

稲わらの鋤込みに関する研究

稲わらの長さの相違と耕耘法との関連について

南 敬 二・神橋喜代嗣

Studies on Plowing in Cut Rice Straws

—The relation between differences in length of rice straws
and mechanical tillage—

Keiji MINAMI and Kiyoshi KANBASHI

緒 言

稲わらを堆肥にすることなく、そのまま水田に施用する慣習は、中部以西の温暖地、すなわち、西南暖地ではかなり古くから広範囲に行なわれている。現在では、水田に有機物を還元する方法としての常識となり、一般化されている状態である。

この稲わらの施用法は、冬季から春季にかけて、押切り、または、カッターで適当な寸法に切断して、耕起前の圃場に全面散布したり、裏作物の作条間に施用して、耕起鋤込みを行なっている。稲わらの施用の効果、とくに稲わらの施用量と施用時期、および、稲わら施用時の肥料併用の有無が、水稻の生育収量と、土壌や水稻体内の理化学性におよぼす影響についての研究は、青森農試¹⁾、青柳ら³⁾、江副ら⁵⁾、橋本⁶⁾、井手^{7,8)}、久津那ら¹²⁾、松村ら¹³⁾、宮城農試¹⁵⁻¹⁹⁾、宮崎農試²⁰⁾、静岡農試^{32,33)}、富山農試⁴¹⁾により報告されている。稲わらの長さとの関係については、長野農試^{21,22,24)}、稲わらの施用法の相違と腐植化については、南¹⁴⁾、長野農試²³⁾、大阪農試³¹⁾、富山農試⁴⁰⁾、和歌山農試^{44,45)}などにより報告されている。また、土壌型とわら施用量および施用時期などが、水稻の生育収量や、土壌および水稻の理化学性におよぼす影響については、久津那ら¹¹⁾、直井²⁶⁾、富山農試^{34-37,39,41)}、山形農試⁴⁶⁾が報告している。また、イタリアンライグラスの鋤込み位置と、水稻の生育収量との関係については、農林省農試³⁰⁾から報告されているが、近年になつて全国各地の試験研究機関において、稲わらの施用に関する研究が行なわれて、暖地のみならず、寒地での施用にまで発展してきた。

しかるに、わらの機械的鋤込みについては、青森農試²⁾、遠藤⁴⁾、久津那^{9,10)}、新村ら²⁹⁾、直井^{25,26)}、常松

ら^{42,43)}、富山農試⁴⁰⁾、吉田⁴⁷⁾などにより報告されているが、稲わらの長さとの耕耘軸回転、耕耘速度との組合せが、鋤込みにおよぼす影響についての研究は、いまだ十分でないので、筆者らは稲わらの長さの相違と、耕耘法の相違との組合せが、稲わらの鋤込みにおよぼす影響について実験を行なつた。このたび、これらの実験を取りまとめたので、これが乾燥わらはは勿論、今後普及が予想されるコンバイン、およびバインダーなどによる水稻収穫省力体系の中の生わら処理法に、参考ともなれば幸いと思ひ、ここに報告する次第である。

実験材料および方法

実験 I. 押切り切断わらの鋤込みについて

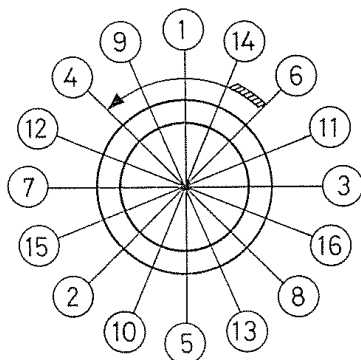
この実験は1956年に、当場の水田を永年畑地化した善通寺統（灰褐色土壌・壤質・マンガン結核あり）の圃場でおこない、土壌水分および硬度は第1表のとおりであつた。稲わらの鋤込み法は、稲わらを3 cmから3 cmきざみに7種類の長さ、押切りで正確に切断し、これをアール当り18.75kgの割合で、0.6m×2.0m=1.2m²の面積に均一に散布して、第2表の主要諸元のロータリ型耕耘機を用いて、耕耘爪回転速度と耕耘速度を第3表に示すとおりに組合せて、この組合せの列のなかに、それぞれの稲わらの長さのものを組入れて耕耘した。このときの耕耘爪は鉋爪を用い、爪の横刃を内側にむけて装着し、耕耘部の後部に双尾輪を用いて、簡易畦立方式で耕耘して、わらを畦のなかに鋤込んだ。このときの耕耘深度は、実用的耕耘深度をえるため、耕耘時にそれぞれの変速の最大耕深で耕耘した。

