

熱処理した作物残留物の施用が作物成育と土壤特性に及ぼす影響

坂井直樹^{1*}・酒井浩晃²・林 久喜¹

¹ 筑波大学農林学系, 305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

² 長野県松本農業改良普及センター, 390-0852 長野県松本市大字島立1020

要 旨

土壤への有機物施用にともなう二酸化炭素発生量削減と未利用エネルギー回収を目指して、麦稈の熱分解程度と施肥の有無を要因とする圃場実験を行い、ソバの成育や土壤特性に及ぼす影響を調べた。土壤呼吸やC/N含有率を測定し、圃場における炭素収支を検討した。麦稈のC/N比は、風乾処理=115に対して、炭化処理=130、灰化処理=54となった。麦稈処理によるソバ収量への影響は認められなかった。収穫時の土壤硬度と三相分布では、麦稈と施肥処理による有意差が表層ではみられたが、深さ5 cmになると消失した。収穫時の土壤pHでは、有意差は麦稈処理にはなく、施肥処理のみに認められた。栽培期間中の土壤炭素変化率としては、炭化処理区が最大で、無投入区が最小であった。熱処理で分画されたすべての炭素を有効利用できると仮定すると、炭化処理=169Ckg/10a、灰化処理=2010Ckg/10aの炭素が利用可能と試算された。

キーワード：地球温暖化、二酸化炭素、作物残留物、熱処理、ソバ、炭素収支、土壤呼吸量、土壤特性の変化

緒 言

大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度は約0.5%/年で増加し、地球温暖化に関係している。気候変動枠組条約京都会議(1997年)での合意を受けて、各国とも二酸化炭素の発生量削減や固定量増加に取り組むことが緊急の課題となっている。

二酸化炭素の固定は基本的に緑色植物の活動に依存するので、森林に象徴される生物活動に対する期待は大きい。一方、最近では作物生産の場である農耕地を炭素固定源に活用しようという新たな動きがある(Batjes 1996, Curtinら2000, Uri 2001など)。農耕地が潜在的にもつ炭素固定能力は莫大と考えられるが、とくに地球温暖化防止を意識して、このようなねらいで積極的に活用しようという具体的な試みは十分なされていない。

一方、環境との調和を目指した持続的生産が近年強く指向されており、圃場への有機物施用に対する関心は以前に比べて高い。そこで、文献データベース(Current Contents)を用いてさまざまに当該分野の研究状況を検索してみたが、大量の有機物を効率よく土壤中に施用する

* Corresponding Author: nsakai@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

という技術開発に焦点を当てた研究は、まだ十分に報告されていない。

以上の背景のもと、本研究ではつぎの提案を行うことにした。すなわち、作物残留物をそのまま土壌中に施用するのではなく、まず熱処理でチャー（char）と呼ばれる炭素と灰の混合物、それにガス分に分画する。そして、ガス分を未利用エネルギーとして回収するとともに、チャーを圃場に施用する。この過程では、 H_2 ・ CO ・ CH_4 などの可燃性ガスが発生するが（農林水産技術会議事務局 1986）、これらのガスを有効利用することができれば、化石燃料の削減を通して二酸化炭素削減につながるはずである。また、木炭のような多孔質物質は、VA 菌根菌や根粒菌などの有用微生物の棲み家を提供するといわれ（今野ら1993）、チャーの施用による土壌特性の改善も期待できる。

本研究では、作物残留物として麦稈を、作物として肥料反応性が高く貧栄養条件でも比較的よく成育するソバを供試することにした。実験では、麦稈の熱分解程度（麦稈処理）と施肥の有無（施肥処理）を要因とし、提案する有機物施用法が作物の成育や収量、土壌特性の変化、土壌呼吸量（二酸化炭素発生速度）などに及ぼす影響を明らかにしようとした。

