

籾殻混和およびチゼルプラウ深耕による 土壌物理性とコムギの生育および収量改善技術の開発

志保田尚哉*, 石井博和*, 箕田豊尚*

Effects of Rice Husk Admixture and Chisel Plow Deep Tillage on Soil Physicality and Wheat Growth and Yield

Naoya SHIBOTA, Hirokazu ISHII and Toyotaka MINODA

要約 県内のコムギ作において、土壌環境の悪化が原因で収量が不安定化していると考えられることから、土壌三相分布および土壌硬度に着目し、改善技術の検討を行った。土壌三相分布の改善技術として水稻籾殻の土壌全層混和を検討したところ、籾殻混和による土壌の改善効果は認められず、収量に影響は見られなかった。また、籾殻の影響とみられる苗立ちの低下が発生したことから、籾殻の土壌全層混和は苗立ち不良により収量を不安定化させる可能性が示唆された。一方、土壌硬度の改善技術としてチゼルプラウ深耕を検討したところ、チゼル処理区では浅耕を行った対照区に比べて土壌硬度が軟らかくなり、根が深くまで張ることで乾燥による生育抑制を回避したと考えられ、穂数が増加し増収した。

埼玉県では、近年コムギの収量が不安定となっており、実需者からは収量、品質の高位安定化が望まれている。

本県においてコムギの生育および収量が不安定なほ場では、作土が浅く、土壌が硬く、根張りが悪い様子が観察されている。一方で、土壌三相分布の固相率が高く、ち密で、土壌が硬いほ場では、作物の収量が低下するほか、収量の年次変動が大きくなる傾向が見られるとの報告がある（西谷，1966年，渡辺ら，1965年）。

このことから、今回の試験では、土壌の固相率を低減するとともに、土壌の硬さを改善するため、米麦二毛作地帯で入手しやすい土壌改良資材である水稻籾殻の混和とチゼルプラウ深耕が、土壌物理性とコムギの生育および収量に与える影響について検討した。

なお、本報告は農林水産省委託プロジェクト研究「収益力向上のための研究開発（課題名：多収阻害要因の診断法及び対策技術の開発）」による成果の一部である。

材料および方法

試験1 籾殻混和による土壌硬度改善技術の検討

2015～2017年に、埼玉県農業技術研究センター玉井試験場内ほ場（熊谷市，細粒灰色低地土（宝田統））において、コムギ品種「さとのそら」を供試し、籾殻の土壌混和による土壌物理性改善効果及び生育および収量への影響を調査した。

試験区は、前作水稻後、籾殻を混和しない対照区と、籾殻を基肥施用と同時にほ場に散布し全面全層混和した籾殻区を、各年次で3反復設けた。籾殻混

*水田高度利用担当

和量は、2015年が300kg/10a、2016、2017年が250kg/10aとした。なお、籾殻混和量については、埼玉県内で発生する水稲籾殻の半分を麦作付けほ場にすき込むと仮定し、設定した。

耕深は、両区とも2015、2016年が10cm、2017年が15cmであった。

播種は、シーダーテープを用い、条間30cm、播種量6kg/10aで行った。播種時期は、2015年が11/16、2016年が11/16、2017年が11/13とした。施肥は、基肥として化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:14:14)を窒素で6kg/10a全面全層施肥し、追肥として出穂14日前を目安に硫酸を窒素で4kg/10a全面表層施肥した。

生育および収量調査は、コムギ調査基準(農研センター、1986)に準じて実施した。

また、籾殻区で苗立数が低下する傾向が見られたため、籾殻が発芽に与える影響の調査を2016年に実施した。ろ紙を敷いた直径8cmのシャーレに、籾殻なし区は種子のみ、籾殻あり区は250kg/10a相当の籾殻(0.1g)を加え、それぞれ6mlの水を添加し、25℃でインキュベートした。発芽勢は置床4日後、発芽率は置床7日後に調査を行った。それぞれ3反復とした。

試験2 チゼルプラウ深耕による土壌硬度改善技術の検討

2016、2018、2019年に、埼玉県農業技術研究センター玉井試験場内ほ場(熊谷市、細粒灰色低地土(宝田統))において、チゼルプラウ深耕による土壌硬度改善効果及び生育および収量への影響を調査した。供試品種、播種作業は試験1と同様に実施し、播種時期は2016年が11/16、2018年が11/13、2019年が11/14とした。