実験に用いた稲わらの長さ重量は、第5表に示すとおりであつて、全般的に計画寸法より長い傾向であつた。長さの変異については株元の部分が大きく、9 cm

第1表 供試耕耘機の主要諸元

供試機種名	K-4型		
耕耘型式	ロータリ型		
搭載原動機名	K社製 CHC 型石油発動機		
本体重量(kg)	244		
原動機側プーリ(mm)	102		
伝動主軸プーリ(mm)	溝車有効径237		
主軸クラッチ	拡張摩擦板		
走行装置	主軸より車輪軸への動力伝達方式 平歯車方式		
	主軸に対する車輪軸との回転比	前 進	後 進
		低速 0.028	中速 0.039 高速 0.058 0.019
	車輪外径×踏面巾(mm)	510×120(鉄車輪)	
	轍間距離(mm)	540	
主軸に対する耕耘軸の回転比並びに耕耘ピッチ(理論値cm)	車輪軸の変速歯車位置	耕耘軸の変速歯車の回転比	
	低 速	低 速	高 速
		0.322 (13.9)	0.654 (6.8)
	中 速	0.446 (13.9)	0.654 (9.5)
	高 速	0.704 (13.9)	0.654 (14.9)
耕耘刀刃先回転半径(mm)	225		
耕耘刀本数(本)	16		
耕耘刀取付間隔並びに耕耘巾(mm)	38.6×150+28=607		

耕耘刀の打込順位



- 1) この主要諸元は久保田鉄工KK発行の資料による
- 2) 耕耘軸の変速歯車比の内数字は切断ピッチ
- 3) 爪打込順位は1, 14, 6, 11の順序

までの短い場合の変異は、長い稲わらの場合よりも大きい傾向であった。重量については、株元が重く、先になるにしたがって軽くなっている。また、長さ按比例して重くなっていた。重量の変異については、先の部分の方が大きかったが、なかでも9cm以下の短い先の部分は、ほかの部分よりも大きかった。

実験値のとりまとめについては、正確かつ迅速に行なうために、稲わらを鋤込み後、耕耘方向に対して、50cm間隔に鋤で畦の断面を1区当り3ヶ所作り、この畦型と畦型内にある稲わらとを0.3cm×30cm×70cmのガラス

第2表 供試圃場(実験1, 2とも同一圃場)の水分と土壤硬度

変速ギヤの組合せ	土壤水分(地表下10cm)	土壤硬度(kg/cm ²)* 調査位置(cm)			
		0~5	5~10	10~15	15以上
荒 低	13	12	34	32	22
荒 中	12	14	34	24	25
荒 高	13	15	32	25	20
細 低	13	9	24	15	14
細 中	13	14	30	20	17
細 高	13	12	31	25	26
平均	13	13	31	24	21

*土壤硬度の測定は、P21型押し込み式硬度計による

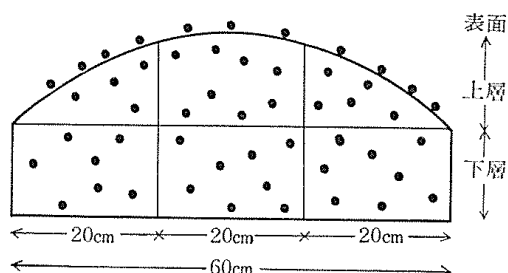
第3表 変速ギヤの組合せと耕耘速度

耕耘刀速度	低速回転(荒耕耘)			高速回転(細耕耘)		
	低速	中速	高速	低速	中速	高速
原動機回転数/min	1406	1343	1249	1385	1308	1148
耕耘速度 m/sec	0.39	0.55	0.75	0.34	0.53	0.66