実験材料および方法

本学農林技術センター内の圃場で1998年に実験を実施した。供試圃場は、1996～1997年の2年間にトウモロコシを均一栽培した後、実験に供した。1998年初夏に収穫したコムギ麦稈を近隣農家から入手した。約5 cmに細断した麦稈に対して、a) 酸素供給を制限した熱風乾燥器内で $180^{\circ}C$ ×12時間加熱（以下、炭化処理と略称）、b) 屋外の十分な酸素条件下で燃焼（以下、灰化処理と略称）、c) 細断しただけ（対照区、以下、風乾処理と略称）という3処理を施した。

普通ソバ（*Fagopyrum esculentum* Moench, 品種信濃1号）を供試し、麦稈処理（4水準）と施肥処理（2水準）からなる2要因実験とした。a) 炭化、b) 灰化、c) 風乾の各処理麦稈を熱処理前の状態で0.5t/10aの割合で施用する区に、麦稈無施用区を加えた合計4区を2反復で設けた。

施肥処理では、化成肥料を成分量（kg/10a）で $N=2.5$ 、 $P_2O_5=10$ 、 $K_2O=10$ をそれぞれ施用する区と、各成分とも無施用の区を設けた。1区の大きさを7 m × 7 mとして、8月11日に麦稈施用と施肥を行い、ただちにロータリで攪拌した。8月18日に、各区（通路を除いた5 m × 5.1 m、以下、播種区画と略称）にソバ種子とダイアジノン粒剤（成分5.0%含有）をともに5 kg/10aずつ畦幅30cmのドリルシーダで播種した。

成育調査は播種後14と27日目に行い、草丈と最上位展開葉中央部のSPAD値を測定した。収穫は10月28日（播種後71日目）に3 m × 1.2 mの区画を播種区画内に3ヶ所ずつ設け、地際部分を手刈りした後、立毛数・茎葉乾物重・子実重・千粒重などを調べた。

11月4日に播種区画内の3ヶ所から深さ5～10cmの土壌を100mlずつ採取し、三相分布を測器（大起理科工業、DIK-1120）で測定した。同時に、播種区画内3ヶ所の地表面と深さ5 cmにおける土壌硬度を山中式硬度計で測定した。

炭化・灰化・風乾の各処理麦稈を、粉砕機（4 mmのふるい付き）で粗粉砕した後、遠心粉砕機（0.25mmのふるい付き）で微粉砕した。a) 開始時（麦稈と肥料の施用前）、b) 成育時、c) 収穫時（収穫後）に採取した土壌を常法により調製後、CNコーダー（住化分析センター

NC-800) で炭素 (C) と窒素 (N) 含有率を測定した。土壌 pH は、土壌 20g に蒸留水 50ml を加えて攪拌し、1 時間放置後に再度攪拌してガラス電極 pH 計 (東亜電波工業 HM-5S) で測定した。各区とも播種区画の端から水平 50cm で深さ 10cm の位置に温度センサーを埋設して、8 月 11 日～11 月 14 日の間 (以下、栽培期間と略称) の地温を 10 分間隔で測定した。

11 月 14 日 (晴天) に播種区画内の 3 ケ所で円筒チャンバー (直径 15.4cm × 高さ 19.4cm) を深さ 3 cm まで土壌中に挿入し、1 日 4 回 (8・12・16・20 時)、円筒チャンバー内のガス 10ml をシリンジで採取した。採取ガスの二酸化炭素濃度を赤外線ガス分析計 (富士電機 ZEP5Y-A31) で測定後、計算式 (土壌環境分析法編集委員会 1997) により土壌呼吸量を求めた。

栽培期間中の炭素収支では、土壌への流入分 (供給側) として麦稈と殺虫剤を、土壌からの流出分 (消費側) として土壌呼吸を対象とした。流入分は、資材の施用量と炭素含有率から求めた。流入分では、資材が完全に分解したときに供給される量と定義した。

一般に土壌呼吸量は季節で変化するが、本研究ではソバ収穫後の特定の 1 日 (晴天) を選んで日変化量を測定した。そして、地温を変数とする次式 (Nakadai ら 1996) に測定値を代入して、計算式との適合性を確かめた。

$$SRd = 1.01 \exp (0.0946 \text{ TSd})$$

SRd: 二酸化炭素発生量 (CO₂g/m²/day)

