原著論文

オカボ栽培でのカバークロップの利用と耕うん方法が 土壌物理性に及ぼす影響

牟 英輝*・小松崎将一**・森泉昭治**・辜 松***

荒城雅昭****・荒木 肇*****・平田聡之*****

*東京農工大学院連合農学研究科 (茨城大学配置)

**茨城大学農学部

***東北農業大学工程学院 (中国)

****農業環境技術研究所

*****北海道大学

Effects of Cover Cropping and Tillage System on Soil Physical Characters in Upland Rice Cultivation

Yinghui Mu*, Masakazu KOMATSUZAKI**, Shoji MORIIZUMI**, Song GU***,

Masaaki ARAKI****, Hajime ARAKI***** and Toshiyuki HIRATA*****

* United Graduate School, Tokyo University of Agriculture & Technology

** Agricultural School, Ibaraki University

*** Northeast Agriculture University (China)

**** National Institute for Agro-Environmental Sciences

***** Hokkaido University

1. はじめに

耕うんを省略した部分耕などの保全耕うんは、農業生産に投入するエネルギーを削減し(春原ら 1985, 坂井ら 1987a, 1987b), また土壌有機物の急激な分解を抑制することによる地力の維持増進効果などから (Blevins *et al.* 1994, Komatsuzaki and Ohta 2006), 環境保全型農業の代表的な農作業システムとして注目されている。特に土壌浸食の著しい欧米などでは作物残渣による圃場表面の被覆を維持することで水食を防止する機能が注目されている (Sprague *et al.* 1987)。

一方、日本における不耕起栽培や部分耕栽培については、コムギ収穫後のダイズ播種までの繁忙

期における播種時期の確保(農林水産省 1999), コントラクタなどの飼料用作物栽培での播種時期の拡大による作付面積拡大などの効果(小松崎 2003) などから主として省力あるいは低コスト技術として注目を集めている。

不耕起栽培においては出芽・苗立ちが不良になりやすいこと(農林水産省 1999), 慣行耕うん法にくらべ雑草防除に労力を要すること(春原ら 1985), 地温低下による生育遅延などの問題点が指摘されているが(金沢 1995), 不耕起播種機の改良や不耕起栽培向けの栽培技術の確立など多くの問題が克服されつつある(土屋 2001)。一方で, 不耕起栽培は慣行の耕うん栽培と比較して土壌硬度の上昇が指摘されているが (Ferrerias *et al.* 2000), これに対する対策の検討事例は少ない。

土壌硬度と作物生育との関係については, 土壌硬度の増加により, 作物の根の伸張を阻害するため作物の収量低下をもたらすことが指摘されており(鎌田 1960, 洪澤 1989), 貫入式土壌硬度計の硬度が 1.0MPa (山中式硬度計で 16mm に相当) 以

平成 18 年 1 月 20 日受付

平成 19 年 2 月 24 日受理

Corresponding author

小松崎将一 Masakazu KOMATSUZAKI

〒300-0393 茨城県稲敷郡阿見町中央 3-21-1

3-21-1, Chuou, Ami, Inashiki, Ibaraki, 300-0393, Japan

E-mail: komachan@mx.ibaraki.ac.jp

上で根長密度が低下し始め、土壌硬度が18MPa（同20mmに相当）以上になると急激に減少することが指摘されている（飯嶋1992）。このような問題は不耕起栽培では顕著に認められ、坂井ら（1988）は経年的な不耕起栽培により土壌硬度が著しく増加し、作物の根が土壌表層に集中する傾向があることを報告している。しかし、多数の報告をみると、不耕起栽培により、土壌硬度の増加が作物の根の伸張を抑制しているのか、あるいは養分が表層に集中することによるのかは議論があることが指摘されている（坂井ら1988）。しかし、不耕起圃場での土壌硬度の上昇は作物根の発育ばかりでなく、土壌中に生息する微生物、線虫および土壌動物にとっても大きな影響を与え、土壌硬度の増加により生物数が減少することが報告されている（本林1998、幸ら2004）。したがって、不耕起栽培は土壌を攪乱することなく省エネルギーを実現する栽培法であるが、土壌硬度の増加に起因する根の発育阻害や土壌生物相への負荷、および植え付け、移植作業などの難化など解決すべき点は多い。