第4表 供試カッターの主要諸元

供試機名	AS式エンシレージカッター
切断型式	フライホイール型(2枚刃)
ロール寸法(mm)	86φ×127
回転刃寸法(mm)	165
所要馬力(PS)	1~2
切断寸法(mm)	9~75
上ローラ伝達方式	ユニバーサルジョイント使用
クラッチ	爪クラッチ使用
ミッション	カム利用
変速	前進・停止・後進の三段

板にうつしとり、これを5cmの方眼紙の上ののせて、写真撮影をした。この図面化した資料にもとづき、第1図の要領で、垂直的鋤込みを調査するために、表面、上層(畦の高さの1/2より上部)、下層(畦の高さの1/2より下部)の3層に区分し、また、水平的鋤込みを調査するために、畦巾を20cm間隔に3等分し、左・中・右の3区に区分して、それぞれの面積内にある稲わらを調査し、畦断面内にある稲わら総数との百分比を算出して、各層の鋤込み率とした。鋤込みの良否は、稲わらの腐植しやすい位置、すなわち、作物の生育に大きな効果を与える位置に鋤込みをもつて良好とされるが、稲わらの腐植化は、鋤込みの位置、鋤込み時期と鋤込み時の窒素施用の有無、土壌型、土壤水分、稲わらの水分と長さなどによつて異なるので^{1,3,5,6-8,12,14-20,31,33,41)}、稲わらの



第1図 鋤込みわらの垂直ならびに水平分布の調査法
 鋤込み位置については、遠藤ら⁴⁾、久津那ら^{9,10)}、松村ら¹³⁾、長野農試²³⁾、新村ら²⁹⁾、農林省農試³⁰⁾、大阪農試ら³¹⁾、富山農試⁴⁰⁾、和歌山農試ら^{44,45)}の報告にもとづき、畦の下層(畦の高さの1/2より下部)に多く鋤込まれたものを良好な鋤込みと定めた。

実験II. カッター切断わらの鋤込みについて

この実験は1956年に、第1実験と同じ土質の当場の圃場でおこない、土壌水分および硬度については、第1表のとおりであつた。稲わらの鋤込み法は、第4表の主要

第5表 押切り切断による稲わらの長さ重量(30切片の平均値)

計画寸法 (cm)	調査位置	長 さ			重 量		
		長さ (cm)	標準 偏差	変異 係数	重量 (g)	標準 偏差	変異 係数
3	株	3.7	0.4	10.8	0.16	0.01	6.2
	中央部	3.2	0.3	9.3	0.09	0.33	36.6
	先	3.6	0.4	11.1	0.03	0.02	66.6
6	株	6.5	0.9	13.8	0.26	0.09	34.6
	中央部	6.4	0.4	6.2	0.09	0.02	22.2
	先	6.1	0.5	8.1	0.04	0.02	50.0
9	株	8.7	0.8	9.7	0.31	0.09	29.0
	中央部	9.2	1.2	13.0	0.11	0.02	18.1
	先	9.9	0.6	6.0	0.05	0.02	40.0
12	株	12.5	9.8	6.4	0.48	0.13	27.0
	中央部	12.8	0.5	3.9	0.23	0.07	30.4
	先	12.6	0.7	5.5	0.17	0.04	23.5
15	株	16.3	0.9	5.5	0.49	0.16	32.6
	中央部	16.2	0.5	3.0	0.25	0.06	24.0
	先	15.3	9.2	1.3	0.13	0.05	38.4
18	株	18.8	0.5	2.6	0.59	0.15	25.4
	中央部	18.7	0.4	2.1	0.22	0.05	23.6
	先	18.5	0.3	1.6	0.15	0.03	20.0
21	株	20.2	0.8	3.9	0.72	0.17	23.6
	中央部	20.2	0.4	1.8	0.37	0.06	16.2
	先	21.2	1.0	4.7	0.21	0.06	28.6