TSd: 深さ 5 cm の日平均土壌温度 (°C)

仮に両者が許容できる一致を示したら、上式により栽培期間中の任意の時点における土壌呼吸を推定しようとした。なお、上式はつくば学園都市内の測定データをもとに作成されたものである。

ソバが固定した炭素量は、乾物量 (地上部・地下部) と炭素含有率から求めた。圃場における炭素収支の検討では、ロータリの作用深度 0.11m を考慮して、対象土壌空間を設定した。データは、Windows 版 SAS Rel.6.12 を用いて統計解析した。

実験結果および考察

1. 熱処理による麦稈成分の変化

熱処理による麦稈成分の変化を表 1 に示す。麦稈は、対照の風乾処理に比べて、炭化処理 = 16.5%、灰化処理 = 92.3% の質量減少となった。C/N 比は、風乾処理 = 115 に対して、炭化処

表 1 熱処理による麦稈成分の変化

処 理	質量変化率 (%)	炭素含有率 (%)	窒素含有率 (%)	C/N 比
炭化処理	16.5	46.15a	0.355b	130a
灰化処理	-92.3	3.47c	0.064c	54c
風乾処理	0	44.80b	0.389a	115b
熱 処 理		***	***	***

注 1) 質量変化率は 10 反復、炭素含有率と窒素含有率は 3 反復の結果。

注 2) 同一文字を付した平均値間には、Tukey のスチューデント化した範囲検定において 5 % 水準で有意差がないことを示す (以下の表も同じ)。

注 3) *** は分散分析の結果 0.1 % 水準で有意差があることを示す (以下の表も同じ)。

理=130, 炭化処理=54となった。麦稈には、セルロース=約50%, ヘミセルロース=約29%, リグニン=約8%が含まれるが(Curtinら1998), 各成分の熱分解温度は、ヘミセルロース=180~300℃, セルロース=240~400℃, リグニン=280~550℃といわれる(城代ら1993)。

以上から、炭化処理における質量減少は水分蒸発とヘミセルロース分解によるもので、炭化処理では大部分の含有成分が熱分解したと考えられた。炭化処理の質量減少16.5%に含まれる可燃分はエネルギーとして利用可能であり、熱分解をさらに進めることで、炭化処理の減少92.3%に含まれる可燃分相当まで利用できる計算になる。なお、炭化処理で炭素含有率が増加した傾向は籾殻における結果(柳田ら1995, 1997)と類似であったが、窒素含有率が減少しC/N比が増加した傾向は籾殻の場合とは異なっていた。

2. ソバの成育と収量

ソバの成育相に処理区間差は認められなかった。各処理区ともに出芽状況は良好であったが、天候の影響で全体にやや徒長気味となった。出芽に4日を要し、播種後23日目に開花が始まった。29日目に台風が襲来し全処理区でソバが倒伏した。倒伏比率は約90%であったが、倒伏程度に処理区間差は認められなかった。その後、全処理区で背地性屈曲状態の成育を続け、播種後70日前後で成熟期を迎えた。

播種後14日目では麦稈処理による草丈への影響の違いは生じなかったが、27日目では炭化処理区が他区に比べて低い草丈となった。この原因の一つとして、炭化処理区では、増加したC/N比に起因する窒素欠乏状態が生じたと考えられた。一般にC/N比が30以上の植物体の分解では、作物に不利な窒素欠乏が生じやすいといわれる(松坂ら1994)。なお、SPAD値には麦稈処理の影響は認められなかった。

麦稈と施肥処理がソバ収量に及ぼす影響を表2に示す。収穫時の全重・リットル重・子実重・屑実重については、有意差はいずれの麦稈処理にもなく、施肥処理のみに認められた。既述したように、C/N比の大きい有機物施用は窒素欠乏をもたらし、花房数の減少から収量低下につながる場合がある。一方、籾殻では炭化程度の向上がC/N比の減少に影響する事例が報告されていることから(柳田ら1995, 1997)、本実験の場合も炭化程度の向上が窒素欠乏の回避策になる可能性が示唆された。