そこで、本研究では部分耕栽培体系において冬作カバークロップを作付し、カバークロップによる土壌膨軟化について定量的に把握することを目的としている。これにより、カバークロップの生物機能を活用した総合的な土壌物理性改善に関する基礎データを得る。

2. 材料及び方法

本研究は茨城大学附属農場の洪積台地畑圃場（土性：CLLiC 黒ボク土壌）で行った。供試圃場は実験開始前20年間普通作物の均一栽培を実施した圃場を用いた。実験設計は、split-plot-design

法により、処理区をランダムに配置し、4反復で実施した。試験要因は耕うん方法を主要因として、副要因はカバークロップの種類とした。耕うん方法はプラウ耕、ロータリ耕および部分耕の3水準とし、またカバークロップの種類はヘアリーベッチ（*Vicia villosa* Roth）、ライムギ（*Secale cereale* L.）及び裸地の3水準とした。裸地で発生した主な雑草は、ナズナ（*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic）、オオイヌノフグリ（*Veronica persica* Poir.）、ホトケノザ（*Lamium amplexicaule* L.）、ハルジオン（*Erigeron philadelphicus* L.）であった。1区画の面積は3m×6mで各区4反復とし、計36処理区を設定した。実験は2002年9月から2004年10月に実施した。

圃場管理は（表1）、2002年9月にトウモロコシ（*Zea mays* L.）収穫後の圃場において、9月16日にロータリ耕による全面整地を行った。10月にカバークロップを播種し、播種量はヘアリーベッチ50kg/ha、ライムギ100kg/haとした。カバークロップの鋤き込み時の乾物重は2003年ではライムギが4.5Mg/ha、ヘアリーベッチが6.6Mg/haおよび裸地雑草が0.9Mg/haであった。2004年ではライムギが5.2Mg/ha、ヘアリーベッチが3.7Mg/haおよび裸地雑草が0.2Mg/haであった。これらのカバークロップを2003年4月14日および2004年4月1日にハンマーナイフモワで刈り倒した。翌日、試験圃場でそれぞれの耕うんを行った。耕深はプラウ耕で27cm、ロータリ耕で15cmとした。プラウ耕区では耕うん後ドライブハローで整地した。部分耕区では播種機の条間に合わせ、72cmの間隔でサブソイラを用いて深さ20cmまで播種溝を作成した（写真1）。これにより、カバークロップ残渣による圃場面を被覆した

表1 カバークロップ残渣処理および耕うん・播種体系

耕うん方法	部分耕	プラウ耕	ロータリ耕
カバークロップの 残渣処理	ハンマーナイフモア	ハンマーナイフモア	ハンマーナイフモア
耕うん	播種溝作成（サブソイラ）	プラウ	ロータリ
整地	－	ドライブハロー	－
播種	プランタ	プランタ	プランタ
除草剤散布	ブームスプレーヤ	ブームスプレーヤ	ブームスプレーヤ
中耕除草	手取り除草	中耕ロータリ	中耕ロータリ
収穫	コンバイン	コンバイン	コンバイン

写真1 サブソイラで作成した播種溝

写真2 オカボ播種作業時の風景

状態で播種床とした(写真2)。カバークロップの後作物として、オカボ (*Oryza sativa* L., cv Yumenohatamochi) を播種し (2003 年 4 月 30 日及び 2004 年 4 月 27 日), 元肥は N 100kg/ha, P_2O_5 100kg/ha, K_2O 100kg/ha を施した。播種深さはいずれの耕うん区でも 3 cm とした。雑草防除についてはオカボ播種後ブームスプレーヤによる除草剤散布を行い、その後部分耕区では主に手取り除草を行った。プラウ耕区およびロータリ耕区では中耕ロータリによる中耕除草を行った。また、中耕ロータリ作業時には部分耕区においても、作業時と同速度で圃場内をトラクタに中耕ロータリを装着して走行し、土壌への圧密効果を均一に与えた。収穫は自脱型コンバインで実施した (2003 年 10 月 10 日および 2004 年 10 月 2 日)。

