施用区における茶の生葉収量と荒茶品質は、対照区と同程度で、石灰窒素による影響はみられませんでした。



整せん枝の分解程度の推移

石灰窒素使用上の留意点として、石灰窒素は石灰成分が多いため、土壌 pH や石灰含量が土壌診断基準値以上の茶園では、施用を控える必要があります。

調査期間における一酸化二窒素の発生量 (mgN/m²)

試験区名	N ₂ O発生量	対照区比(%)	削減率(%)
対照区	1456	100	-
石灰窒素区	956	65	35

注1) 調査期間: 2013年6月~12月

注2) 削減率: 100-対照区比(%)

樹冠下施肥による窒素利用率の向上と N₂O 発生量低減効果

茶園では、幅が約 20~30 cm のうね間に施肥が行われます。しかし、うね間の面積は茶園全体の面積のおよそ 6 分の 1 から 5 分の 1 に過ぎません。茶園ではうね間だけでなく樹冠面の下にも水や肥料成分を吸収する根が多く存在しています。この樹冠下の吸収根も利用することにより、茶樹による施肥窒素利用率を向上できることが報告されています。このように施肥窒素利用率を向上させることで、ある程度施肥量を削減しても慣行施肥と同等の収量・品質が維持でき、施肥コストの低減につながります。

樹冠下施肥が茶園土壌からの N₂O 発生量に及ぼす影響を調査したところ、窒素施肥量を変えることなく、化成肥料の施肥方法を樹冠下施肥に変えることにより、うね間土壌からの N₂O 発生量が大きく削減されることが確認できました。一方、樹冠下土壌からの N₂O 発生量はほとんど変化しなかったため、茶園全体からの発生量では、最大で約 50% の削減効果が認められました。すでに述べたように、施肥位置を樹冠下まで拡大することにより、施肥窒素の利用効率が高まるため、施肥量の削減が可能な茶園もあります。施肥位置の拡大と施肥量の削減を組み合わせると、N₂O 発生量はさらに大きく削減できることが期待されます。

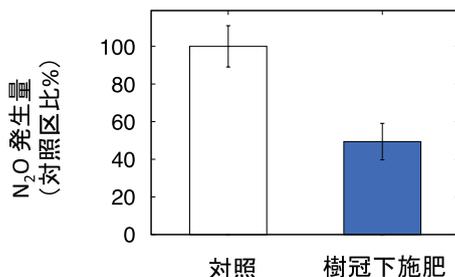
以上のように、樹冠下施肥は施肥窒素利用率の向上と環境負荷の低減をともに実現できる有望な施肥技術です。



樹冠下施肥機



肥料散布の様子



樹冠下施肥による N₂O 発生量低減効果

温室効果ガス（CO₂+ N₂O）の発生を抑える茶園土壌管理の体系

温室効果ガスである N₂O の発生量を抑えるには、うね間への整せん枝残さの堆積を無くすことが有効です。一方で、温室効果ガスである CO₂ は、整せん枝残さをうね間に貯留しておくことで発生量を抑制することができます。これまでの研究で、整せん枝残さの処理に伴う CO₂ 発生量の増加は、N₂O 発生量の抑制効果に比べると非常に小さいことを確認しています。

茶園において、肥料成分の利用効率を高め、土壌からの温室効果ガスの発生を抑えるには、うね間に堆積した整せん枝残さを 8 月下旬から 9 月上旬に茶園土壌と混和し分解を進めること (p. 4) や、硝化抑制効果が確認されている石灰窒素を施用すること (p. 5)、うね間に限られていた施肥位置を樹冠下にまで広げること (p. 6) などが有効です。

これらの技術を茶園管理の中で体系化することで、施肥窒素量の削減だけでなく、茶園からの N₂O の多量発生も抑えることができます。



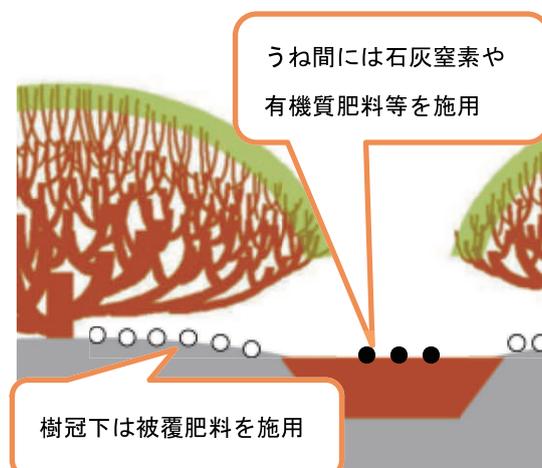
うね間に整せん枝残さが 10 cm 以上堆積



堆積した整せん枝残さは、8 月下旬から 9 月上旬に土壌と混和します



樹冠下は浅い位置から根が張っているため、施肥効果は高まります



茶園土壌管理の作業で、整せん枝残さを土壌と混和する作業は毎年行う必要はありません。5年に一度の間隔で行うか、もしくは整せん枝残さが10cm以上堆積したら行うようにしてください。