3. 土壌特性

(1) 土壌硬度と三相分布：麦稈と施肥処理が土壌硬度と三相分布に及ぼす影響を表3に示す。地表面における土壌硬度は、炭化処理区が風乾と炭化処理区に比べて大きかったが、施肥処理では有意差が認められなかった。風乾と炭化処理区では、表層土壌が膨軟化する傾向がみられたが、深さ5cmになると麦稈と施肥処理とも有意差は消失した。三相分布についても、一部を除いて有意差は認められなかった。

一般に、有機質肥料の施用による土壌の団粒化が進行する過程で、通気性や透水性、保水性が改善するといわれる(樋口1997)。しかし、圃場への麦稈施用は今回のみであり、土壌特性の違いとして明確な形で把握するのに十分な時間が経過していたとはいえない。むしろ、今回は対照の風乾と炭化処理区で遜色がみられなかったという程度に留めたい。適正な施用量の検討を含めて、継続実験の必要性を感じている。

(2) 土壌pH：麦稈と施肥処理が土壌pH、炭素と窒素の含有率に及ぼす影響を表4に示す。

表2 麦稈と施肥処理がソバ収量に及ぼす影響

処 理	全 重 g/m ²	茎 重 g/m ²	リットル重 g/l	子実重 g/m ²	屑実重 g/m ²	千粒重 g/1000	子実/茎重	本 数 本/m ²
炭化処理	251	115	630	91	2.2	30.5	0.82	159a
灰化処理	291	138	622	103	2.2	30.9	0.77	159a
風乾処理	249	117	622	88	2.0	31.2	0.72	142b
無投入区	284	126	618	107	2.4	31.2	0.87	151ab
施肥なし	201b	87b	630a	75b	1.7b	30.7	0.84	153
施肥あり	336a	160a	616b	120a	2.7a	31.2	0.75	152
麦稈処理	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	**
施肥処理	***	***	***	***	***	NS	NS	NS
交互作用	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**

注) 子実重と屑実重は水分15%における値。

表3 麦稈と施肥処理が土壌硬度と三相分布に及ぼす影響

処 理	硬度 (地表面) 10 ⁵ N/m ²	硬度 (5 cm 深) 10 ⁵ N/m ²	気相率 %	液相率 %	固相率 %
炭化処理	0.22b	0.45	35.8	40.5	23.8
灰化処理	0.78a	0.92	35.6	38.9	25.5
風乾処理	0.38b	0.78	36.5	38.0	25.5
無投入区	0.54ab	0.81	37.5	39.6	22.9
施肥なし	0.43	0.76	37.4	39.6	23.0b
施肥あり	0.53	0.71	35.3	38.9	25.9a
麦稈処理	**	NS	NS	NS	NS
施肥処理	NS	NS	NS	NS	*
交互作用	NS	NS	NS	NS	NS

注) 土壌硬度, 三相分布ともに6反復の結果。

麦稈処理については, 8月11日(以下, 開始時と略称), 9月21日(以下, 成育時と略称), 11月14日(以下, 収穫時と略称)のいずれにおいても有意差は認められなかった。一方施肥処理については, 開始時を除いて, 成育時と収穫時で有意差(施肥なし>施肥あり)が認められた。

(3) 土壌中の炭素と窒素の含有率: 表4に示した炭素と窒素含有率をみると, 開始時ですでに両含有率に処理に関する有意差(換言すれば, 処理区内でのバラツキ)が認められた。いずれの時点でも麦稈と施肥処理に有意差が認められたという傾向は, 一部に有意差なしがあるものの, 全体には収穫時までほぼ一貫してみられた。これらの点を踏まえ, 処理区間の比較は断念し, 以下では処理区ごとの経時の変化を中心に考察することにした。