土壌硬度の測定には、コーンペネトロメータ (SC900 Soil Compaction Meter, Spectrum Technologies, Inc.) を用いた。測定時期は、オカボ生育初期の 5 月とオカボ開花期の 8 月とオカボ収穫期の 10 月に行なった。測定は畝間の中央の 2 ヲ所において表面から深さ 45cm までの土壌硬度を測定した。各区 2 ヲ所の土壌硬度を測定し、その平均値を求め、その区の層別の土壌硬度とした。同時に 100cc の採土缶を用いて、深さ 0 ~ 5 cm の土壌を採取し、乾熱法で土壌水分を測定するとともに土壌乾燥密度および体積含水率を求めた。土壌深さに従う土壌含水比は 2004 年 5 月 13 日および 2004 年 9 月 6 日に調査した。各試験区の中央点で 10cm 毎に地下 40cm まで土壌サンプルを採取し、乾熱法で土壌含水比を求めた。

データの処理は、統計ソフト StatView5.0 (SAS System) により、平均値を求めた。さらに、Fish-

er's PSLD を用い、有意水準 $P \leq 0.05$ でカバークロップの種類および耕うんシステムが土壌硬度、土壌含水比および土壌体積含水率に及ぼす影響について有意性検定を行った。

3. 結果

3.1 気温と降水量

実験期間中の気温と降水量を図 1 に示した。オカボの生育期間についてみると 2003 年では月平均気温は過去 20 年間の平均気温より低く推移したが、2004 年では過去 20 年間の平均値より高く推移した。特に、2003 年 7 月の平均気温 (21℃) 及び 2004 年 7 月の平均気温 (26.8℃) は過去 20 年間の平均値 (24.2℃) よりそれぞれ 3.2℃ 低く、2.6℃ 高かった。これによりオカボの収量は 2003 年 (1.5 ~ 3.6Mg/ha) < 2004 年 (1.6 ~ 3.7Mg/ha) 示した。降水量では、2003 年 8 月の月降水量 (249.5mm) が最も高く、過去 20 年間の平均値 (112.5mm) と比べて 137mm 増加するなどオカボ栽培期間中を通じて 2003 < 2004 となった。

3.2 土壌乾燥密度の推移

土壌乾燥密度の時期別分散分析結果を表 2 に示した。土壌乾燥密度をみると、2003 年では 6 月および 8 月、2004 年では 5 月と 8 月に耕うん方法に有意差が認められたが、カバークロップの種類別では有意差が認められなかった。オカボ生育期間の表層における (深さ 0 ~ 5 cm) 土壌乾燥密度の推移を図 2 (a) に示した。土壌乾燥密度をみると、耕うん後は、部分耕区では最も高く、プラウ耕区とロータリ耕区ではほぼ同じ値を示した。土壌乾燥密度は、耕うん方法による影響が有意に認

図 1 実験期間中の月平均気温と月別降水量

表 2 0～5 cm までの土壤乾燥密度，土壤含水比および土壤体積含水率の分散分析結果

項目	要因	2003 年			2004 年			
		6 月	8 月	10 月	4 月	5 月	8 月	10 月
土壤乾燥密度	T	***	***	NS	NS	***	*	NS
	C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	T×C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
土壤含水比	T	***	***	**	*	***	***	NS
	C	*	*	NS	***	*	NS	NS
	T×C	*	*	*	NS	*	NS	NS
土壤体積含水率	T	***	***	NS	NS	***	***	NS
	C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	T×C	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

注 1) 実験要因は T: 耕うん方法 (ブ라우耕, ロータリ耕, 部分耕), C: カバークロップ (ライムギ, ヘアーリーベッチ, 裸地) および T×C: 耕うん方法 × カバークロップの交互効果を示す
 注 2) ***, *, * および NS. は 0.1%, 1%, 5% 水準で有意差ありおよび無しを示す。

められたのに対し，カバークロップによる差異は微小に留まった。

3.3 土壤含水比の推移

土壤含水比の時期別分散分析結果を表 2 に示した。2004 年では土壤含水比をみると，耕うん方法別では 2003 年 6 月，8 月および 10 月，2004 年 4 月，5 月および 8 月において有意差が認められた。カバークロップの種類別では 2003 年 6 月と 8 月，2004 年 4 月と 5 月には有意差が認められた。さらに，耕うん方法とカバークロップの交互効果も 2003 年 6，8，10 月および 2004 年 5 月に認められた。土壤含水比 (図 2 b) は，2003 年では，部分耕ライムギ区での土壤含水比が高く推移し，その中でも 8 月の土壤水分は 38.5% で最も高い値を示した。2004 年 4 月～5 月を見ると部分耕のヘアーリーベッチ区では土壤含水比は高く推移し，次いで部分耕のライムギ区であった。8 月以後は処理間での差異は少なくなった。