試験区は、前作水稲収穫後正転ロータリーで2回(粗耕起、碎土)、逆転ロータリーで1回耕起(播種床造成)を行なった対照区と、1回目のロータリー耕をチゼルプラウ深耕に変更したチゼル区を各年次とも3反復設けた。

耕深は、ロータリー耕は前作水稲も含め通年で10cm、チゼルプラウ耕は耕深16~20cmで実施した。チゼルプラウはIHIアグリテックのソイル克蘭ブラ(FDTB-7RCL)を使用した。施肥は、基肥として化成肥料(N:P₂O₅:K₂O=14:14:14)を使用し、2016年は窒素で6kg/10a、2018、2019年は窒素で7kg/1

0aを全面全層施肥した。追肥は、出穂14日前を目安に硫酸を2016年は窒素で4kg/10a、2018、2019年は窒素で5kg/10a施用した。

生育および収量調査は、コムギ調査基準(農研センター、1986)に準じて実施した。

結果及び考察

試験1 籾殻混和による土壌硬度改善技術

2015年に籾殻区、対照区のそれぞれ2反復で実施した土壌三相分布の調査では、籾殻混和处理による効果は見られなかった(図1)。また、2016年に実施した土壌硬度調査では、籾殻を土壌混和した表層から10cmまでの深さで、土壌硬度に差は見られなかった。一方で、12~13cm以深では籾殻区で対照区に比べてやや軟らかくなる傾向が見られた(図2)が、籾殻を混和した層より深い位置であったことから、処理ではなくほ場条件による差であったと推測される。また、籾殻の混和により土壌物理性の改善効果が得られた事例として、転換畑でのダイズ栽培において、500~1000kg/10aの籾殻を施用することで有意な固相率の低減効果が得られたとの報告がある(南雲ら、2013年)。このことから、コムギ作で籾殻による土壌物理性の改善を図る場合も、同等以上の量の籾殻を混和することが必要と考えられる。

生育は、籾殻区で苗立数が少なくなる傾向が見られ、特に2016年試験では対照区の69%程度と顕著に苗立数が減少した(表1)。これは、発芽試験の結果から籾殻に発芽抑制作用がある可能性(図3)や、籾殻区で対照区に比べて播種深が深くなったこと(図4)が原因であると考えられた。発芽試験において籾殻により発芽率、発芽勢が低下傾向を示した理由として、籾殻に含まれイヌビエ、レタス、シロイヌナズナなどに生育抑制を示すアレロパシー物質である「モミラクトン」(加藤、2020)による影響が考えられたが、コムギへの活性の強さを示す報告は無く、明確な理由の解明には至らなかった。また、播種深が深くなった理由については判然としなかった。

収量については、籾殻区で有効穂数が減少する傾向が見られ、m²当たり粒数が有意に減少したが、収量の明らかな差は見られなかった(表2)。

以上の結果から、今回の試験の条件では、籾殻混和による土壌の固相率の低減効果及び生育・収量の

改善効果は認められなかった。また、籾殻の混和量を増やすことで土壌の固相率の低減は可能であると考えられるが、籾殻中の「モミラクトン」が発芽を抑制している場合、苗立不良を助長する可能性も高いと推察される。これらのことから、籾殻混和によ