炭素含有率については, 一部を除いて, 各麦稈処理区で類似の傾向(時間の経過にともなう炭素含有率の増加)がみられた。施肥処理については, 収穫時を除いて, 開始時と成育時では施肥なし>施肥ありが認められた。麦稈処理については, いずれの時期でも炭化処理区が最大で灰化処理区が最少, その差は開始時=0.45, 成育時=0.42, 収穫時=0.51であり, 時間の経過にともなうとくに差が拡大したり縮小することはなかった。

窒素含有率については, 各麦稈処理区とも時間の経過にともない含有率が一旦は微増するが, その後減少した。施肥処理では, 各時点で有意差が認められ, 各麦稈処理で開始時~成育時は微増し, その後減少した。麦稈処理では, 各時期で炭化処理が最大で灰化処理が最少, その差は開始時=0.027, 成育時=0.028, 収穫時=0.050であり, 収穫時に差は拡大した。施肥

表4 麦稈と施肥処理が土壌のpH、炭素含有率および窒素含有率に及ぼす影響

処 理	土壌 pH	炭素含有率 (%)	窒素含有率 (%)	C/N 比
8月11日 (開始時-麦稈および施肥処理前)				
炭化处理	5.54	4.51a	0.295a	15.3a
灰化处理	5.57	4.06c	0.268b	15.2a
風乾処理	5.57	4.38ab	0.289a	15.2ab
無投入区	5.53	4.25b	0.289a	14.7b
施肥なし	5.57	4.37a	0.289a	15.1
施肥あり	5.54	4.23b	0.281b	15.1
麦稈処理	NS	***	***	*
施肥処理	NS	**	***	NS
交互作用	NS	**	***	NS
9月21日 (生育時)				
炭化处理	5.60	4.59a	0.302a	15.2a
灰化处理	5.62	4.17c	0.274d	15.2a
風乾処理	5.58	4.47b	0.295b	15.1a
無投入区	5.60	4.22c	0.288c	14.7b
施肥なし	5.62a	4.43a	0.294a	15.1
施肥あり	5.58b	4.30b	0.286b	15.0
麦稈処理	NS	***	***	**
施肥処理	**	***	***	NS
交互作用	**	***	***	*
11月14日 (収穫時)				
炭化处理	5.68	4.77a	0.300a	15.9c
灰化处理	5.69	4.26b	0.250b	17.1a
風乾処理	5.65	4.55a	0.287a	15.9c
無投入区	5.67	4.29b	0.262b	16.4b
施肥なし	5.71a	4.45	0.266b	16.8a
施肥あり	5.64b	4.49	0.283a	15.9b
麦稈処理	NS	***	***	***
施肥処理	***	NS	**	***
交互作用	NS	**	*	*

注) 11月14日に測定, 土壌 pH, 炭素・窒素含有率はいずれも 6 反復の結果。

処理では, 開始時から成育時は施肥なし>施肥ありであったが, 収穫時になるとこの傾向は逆転した。

C/N 比については, 各麦稈処理区とも開始時から成育時まで変化がなく, 収穫時になり微増した。収穫時の麦稈処理をみると, 灰化处理区が最大で炭化と風乾処理区が最小であった。施肥処理でも, 麦稈処理と類似の傾向がみられたが, 収穫時には施肥なし>施肥ありであった。

(4) 土壌呼吸量: 特定の 1 日における土壌呼吸量の測定値と計算値の比較結果を表 5 に示す。土壌呼吸量は土壌の種類や条件, 気候などの影響を受けやすい (陽 1997)。測定値を大きさ順に並べると, 施肥なしでは炭化处理区>灰化处理区>風乾処理区>無投入区となり, 施肥ありでは風乾処理区>炭化处理区>灰化处理区>無投入区という結果となった。両者の最大偏差は-98.0%であったが, この程度の偏差があることを前提に, 地温から計算された値をもとに以下の考察を進めることにした。

なお, 有機物施用で土壌呼吸量は増加するが, 施用後数日間をピークとしてその後次第に減少し, 一定化する傾向がある (Curtin ら 1998)。熱処理では, はじめに易分解成分が分解し, つぎに難分解成分が徐々に分解すると解釈されるが, 易分解性成分を熱処理により回収することで, 通常の有機物施用期に発生する二酸化炭素をそのまま大気中に放出させないで済むと考えられる。