諸元のカッターで1.7, 3.5, 5.3, 7.5cmの4種類に稲わらを切断して、アール当り18.75kgの副合で0.6m×2.0m=1.2m²の面積に均一に散布し、これを第1実験に用いたロータリ型耕耘機で、耕耘爪回転速度と耕耘速度とを第1実験と同様に組合せ、この組合せの列のなかに、それぞれの稲わらの長さのものを組み入れて耕耘した。このときの耕耘爪は鉋爪を用い、爪の横刃を内側にむけて装着し、耕耘部の後部に双尾輪を用いて、簡易畦立方式で耕耘鋤込みをして、わらを畦のなかに鋤込んだ。このときの耕耘深度は、実用的耕耘深度をえるため、耕耘時にそれぞれの変速の最大耕深で耕耘した。

実験に用いた稲わらの長さ重量は、第6表に示すと

第6表 カッター切断による稲わらの長さ重量(30切片の平均値)

計画寸法 (cm)	調査位置	長 さ			重 量		
		長さ (cm)	標準 偏差	変異 係数	重量 (g)	標準 偏差	変異 係数
1.7	株	2.0	0.7	35.0	0.04	0.03	75.0
	中央部	1.4	0.2	14.2	0.02	0.01	50.0
	先	1.5	0.2	13.3	0.02	0.01	50.0
3.5	株	3.2	0.5	15.6	0.14	0.04	28.5
	中央部	2.8	0.4	14.2	0.08	0.02	25.0
	先	2.7	0.5	18.5	0.04	0.02	50.0
5.3	株	5.0	0.6	12.0	0.15	0.02	13.5
	中央部	8.2	0.8	9.7	0.11	0.03	27.2
	先	7.1	1.5	21.1	0.06	0.02	33.3
7.5	株	6.2	0.7	11.2	0.15	0.04	26.6
	中央部	9.4	2.5	26.5	0.14	0.04	28.5
	先	10.9	1.4	12.9	0.06	0.01	16.6

おりであつて、3.5cmの長さまでは、株元の方が計画寸法より長く、先の部分は短くなつていた。5.2~7.5cmの長さになると、逆に株元の方が短く、先の部分が長くなつていた。長さの変異については、1.7cmの株の部分か35%である以外は、ほとんどが10%台で、変異は全般的に小さかつた。重量はいづれの長さでも株元の部分が重く、先の部分は軽く、長さの増加とともに重くなつていく。重さの変異では、1.7cmの長さのとき各部分とも50%以上の大きい変異であつたが、株の部分の方が変異が大きかつた。3.5~5.2cmの長さでは、逆に株の部分の変異は小さく、長さの増加とともに各部の変異も小さかつた。7.5cmの長さでは、株や中央の部分は、先の部分よりも変異は大きかつた。