る土壌の固相率の低減は難しいと考えられた。今後は、籾殻を炭化させた「籾殻くん炭」の利用の検討や籾殻以外の土壌改良資材の効果を確認することが必要と考える。

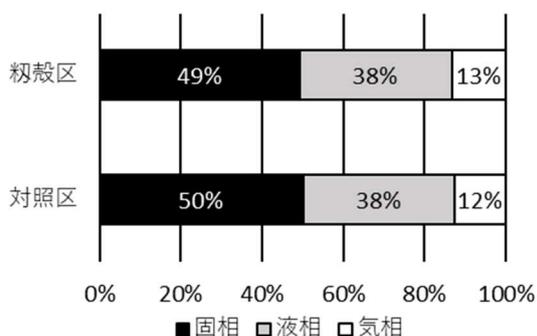


図1 籾殻の施用と作土の三相分布 (pF 1.5)
注) 2015年に調査を実施した。

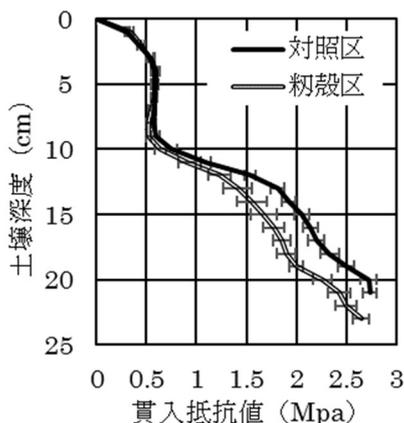


図2 籾殻の施用と土壌硬度
注) 2016年に実施した調査の結果を示す。貫入抵抗値は土壌貫入硬度計 (DIK-5532) を用いて測定した。エラーバーは標準誤差を示す。

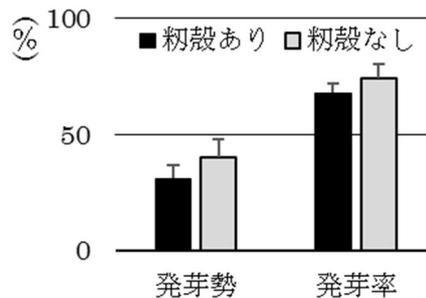


図3 籾殻の施用と発芽勢, 発芽率
注) 2016年に実施した調査の結果を示す。エラーバーは標準誤差を示す。処理区間に有意な差は認められなかった。

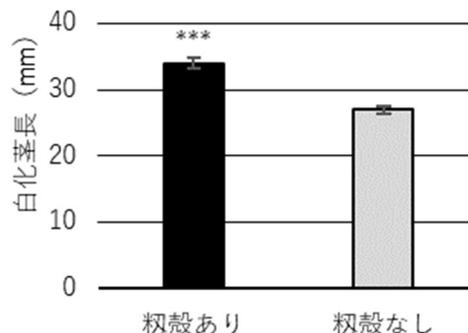


図4 白化茎長から推定した播種深
注) 2016年に実施した調査の結果を示す。エラーバーは標準誤差を示す。***は、t検定で処理区間に 0.1%水準で有意な差が認められたことを示す。

表1 籾殻混和と生育

播種年	処理区	苗立数 (本/m ²)	茎立期 茎数 (本/m ²)	出穂期 茎数 (本/m ²)	成熟期調査		
					稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)
2015	籾殻区	114	1819	589	89	8.5	558
	対照区	126	1519	671	87	8.7	627
2016	籾殻区	84	1024	461	72	8.8	502
	対照区	122	1237	544	72	8.3	591
2017	籾殻区	140	1277	501	67	8.4	441
	対照区	150	1356	589	70	8.3	437
平均	籾殻区	113	1373	517	76	8.6	500
	対照区	133	1371	601	76	8.4	552
分散 分析	年次	***	***		***		**
	籾殻の有無	***					
	交互作用	*	*			*	

注) *, **, ***はそれぞれ 5, 1, 0.1%水準で有意であることを示す。

表 2 籾殻混和と収量および収量構成要素

播種年	処理区	整粒重 (kg/10a)	有効 穂数 (本/m ²)	1 穂 粒数 (粒)	m ² 当 粒数 (千粒)	整粒 歩合 (%)	千粒重 (g)	容積重 (g/L)	タンパク 含有率 (%)
2015	籾殻区	567	558	26.8	15.0	99.4	37.7	804	7.5
	対照区	559	623	28.2	17.5	99.6	37.8	810	7.5
2016	籾殻区	621	497	29.5	14.6	99.7	41.7	892	9.6
	対照区	592	586	30.2	17.6	99.9	42.0	894	9.6
2017	籾殻区	473	437	28.2	12.3	100	42.1	837	8.7
	対照区	504	437	27.1	11.8	100	43.9	855	9.9
平均	籾殻区	554	498	28.2	14	99.7	40.5	844	8.6
	対照区	552	549	28.5	15.7	99.8	41.2	853	9.0
分散 分析	年次	**	**	*	**	*	***	***	***
	籾殻の有無 交互作用				*			*	*