4. 炭素収支

栽培期間中の炭素収支を表6に示す。麦稈に比べ薬剤由来は少なく、流入分合計 (Cg/m²) は炭化処理区=204, 灰化処理区=1, 風乾処理区=222, 無投入区=0であった。

流出分がすべて土壌呼吸量に由来していると仮定すると、処理区間で類似の値 (217~229Cg/m²) となった。麦稈施用により土壌炭素変化量はいずれも増加した。土壌炭素変化率については、麦稈処理では炭化処理区が最大で無投入区が最小であり、灰化処理区が良好な結果を示した。一方、施肥処理では施肥あり>施肥なしであった。ソバによる固定量については、麦稈処理では灰化処理区が最大で風乾処理区が最小、施肥処理では施肥あり>施肥なしであった。

麦稈と除草剤による流入分は、風乾と炭化処理区に比べて灰化処理区と無投入区で少なかったが、土壌呼吸量としては各区とも同様であった。ここでは、土壌呼吸量は温度のみに依存していると仮定し、施用麦稈の微妙な違いなどについて考慮していないことが影響している。

炭素収支からみる限り、炭化と灰化処理区で熱処理により分画された炭素をすべて有効利用できると仮定すると、炭化処理=169kg/10a, 灰化処理=2010kg/10aの炭素が新たなエネルギーとして利用可能となる。

一方、土壌炭素の変化率あるいは炭素変化量が、麦稈や施肥の処理の仕方で大きく変化したことについて、投入資材や作物固定量の違いだけでは説明が難しい。いわゆる地力に相当する前作からの引継ぎ分や雑草の関与、土壌生物の働き、別な流れなど、今回見逃した可能性のある項目を詳細に検討していく必要がある。

表5 特定の1日における土壌呼吸量の測定値と計算値の比較

麦稈処理	施肥処理	測定値 CO ₂ g/m ² /day	計算値 CO ₂ g/m ² /day	偏差 %
炭化処理	なし	3.85	3.15	18.2
炭化処理	あり	3.16	3.08	2.5
灰化処理	なし	2.60	3.18	-22.3
灰化処理	あり	1.96	3.06	-56.1
風乾処理	なし	2.01	2.91	-44.8
風乾処理	あり	3.84	2.76	28.1
無投入区	なし	1.48	2.93	-98.0
無投入区	あり	2.29	2.71	-18.3

注) 偏差=[(測定値-計算値)/測定値]×100

表6 栽培期間中の炭素収支

処 理	土壌への流入			土壌からの流出 土壌呼吸量由来 Cg/m ²	ソバによる 固定量 Cg/m ²	土壌炭素 変化率 %	土壌炭素 変化量 Cg/m ³
	麦稈由来 Cg/m ²	薬剤由来 Cg/m ²	合 計 Cg/m ²				
炭化処理	204	0.077	204	222	88	6.0	1630
灰化処理	1	0.077	1	225	102	5.2	1425
風乾処理	222	0.077	223	215	87	3.8	1044
無投入区	0	0.077	0	213	99	0.7	194
施肥なし	107	0.077	107	219	69	2.0	534
施肥あり	107	0.077	107	218	119	5.9	1613

注1) 土壌への流入は、投入資材に含まれる炭素分が完全に分解したとき供給しうる炭素である。

注2) 土壌炭素変化率は、麦稈および施肥処理前(開始時)の土壌中炭素量に対する変化量の割合を示し、深さ0~0.11mの単位体積における栽培期間中の変化。

以上から、a) 熱処理した作物残留物の施用により土壌特性の改善が期待できる、b) 熱処理した作物残留物施用でも土壌への炭素と窒素の一定量の供給が期待できる、c) 作物残留物施用では C/N 比を十分小さくする必要性が示唆されることを本稿の結論とした。