また，土壤深さに従う土壤含水比の分布を図 3

に示した。2004 年 5 月の測定結果を見ると (図 3 a)，0～10cm の土層において部分耕区での土壤含水比 (37.7%) はブ라우耕区 (32.3%) やロータリ耕区 (31.8%) より高い値を示したが，10cm 以下の土層では耕うん処理間での差異が小さくなった。2004 年 9 月には，0～10cm の土層において土壤含水比はブ라우耕 (73.3%) がもっとも高く，次に部分耕 (69.1%) であり，ロータリ耕区 (62.8%) では最も低かった。また，土壤深さの増加に従って土壤含水比は低下した。

3.4 土壤体積含水率の推移

土壤体積含水率の時期別分散分析結果を見ると 2003 年 6 月と 8 月および 2004 年 5 月と 8 月に耕うん方法別で有意差が認められたが，カバークロップ別では有意差が認められなかった。土壤体積含水率 (図 2 c) は，2003 年では耕うん方法別に見ると 6 月と 8 月には著しい差異が認められ，部分耕区での土壤体積含水率は 6 月で 23.6～25.4% であったのに対しブ라우耕区で 21.5～

図2 実験期間中の土壤乾燥密度、土壤含水比および土壤体積含水率の推移

凡例の記号は耕うん方法として部分耕 (N)；プラウ耕 (P)；ロータリ耕 (R)、カバークロップとして裸地 (FL)；ヘアリーベッチ (HV)；ライムギ (RY) を示す

22.0%およびロータリ耕区で19.3～20.7%となり、部分耕区で高い値を示した。また、2003年8月において部分耕ライムギ区での土壤体積含水率は最も高い値を示した。2004年では2003年と同様に、部分耕ライムギ区での土壤体積含水率は最も高い値を示した。しかし、8月以後は処理間での差異は微小にとどまった。

3.5 土壤硬度

オカボ生育期間の土壤硬度の分散分析結果を表3に示した。耕うん方法は土壤硬度に有意な影響を及ぼしており、耕うん区における耕深の範囲(0～30cm)において有意差が認められた。カバークロップの種類による差異は、耕深の範囲内で、2003年6月、10月および2004年4月、5月において数カ所で認められた。また、耕深以下に

において、2003年8月と10月でカバークロップの種類による差異が認められた。さらに耕うん方法とカバークロップの種類による交互効果は、耕深の範囲内では、多くの時期で認められたのに対し、耕深以下ではほとんど認められなかった。

図4にオカボ生育期間中の土壤深さ別の土壤硬度分布を示した。2003年6月では、0～30cmの深さでは部分耕区が最も高い値を示した。これに対し、ロータリ耕の0～15cmでは、プラウ耕とほぼ同等であったが、15cm以下ではプラウ耕よりも高い値を示した。プラウ耕が他の耕うん法に比べて全層において低い土壤硬度を示した。この傾向は10月まで続いたが、耕深の範囲での土壤硬度の差異は5月に比べて10月では減少した。

カバークロップの種類も土壤硬度に有意な影響を及ぼしており、2003年6月では、カバークロップ

図3 異なる耕うん方法と土壌含水比の垂直分布

表3 カバークロップと耕うん方法が50cm までの土壌硬度に及ぼす影響の分散分析結果

年月	要因	土壌深さ (cm)									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	
2003 年	6 月	T	***	***	***	***	***	***	***	NS	NS
		C	**	**	*	**	NS	*	NS	NS	NS
		T×C	**	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	8 月	T	***	***	***	***	***	***	NS	NS	NS
		C	NS	NS	NS	NS	NS	*	**	**	***
		T×C	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	10 月	T	***	***	***	***	***	***	NS	NS	NS
		C	*	NS	NS	NS	NS	**	**	**	***
		T×C	**	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2004 年	5 月	T	**	***	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
		C	**	N.S.	*	N.S.	N.S.	N.S.	***	**	N.S.
		T×C	N.S.	**	*	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	8 月	T	***	***	***	***	***	N.S.	N.S.	**	*
		C	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
		T×C	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	10 月	T	***	***	***	***	***	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
		C	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
		T×C	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

注1) T: 耕うん方法, C: カバークロップおよび T×C: 耕うん方法 × カバークロップ

注2) ***, **, * および N.S. は 0.1%, 1%, 5% 水準で有意差あり及び無しを示す。

ブの種類による差異をみると裸地が最も高く、次いでヘアリーベッチであり、ライムギの土壌硬度が最も低い値であった。これに対し、2004 年 4 月および 5 月では、前年と同様に有意な差異が認め