実験値のとりまとめについては、第1実験と同様の要

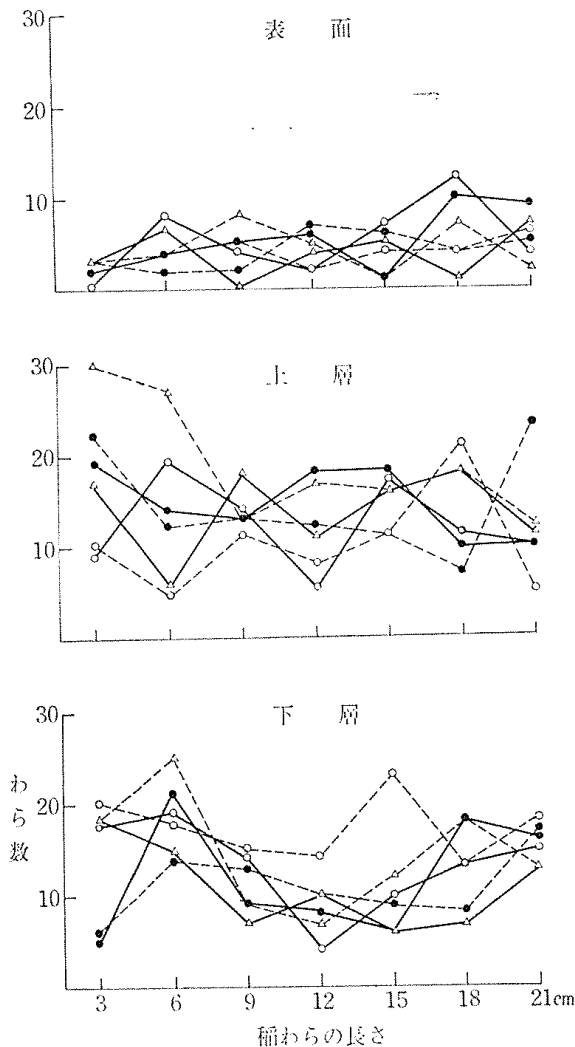
領で、耕耘鋤込み後50cm 間隔に、鋤で畦の断面を1区当り3ヶ所作り、表面、上層(畦の高さの1/2より上部)、下部(畦の高さの1/2より下部)の3層に区分し、水平的鋤込みを調査するために、畦巾を20cm 間隔に3等分して、左・中・右の3区に区分して、それぞれの面積内にある稲わら数を調査し、畦断面内にある稲わら総数との百分比を算出して、各層の鋤込み率とした。鋤込みの良否は、第1実験と同様に畦の下層(畦の高さの1/2より下部)に多く鋤込まれているものをもって、良好な鋤込みと定めた。

実験結果

実験I. 押切り切断わらの鋤込みについて

(1) 稲わらの長さと同層別の鋤込み数

稲わらの長さと同層別鋤込み数との関係は、第2図に



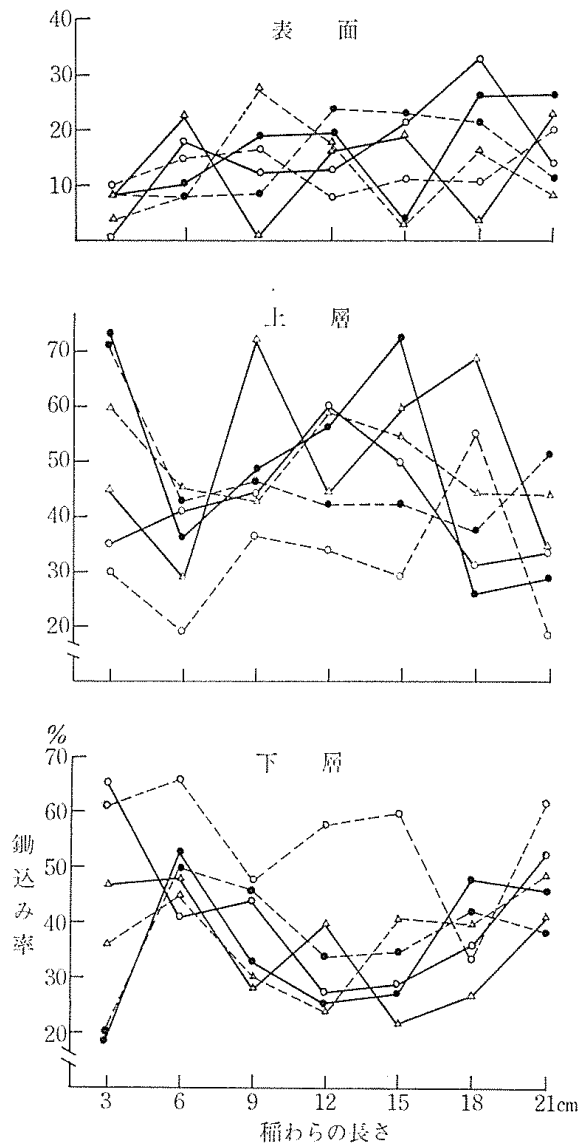
第2図 稲わらの長さの相違と鋤込み数との関係

- 低速耕耘
- △ 中速耕耘
- 高速耕耘
- 荒耕耘
- 細耕耘

示すとおり、表面露出数は、3cm の長さの場合では3個で最も少なかった。6~15cm の長さではやや多くなって8個の露出数であつたが、18cm の長さでは12個のものもあつた。全般的にみて、稲わらの長さ按比例して露出数は多くなつていた。