注) 整粒は 2.0mm の縦目篩で選別した。容積重はブラウエル穀粒計，タンパク含有率は infratec1241 を用いて測定した。整粒重，千粒重，容積重は水分 12.5%換算値，タンパク含有率は水分 13.5%換算値である。*，**，***はそれぞれ 5，1，0.1%水準で有意であることを示す。

試験2 チゼルプラウ深耕による土壌硬度改善

成熟期に土壌断面の観察を行ったところ，対照区では地表下 10cm 程度の深さに土壌が圧密化したち密層が見られたが，チゼル区では 20cm 以深までち密層が見られなかった (図 5)。また，土壌硬度を示す貫入抵抗値は，対照区ではち密層が観察された地表下 10cm から急激に上昇し，15cm 前後で 1.5~2.0 MPa とコムギの根の伸長が抑制される (三好，1972) 硬さに達したが，チゼル区では地表下 20cm 以深でも 1.0Mpa 前後と低かった (図 6)。

生育は，チゼル区で対照区に比べて茎立期の茎数や穂数がやや多い傾向が見られた。これは，チゼル区では初期分けつが旺盛で強勢茎が多く，有効穂確保につながったためと推察された。また，12月から2月までほとんど降雨がなかった 2018 年で茎数の差が大きかった。これは，チゼル区では根が下層まで伸育したことで，より深い層の養水分を利用し，乾燥による生育抑制を回避したのに対し，対照区ではち密層により根の伸長が制限され，乾燥の影響を強く受けたと推察された (表 3)。収量は，チゼル区で穂数の増加に伴い m²当たり粒数が増加したため，対照区に比べて有意に増収し，タンパク含有率も有意に高まった (表 4)。

以上の結果から，チゼルプラウ深耕は，耕深が浅く収量が低下していると考えられるほ場において，16~20cm 程度の深さで実施することで，根域が拡大され，乾燥害を回避し，増収が期待でき，土壌物理性改善技術として有望と考えられた。

また，チゼルプラウ深耕は，暗渠などの排水設備が整備されていないほ場での湿害の緩和技術としても有効性が報告されているため (坂口ら，2018)，乾燥害，湿害の両方に対応した収量・品質安定化技術としても有効と考えられた。



図 5 成熟期の土壌断面の様子
(左：対照区，右：チゼル区)
注) 2019 年 6 月に観察を行なった。

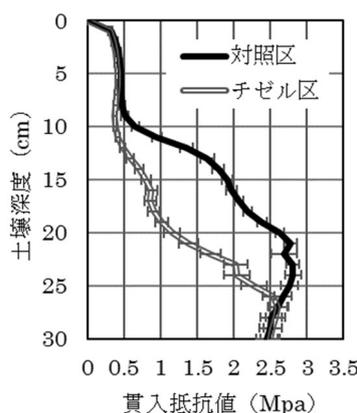


図6 チゼルプラウ深耕と土壌硬度
 注) 2016, 2018, 2019年に実施した調査の平均値を示す。貫入抵抗値は土壌貫入硬度計(DIK-5532)を用いて測定した。エラーバーは標準誤差を示す。

表3 チゼルプラウ深耕と生育

播種年	処理区	苗立数 (本/m ²)	茎立期 茎数 (本/m ²)	出穂期 茎数 (本/m ²)	成熟期調査		
					稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m ²)
2016	チゼル区	122	1187	579	77	8.8	609
	対照区	118	1112	542	71	8.7	471
2018	チゼル区	129	1353	729	73	7.8	500
	対照区	130	1180	782	74	7.7	451
2019	チゼル区	131	-	522	85	8.4	480
	対照区	127	-	478	83	8.4	492
平均	チゼル区	127	1258	607	78	8.4	538
	対照区	125	1146	601	76	8.3	471
分散 分析	年次			***	***	*	*
	チゼル耕の有無						**
	交互作用						*

注) *, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意であることを示す。2019年の茎立ち期茎数は欠測。