られたが、8 月では土壌硬度の差異が認められなかった。両年において、オカボ収穫時には、それらの差異は認められなかった

図4 オカボ生育期間の土壌硬度の分布
凡例の記号は耕うん方法として部分耕 (N), プラウ耕 (P) およびロータリ耕 (R), カバークロップとして裸地 (FL), ヘアリーベッチ (HV) およびライムギ (RY) を示す。

4. 考察

土壌硬度は、土壌含水比と土壌乾燥密度によって大きく左右され、土壌乾燥密度が高いほど土壌水分変化に伴う土壌硬度の変動が大きくなることが知られている(森泉 1980)。耕うん作業は、土壌を攪乱することで土壌乾燥密度を低下させ土壌を膨軟化させるが(唐橋 1985, 辜ら 2002)、作物栽培の場面では、その後の圃場機械の走行などにより土壌乾燥密度が増加し土壌硬度が再び増加していくなどの一定のサイクルをとっている(Katsvairo *et al.* 2002)。本研究においても、表層の土壌乾燥密度は耕うん方法の差異により有意な差異を示し、耕起区より部分耕区での土壌乾燥密度が高くなった。

一般に部分耕区において耕うん区よりも高い土壌硬度を示す要因としては、土壌乾燥密度の増加が指摘されている(唐橋 1985)。

これらの傾向は本研究において認められたが、耕うん処理間による土壌乾燥密度の差異は調査区での土壌水分状態の変化にも影響を与えた。図2をみると耕うん方法処理間による土壌水分の差異は、土壌含水比に比べ土壌体積含水率で大きいことが認められた。土壌体積含水率は容積あたりの土壌水分を示すものであり、部分耕に比べプラウ耕やロータリ耕では、耕うん作業により土壌乾燥密度が著しく低下するなど、耕うん作業により土壌乾燥密度も大きく変化したことにより体積含水率が大きく変化したものと考えられる。しかしながら、オカボ栽培後期になると耕うん処理間の差異は土壌含水比および体積含水率ともに微小に留まった。

一方、カバークロップの作付は土壌乾燥密度に及ぼす影響はほとんど認められなかった。しかし、オカボ栽培期間中の土壌硬度は、カバークロップの作付けによっても有意な差異が認められた。カバークロップ区で土壌硬度が低下した要因のひとつとして、カバークロップ区での土壌含水比の増加が指摘される。特に部分耕のライムギ区およびヘアリーベッチ区では、観察によると、耕地表面の残渣被覆率は90%以上を占めているため、裸地に比べて有意に高い含水比を示したものと考えられる。Olaoye (2002) は不耕起栽培において作物残渣の被覆率と保水性を検討した結果、被覆率が高いほど保水性が高まることを報告しており、本

研究においてもカバークロップ残渣を被覆することにより、部分耕区で土壌含水比が著しく増加したことが認められた。これに対し、プラウ耕区およびロータリ耕区においてはカバークロップ利用による土壌含水比の増加は微小に留まった。

また、耕うん作業を実施したライムギ区およびヘアリーベッチ区においても裸地に比べて土壌含水比が高い傾向が認められた。耕うん時に鋤き込んだカバークロップ残渣の量は3.35～5.46Mg/haであり、これらは耕うん土壌の0.2～0.36%を占めることで、土壌の保水性に影響を及ぼしたものと考えられた。有機物供給と土壌の保水性との関係については、土壌有機物含有量が多いほど土壌保水性が高いことが知られている(Martin *et al.* 2002)。この実験の範囲内では土壌硬度と有機物との関係は明確ではないが、耕うん区においてはカバークロップ残渣の供給は土壌の保水性に何らかの影響を与えたものと考えられる。今回の調査では0～5 cmの層の土壌水分状態を測定したが、耕うん方法やカバークロップの利用は5 cm以下の土壌水分や土壌乾燥密度に影響を与えることが指摘されており(辜ら 2002)、これらの点については今後継続して調査したい。