上層の鋤込み数は、3、6cm の長さでは5~30個の鋤込み数であつたが、9、12、15cm の長さでは各長さともほぼ類似した5~18個の鋤込み数であつて、18、21cm の長さになるとこれよりもやや多い鋤込み数であつた。

上層の鋤込み数は、6cm の長さのときにいずれの長さのものよりも下層に多く鋤込まれていて、その数は16~25個であり、21cm の長さのものがこれについて多く



第3図 稲わらの長さの相違と鋤込み率との関係

- 低速耕耘
- △ 中速耕耘
- 高速耕耘
- 荒耕耘
- 細耕耘

15～18個の鋤込み数で、12cmの長さのものが最低であつた。全般的に、12cmの長さのものの鋤込み数を最低として、これよりも長く、あるいは短くなるに従つて多く鋤込まれている傾向がみられた。

(2) 稲わらの長さの相違と各層別の鋤込み率との関係

稲わらの長さの相違と、畦の各層別の鋤込み率との関係は、第3図に示すとおり、表面露出率では、3cmの長さのときに、10%以下の露出率で、6cm以上の長さになると、0～33%の露出率であつて、全般的には、6cm以上の長さでは、ほとんどが10～26%の露出率であつた。

上層の鋤込み率は、全般的にみて、6cmの長さの稲わらは19～48%で鋤込み率が低く、21cmの長さのものは18～52%でこれについて低かつた。その他の長さでは30～72%で、上層の鋤込み率は高かつた。下層の鋤込み率は、上層とは逆に、6cmの長さのときに鋤込み率が高く、41～66%であり、これについて高いのが21cmの長さのもので、38～62%の鋤込み率であつた。下層の鋤込み率は、鋤込み数と同様に、12cmの長さのものの鋤込み率が23～58%で最低であつた。すなわち、12cmの長さのものを最低として、稲わらが短く、あるいは長くなるに従つて、下層に多く鋤込まれて、6cmと21cmの長さのときに最高となつていた。