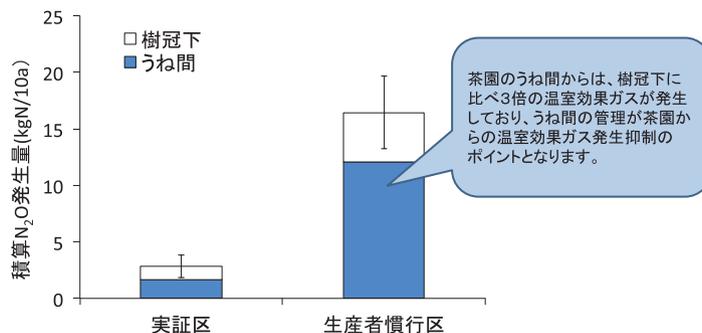
樹冠下への施肥は、被覆肥料を施用すると化学肥料に比べ樹冠下からのN₂Oの発生は少なく抑えられます。施用方法は、背負い式の肥料散布機で樹冠上から施肥を行うか、自走式の肥料散布機の場合は、両側の散布量調整シャッターを開けると樹冠下まで肥料が散布できます。また、乗用型管理機に装着できる樹冠下施肥ユニットが開発(p. 6)され、作業の効率化が図れるようになりました。

整せん枝残さの土壌還元と石灰窒素の施用、被覆肥料の樹冠下施肥を組み合わせ、生産者茶園において実証試験を行いました。その結果、施肥コストを30%以上削減しても一番茶、二番茶の収量、品質は生産者の慣行栽培と同等で、温室効果ガスの発生量は50%以上削減できることを確認しています。

施肥効率を向上させ、温室効果ガスの発生を抑制する施肥体系および土壌混和法

試験区	土壌混和法	施肥位置	施肥時期						計(/10a)	10a当たりの肥料費(肥料費削減率)	
			8月下旬	10月上旬	3月上旬	3月中旬	4月上旬	6月上旬			
温室効果ガス抑制実証区	深耕機等	樹冠下	肥料名 被覆肥料 70日タイプ				被覆肥料 40日タイプ			窒素 40kg	41,669円 (43%)
		施肥N(kg/10a)	5				10				
生産者慣行区(対照)	生産者使用のクランクカルチ機	うね間	肥料名 菜種油粕 魚粕 石灰窒素	菜種油粕	魚粕	石灰窒素	有機配合	低度化成		窒素 70kg	73,546円
		施肥N(kg/10a)	2+2+5				10	6			
生産者慣行区(対照)	生産者使用のクランクカルチ機	うね間	肥料名	菜種油粕	魚粕	石灰窒素	有機配合	低度化成	硫安	窒素 70kg	73,546円
			施肥N(kg/10a)	10	12	12	12	12	12		

- 1) 有機配合→被覆尿素70:油粕:硫安:硫酸カリ=14:5:8.4:5の窒素成分比で配合されたもの(硫酸カリについてはカリ成分比)
被覆肥料:被覆尿素40日タイプ、被覆燐硝酸カリ70日タイプ、低度化成:N:P₂O₅:K₂O=12:2:4(硝化抑制剤入り)
2) 年間のリン酸、カリ施用量は、実証試験、農家慣行ともに、18kg、20kg/10aとなるように調整
3) 生産者慣行区は、8月上旬に苦土石灰(120kg/10a)により酸度矯正を実施



実証茶園からの積算 N₂O 発生量 (2013年9月~2014年10月)

実証茶園における茶の収量および品質

	一番茶				二番茶			
	収量 (kg/10a)	全窒素 (%)	遊離アミノ酸 (%)	価格 (円)	収量 (kg/10a)	全窒素 (%)	遊離アミノ酸 (%)	価格 (円)
実証茶園	395	5.6	3.1	4300	469	4.6	1.6	820
生産者慣行	381	5.4	3.1	4300	472	4.6	1.6	900

石灰窒素の施用による N₂O 発生量の削減効果

硝化抑制効果を持つ石灰窒素の茶園への施用による、N₂O 発生量抑制効果については、複数の研究事例があります。野菜茶業研究所における調査結果では、茶園において年間窒素施用量の 24~40%を石灰窒素で代替して施用することで、茶園のうね間土壌からの N₂O 発生量が、平均で約 50%削減できることが確認されています。これらの研究結果に基づいて、石灰窒素の茶園土壌への施用が、排出権取引の枠組みの中で運用されている J-クレジット制度の方法論に採用されています。この制度は、茶の栽培において、茶園に石灰窒素を含む複合肥料を、それまで使用していた肥料に替えて施用する（ただし、年間窒素施用量の 24%以上を石灰窒素で代替しなければなりません）ことで、土壌からの N₂O 発生量を抑制する活動を認証する制度です。その代替することによって生じた追加の費用の一部を、石灰窒素の施用により削減した温室効果ガス排出量クレジットの売却益で賄うことができるというものです。

参考：http://japancredit.go.jp/pdf/methodology/AG-003_v2.pdf

土壌って、CO₂を吸収するの？

土は植物を支えること、水分や肥料を保持・供給することがとても重要な役目ではありますが、実はもう一つの役目があります。それは、大気中の二酸化炭素を間接的に吸収し、貯留することです。