表4 チゼルプラウ深耕と収量および収量構成要素

播種年	処理区	整粒重 (kg/10a)	有効 穂数 (本/m ²)	1穂 粒数 (粒)	m ² 当 粒数 (千粒)	整粒 歩合 (%)	千粒重 (g)	容積重 (g/L)	タンパク 含有率 (%)
	対照区	539	460	29.2	13.4	99.6	40.4	852	9.2
2018	チゼル区	554	480	29.2	14.1	99.7	40.4	826	10.9
	対照区	544	443	29.9	13.3	99.9	41.4	830	10.0
2019	チゼル区	558	480	26.4	12.7	100	42.7	803	9.0
	対照区	529	492	28.6	14.1	100	40.5	795	8.6
平均	チゼル区	590	536	28.3	15.2	99.8	41.1	825	9.8
	対照区	537	465	29.3	13.6	99.8	40.7	825	9.3
分散 分析	年次		*	*	*		*	***	***
	チゼル耕の有無	*	**						*
	交互作用		**		**		**		

注) 整粒は2.0mmの縦目篩で選別した。容積重はプラウウェル穀粒計, タンパク含有率は infratec1241 を用いて測定した。整粒重, 千粒重, 容積重は水分12.5%換算値, タンパク含有率は水分13.5%換算値である。*, **, ***はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意であることを示す。

総合考察

本試験では、土壌がち密で硬くなっていることが、コムギの収量不安定化の要因の1つと考え、有機物等の投入による固相率の低減および深耕によるち密層の破碎による改善を試みた。

有機物の投入については、入手が容易であることから、水稻籾殻の混和について検討した。しかし、土壌の固相率は改善せず、出芽不良による収量の不安定化が懸念されることから、改善技術としては不適と考えられた。今後は、他の有機質資材についても検討する必要がある。

ち密層の破碎についてはチゼルプラウによる深耕を検討した。その結果、土壌は軟らかくなり、コムギの根域が拡大したと考えられ、乾燥害を回避し、多収となった。また、チゼルプラウ耕はロータリー耕に比べて高速作業が可能で、牽引作業機であることから、燃料費の削減も見込まれる。これらのことから、チゼルプラウ耕は土壌物理性改善技術として有望で、特に大規模生産者にはメリットが大きいと考えられた。一方で、チゼルプラウ深耕は一時的に土壌の硬さを改善できるものの、土壌化学性や地力の改善効果はないと考えられることから、根本的なコムギの収量改善のためには、堆肥の施用などによる地力向上や、コムギの生育に合わせた施肥法などとの組み合わせを検討する必要があると考えられた。

また、チゼルプラウ深耕は処理深さによっては耕盤を破碎してしまう可能性がある。特に、後作が水田作の場合、漏水等に注意が必要と考えられる。

引用文献

- 加藤尚 (2020) : イネのモミラクトン B を中心とした植物由来アレロケミカルによる抑草力強化に関する基礎研究. 雑草研究, 65 (2), p. 41~44.
- 南雲芳文ら (2013) : 転換畑ダイズ畝立栽培における籾殻の施用効果. 北陸作物学会報, 48, p. 18~21.
- 西谷国宏 (1966) : 車輪踏圧が畑土壌の物理性および作物の生育におよぼす影響. 農業機械学会誌, 28 巻 1 号, p. 39~43.
- 農業研究センター (1986) : 小麦調査基準第 1 版. http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/archive/files/komugi_chousakizyun.pdf
- 三好洋 (1972) : 根群発達の良好な土壌条件からみた畑地の有効土層の検討 畑土壌生産力分級のための指標の再検討と千葉県畑土壌の生産力分級 (第 1 報). 日本土壌肥科学雑誌, 第 43 巻第 3 号, p. 92~97.
- 坂口敦ら (2018) : 暗渠未整備地区におけるチゼルプラウ耕の湿害緩和技術としての有効性. 農業農村工学会論文集, 86 巻 2 号 p. I_275~I_280.
- 渡辺和之ら (1965) : 土壌の物理性と作物の生育および収量との関係 : 第 II 報土壌の粗密. 土壌水分の多少が作物の生育および収量におよぼす影響. 日本作物学会記事, 33 (4), p. 414-417