最後に、本学農林技術センター技術専門職員今野均・米川和範、技官佐々木克典・大宮秀昭の各氏には圃場実験に協力していただいた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- Batjes, N.H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *Euro. J. Soil Sci.* 47: 151-163.
- Curtin, D., F. Selles, H. Wang, C.A. Campbell and V.O. Biederbeck. 1998. Carbon dioxide emissions and transformation of soil carbon and nitrogen during wheat straw decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1035-1041.
- Curtin D., H. Wang, F. Selles, R.P. Zentner, V.O. Biederbeck and C.A. Campbell. 2000. Legume green manure as partial fallow replacement in semiarid Saskatchewan-Effect on carbon fluxes. *Can. J. Soil Sci.* 80: 499-505.
- 土壌環境分析法編集委員会編. 1997. 土壌環境分析法. 博友社. 東京. 137-138.
- 樋口太重. 1997. 土壌の環境圏. フジ・テクノシステム. 東京. 855-862.
- 城代 進・鮫島一彦. 1993. 木材科学講座 (4). 海青社. 大津. 120-123.
- 今野一男・西川介二. 1993. 炭化条件の異なる各種木炭粉の施用が畑作物の生育・養分吸収に及ぼす影響. *日本土壌肥科学雑誌* 64: 190-193.
- 松坂泰明・栗原 淳. 1994. 土壌・植物栄養・環境事典. 博友社. 東京. 79.
- 陽 捷行. 1997. 土壌の環境圏. フジ・テクノシステム. 東京. 253-258.
- Nakadai, T., H. Koizumi, Y. Bekki and T. Totsuka. 1996. Carbon dioxide evolution of an upland rice and barley, double cropping field in central Japan. *Ecological Research* 11: 217-227.
- 農林水産技術会議事務局. 1986. バイオマス変換計画. 生物資源の効率的利用技術の開発に関する総合研究第1期研究成果. 234-241.
- Uri, N.D. 2001. The potential impact of conservation practices in US agriculture on global climate change. *J. Sustain. Agr.* 18: 109-131.
- 柳田友隆・江 耀宗・松本 聡. 1995. 初穀の理化学性に及ぼす炭化処理の影響. *日本土壌肥科学会誌* 66: 270-272.
- 柳田友隆・江 耀宗・松本 聡. 1997. 初穀の炭水化物組成と土壌中での微生物分解に及ぼす炭化処理の影響. *日本土壌肥科学会誌* 68: 435-437.

Effect of Thermal-processed Crop Residue Application on Crop Growth and Soil Properties

Naoki SAKAI^{1*}, Hiroaki SAKAI² and Hisayoshi HAYASHI¹

¹ Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, 305-8572, Japan

² Matsumoto Agriculture Extension Center, Matsumoto, Nagano Prefecture, 390-0852, Japan

Abstract

Focusing on reduction of carbon dioxide from soil and recovery of unused energy, we carried out a factorial experiment based on thermal-processed wheat stalk and application of chemical fertilizer, and analyzed the effects on buckwheat growth and changes in soil properties. Initial mass of wheat stalk reduced by 16.5 % in dry distillation treatment and by 92.3 % in combustion treatment. C/N ratios of the thermal-processed wheat stalk increased to 130 by dry distillation treatment and decreased to 54 by combustion treatment comparing with 115 in control. There were significant differences in buckwheat yield not in thermal-processed wheat stalk but in application of chemical fertilizer. In the hardness and three phases of soil at buckwheat harvesting, there were significant differences not at 5 cm in depth but at soil surface. There were significant differences of soil pH at buckwheat harvesting not in thermal-processed wheat stalk but in application of chemical fertilizer. Changing rate of soil carbon during the cultivation period were the maximum in dry distillation treatment and the minimum in no-applied treatment. Assuming we can utilize all carbon in wheat stalk, the available carbon of 169 kg/10a in dry distillation treatment and 2010 kg/10a in combustion treatment are estimated.

Key words : Global warming, Carbon dioxide, Crop residue, Thermal processing, Buckwheat, Carbon balance, Soil respiration, Changes of soil properties

* Corresponding Author: nsakai@sakura.cc.tsukuba.ac.jp