例えばお茶を栽培する際に、化学肥料以外に堆肥や有機質肥料等といった炭素が多く含まれる有機物を連用することが一般的です。また、永年性植物である茶樹は毎年の整せん枝作業を行ったり、成木になれば定期的に更新作業を実施したりするため、通常の畑作より土に施される有機物の量が多いと考えられます。これらの有機物が茶園土壌の深耕作業等によって土と混和されると、その一部が土壌微生物によって分解されます。しかし、一部の難分解性有機物は長期に渡って土壌中に残され、その中に含まれる炭素もそのまま蓄積されて間接的に大気中の二酸化炭素を吸収すると考えられます。本プロジェクトで栽培年数の異なる茶園土壌の炭素の貯留量を調査しました。その結果は右図に示したように、幼木期には土壌炭素変化量の増加が見られなかったものの、成木期に入ると土壌炭素変化量の増加が認められました。なお、土壌炭素変化量とは、定植前に土壌中に含まれた炭素量を差し引いた純増減量です。

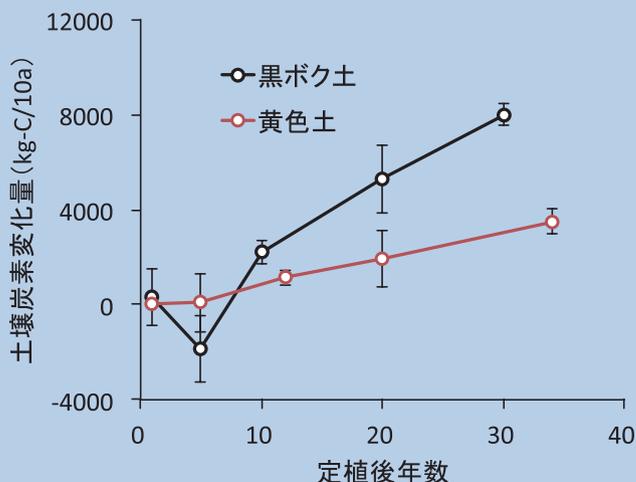


図 栽培による土壌炭素の変化量

用語集

C/N比（炭素率）：

有機物などに含まれている炭素（C）量と窒素（N）量の比率。

一酸化二窒素（ N_2O ）：

農業では施用された窒素成分の硝化および脱窒の両過程で生成され、農耕地から発生する温室効果ガスとしてメタンとともに問題視されている。

温室効果ガス：

温室効果を有する大気中のガスで、水蒸気や二酸化炭素のほか、メタン、一酸化二窒素、オゾンなどがある。これらのガスの温室効果に及ぼす影響を地球温暖化係数で評価すると、例えば二酸化炭素：メタン：一酸化二窒素=1：21：310（IPCC、1996）となる。

整せん枝残さ：

整せん枝により、うね間に刈り落とされた枝葉。

炭素貯留：

大気中の CO_2 を由来にする有機物の農地への投入に伴い、土壤に炭素が蓄積（貯留）されること。

硝化・脱窒作用：

施肥や有機物施用等に由来する土壤中のアンモニア態窒素が酸化され、硝酸態窒素を生じる作用を硝化作用、土壤中や水中において、 NO_3^- などの窒素酸化物が微生物によって N_2 、 N_2O などのガスに変換され大気中に出ていく過程を脱窒という。

J-クレジット（排出権取引）制度：

温室効果ガスの排出削減量・吸収量を認証する制度で、国により運営されている。創出されたクレジットは、低炭素社会実行計画の目標達成やカーボン・オフセットなど、様々な用途に活用できる。

関連 Web サイト

J-クレジット <http://japancredit.go.jp/index.html>

関連文献

- 1) 志和将一、西野英治、和田義彦、仲上和博、今村嘉博(2009)
「茶園うね間における整せん枝残さ堆積の実態とそれが土壤における動態に及ぼす影響」、茶業研究報告、108、29-38
- 2) 近藤知義、村井公亮、志和将一(2013)
「茶園うね間の整せん枝残さの堆積による施肥効率の低下」、茶業研究報告、115、27-31
- 3) 志和将一、西野英治、今村嘉博(2012)
「茶園うね間の整せん枝残さ堆積による亜酸化窒素の発生」、日本土壤肥料学雑誌、83、396-404

本マニュアルに対するお問い合わせは下記の機関まで

実行技術 24009 コンソーシアム

代表機関 野菜茶業研究所金谷茶業研究拠点 (TEL 0547-45-4101)

参画機関 静岡大学農学部

滋賀県農業技術振興センター茶業指導所

滋賀県甲賀農業農村振興事務所農産普及課

鹿児島県農業開発総合センター

株式会社伊藤園農業技術部

株式会社寺田製作所

平成27年2月発行

農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業

茶の生産性の向上と環境への配慮を両立する整せん枝残さ土壤還元技術マニュアル

発行



農研機構

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所

〒514-2392 三重県津市安濃町草生 360

TEL 059-268-1331

本マニュアルの記載内容を転載・複製する場合は、野菜茶業研究所の許可を得てください。

※農研機構は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。