Raper *et al.* (2000) はアラバマ州(アメリカ)の綿花栽培において、異なる耕うん方法下でカバークロップの利用の有無と土壌硬度の関係について検討しているが、そこではライムギをカバークロップとして利用した場合、不耕起や簡易耕うん条件下において土壌硬度が低下することを報告している。本研究では部分耕区でライムギやヘアリーベッチの利用によって土壌硬度が有意に低下しており、カバークロップの生育に伴う土壌硬度の低下は北関東の黒ボク土壌でも認められたものとする。不耕起栽培や部分耕は、農作業システムにおける投入エネルギーを削減し省力栽培として注目されるが、耕うんの省略にともなう土壌硬度の増加が問題となる場面が多い。本研究では部分耕などの簡易耕うんにカバークロップの作付を組み合わせることで土壌硬度を低下させることができることが認められた。これらの結果は、化石エネルギーの利用のみに依存した耕うん作業から生物機能を活用した新しい土壌硬度管理手法を考えていく上で参考になるものとする。

謝 辞

本研究の実施にあたり、圃場作成などご協力いただきました前茨城大学農学部附属農場技術専門職員（現東京大学大学院農学生命科学研究科高等動物教育研究センター技術専門職員）池田正則氏に感謝申し上げます。なお、本研究は科学研究費補助金（課題番号 16380165）の研究成果である。関係各位に記して謝意を表する。

5. 摘要

冬作カバークロップの利用と耕うん方法がオカボ栽培期間中の土壌硬度分布に及ぼす影響を検討した。実験は茨城大学附属農場において2002年9月から2004年10月まで実施した。結果は以下の通りである。

1) 土壌含水比は、耕うん方法により有意な差異を示した。部分耕では、耕地表面の攪乱程度が低く、土壌乾燥密度が高いために、土壌水分の蒸発を抑制し、土壌含水比が高くなったものと考えられた。また、プラウ耕とロータリ耕では部分耕に比べて土壌含水比は低い値を示した。また、カバークロップの種類によってオカボ栽培期間中における耕地の残渣被覆率は異なった。特に、部分耕ライムギ区で被覆率が高く、かつ高い土壌含水比を示した。

2) 耕うん方法は土壌乾燥密度に有意な影響を与え、部分耕>プラウ耕>ロータリ耕の順で土壌乾燥密度が低下した。しかし、カバークロップの作付けの有無が土壌乾燥密度に及ぼす影響は微小に留まった。

3) 耕うん方法は土壌硬度に有意な影響を与え、土壌硬度はプラウ耕<ロータリ耕<部分耕で増加した。また、カバークロップを導入すると、それぞれの耕うん方法において土壌硬度が低下し、裸地<ヘアーベッチ<ライムギで土壌硬度が低下することが認められた。

4) 以上の結果から、土壌硬度は耕うん方法以外にカバークロップの利用によって影響を受けることが認められた。このことから、カバークロップの利用は、土壌硬度の増加が問題となる不耕起栽培などで有効に活用されるものと考えられた。

キーワード

カバークロップ、耕うんシステム、土壌硬度、土

壌含水比、土壌乾燥密度

引用文献

- Blevins, R.L., W.W. Frye, M.G. Waggar, and D.D. Tyler. 1994. Residue management strategies for the Southeast. Pp. 63-76. In : J.L. Hatfield and B.A. Stewart (Eds.) Crops Residue Management. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Ferreras, L.A., J.L. Costa, F.O. Garcia, and C. Pecorari (2000) : Effect of no - tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. Soil Tillage Res. 54 : 31-39.
- 幸 松・小松崎将一・森泉昭治・高橋雅之・池田正則 (2002) : カバークロップの種類と刈り取りの有無がロータリ耕うん性能に及ぼす影響, 農作業研究 37 (1) : 13-23.
- 幸 松・小松崎将一・太田寛行・本林 隆・森泉昭治・山口昌良 (2004) : オカボ栽培でのカバークロップ利用と耕うんシステムが耕地の土壌炭素と生物相に及ぼす影響, 農作業研究 39 (2) : 83-92.
- 本林 隆 (1998) : 土の中の動物たち, 農作業研究 33 (2) : 91-97.
- 飯島盛雄 (1992) : 根の生長と土壌の機械的抵抗 [1], 農業および園芸 67 (11) : 3-8.
- Martin B. Adjei and Jack E. Rechcigi (2002) : Bahiagrass Production and Nutritive Value as Affected by Domestic Wastewater Residuals. Agronomy Journal, Vol.94 : 1400-1410
- Olaoye, J.O. (2002) : Influence of tillage on crop residue cover, soil properties and yield components of cowpea in derived savannah ectones of Nigeria. Soil & Tillage Research 64 : 179-187.
- 鎌田嘉孝 (1960) : 大型機械による踏圧と畑作物の生育, 土壌の物理性 14 : 4-9.
- 金沢晋二郎 (1995) : 持続的・環境保全型農業としての不耕起栽培——畑作物の収量と土壌の特性, 日本土壌肥料科学雑誌 66 (3) : 286-297.
- 唐橋 需 (1985) : 機械耕うんによる土壌物理性

- の改良, 土壌の物理性 51:40-44.
- Komatsuzaki, M. and H. Ohta (2006) Soil management practices for sustainable agro-environment. Sustainability Science (in Press)
- 小松崎将一 (2003): 不耕起栽培にみる経営メリット, デイリイーマン 53(3):78-79.
- 森泉昭治 (1980): 畑地における土壌水分円錐貫入抵抗の関係—関東ローム畑での調査事例—, 茨城大学農学部学術報告 28:99-104.
- 農林水産省 (1999): 大豆の不耕起播種技術マニュアル 1999年8月
<http://narc.naro.affrc.go.jp/kanto/pr01/fukoki/saibai>
- Raper, R.L., D.W. Reeves, C.H. Burmester, E.B. Schwab (2000): Tillage depth, tillage timing, and cover crop effects on cotton yield, soil strength, and tillage energy requirements. Applied Engineering in Agriculture 2000 American Society of Agricultural Engineers. 16(4):379-385.
- 坂井直樹・春原亘・高塚清一・衛藤邦男・角田公正 (1987a): 不耕起栽培の評価, (第2報) 圃場への直接投入エネルギー, 農作業研究 22(2):113-119.
- 坂井直樹・春原亘・米川智司・角田公正 (1987b): 不耕起栽培の評価, (第3報) 作物収量と投入エネルギー, 農作業研究, 22(3):229-235.
- 坂井直樹・春原 亘・米川智司・角田公正 (1988): 不耕起栽培の評価(第4報) 土壌の変化と作物根系, 農作業研究 23(1):25-32.
- 洪澤 栄 (1989): 土壌密度の作物根系発達への影響とその記述法, 農機北支報 30:14-19.
- Sprague, M.A. and G.B. Triplett (1987): No-Tillage and Surface-Tillage Agriculture. Soil and Tillage Research, 9(4):395-396.
- 春原 亘・坂井直樹・高塚邦男・角田公正 (1985): 不耕起栽培の評価 第1報 作業体系と省力効果, 農作業研究 54:37-50.
- Katsvairo, T., W. J. Cox, and H. van Es (2002): Tillage and Rotation Effects on Soil Physical Characteristics, Agronomy Journal 2002, 94:299-304.
- 土屋史紀 (2001): 大豆不耕起播種機の開発につ

いて 平成13年度近畿中国四国地域問題別研究会資料.

Summary

We investigated the changes in soil physical properties, such as soil cone index (SCI), soil bulk density (SBD) and soil water content (SWC) in upland rice (*Oryza sativa* L.) production following rye (*Secale cereale* L.), hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and fallow (no cover crop) under different tillage systems (plowing, rotary and minimum tillage) with 4 replications. Field experiments were conducted at the Experimental Farm of Ibaraki University on a Humic Allophane soil (Haplic Andosols) from Aug. 2002 to Dec. 2004. The main results obtained from these 2 years of field research were as follows:

1) The tillage system significantly affected soil water content, with minimum tillage having the greatest effect. Cover crop types also showed significant effects on soil water content, especially for minimum tillage with rye treatment.

2) The tillage system also had a significant effect on soil bulk density, with minimum tillage having the greatest compare with other tillage treatment. Cover crop types, however, showed little effect on soil bulk density.

3) The tillage system also affected soil hardness significantly during the dry paddy rice growing season. SCI was the highest for no-till treatment, and the lowest for plow tillage treatment. With all the tillage systems, cover crop types also showed significant effects on reducing SCI. SCI showed the lowest value for rye and the highest for fallow.

4) These results suggest that cover cropping has some potential for reducing soil hardness without tillage treatment; consequently, cover crops may be effective tools to optimize soil hardness in minimum tillage systems.

Key Words

Cover crop, Tillage system, Soil cone index, Soil water content, Soil bulk density