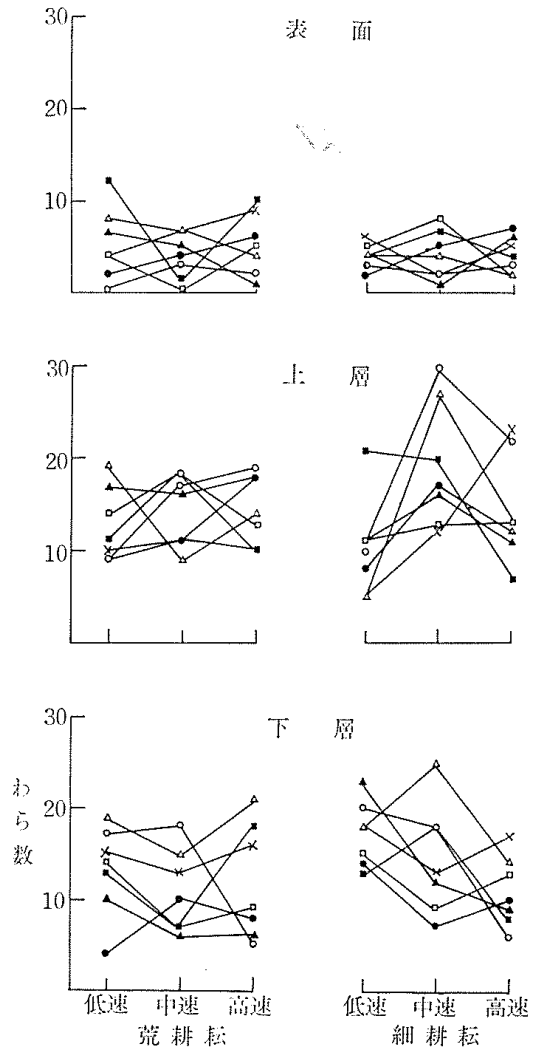
(3) 長さの相違と水平的(左右別)の鋤込み率との関係

60cmの畦巾を20cm間隔に3等分して、これに左・中・右の名称をつけて鋤込み状態を調査した結果、各部の差10%以内をもつて左右ほぼ均一とみなされる鋤込み状態であつたのは、3cmの長さのときに3つの変速、18cmの長さのときに2つの変速、9、12、15、21cmの長さのときにそれぞれ1つの変速にみられたが、これら以外の場合では、中央に多いか、左右に多い鋤込みであつて、全般的に、長さの相違と水平的鋤込率との間には、一定の傾向はみられなかつた。

(4) 変速の相違と鋤込み数との関係

変速の相違と鋤込み数との関係は、第4図に示すとおり、表面露出数は、全般的に細耕耘の方が荒耕耘よりも少ない。なかでも細一低速耕耘・細一高速耕耘が3～7個で少なかつた。荒耕耘では荒一中速耕耘が0～7個で少なかつたが、ほかの変速では0～13個のものもあつて、やや多い傾向であつた。

上層の鋤込み数は、全般的には荒耕耘の方は、各変速ともほぼ類似した数であつて、細耕耘より少なく、9～19個の鋤込み数であつた。また、細耕耘では、細一低速



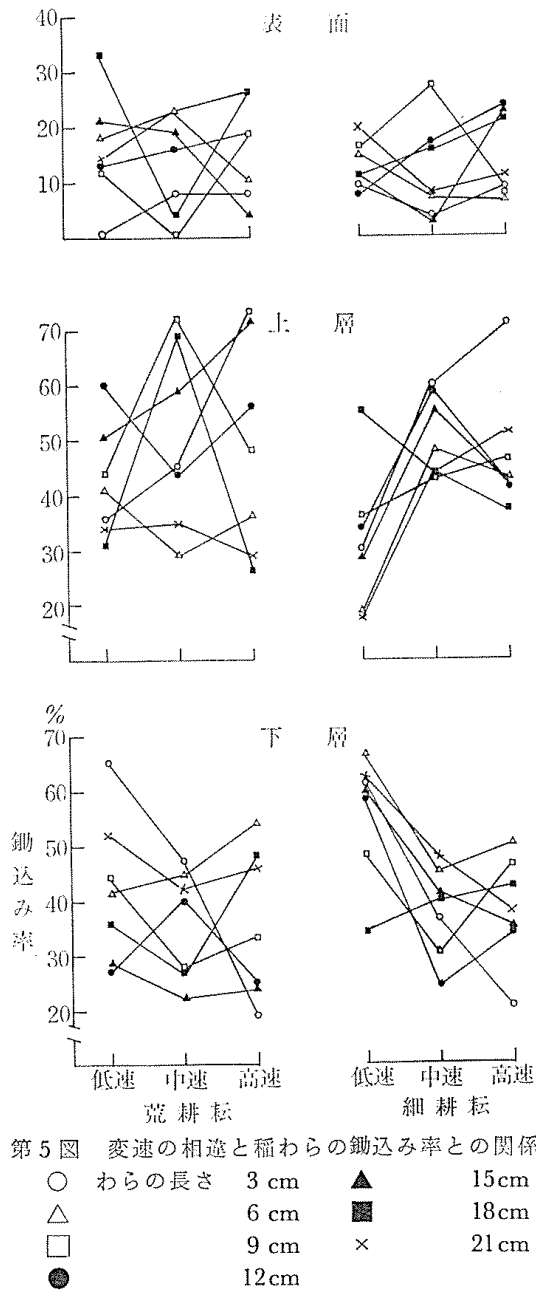
第4図 変速の相違と稲わらの鋤込み数との関係
 ○ わらの長さ 3cm ▲ 15cm
 △ 6cm ■ 18cm
 □ 9cm × 21cm
 ● 12cm

耕耘の5～21個が最も少なく、細一高速耕耘の7～32個、細一中速耕耘の12～30個の順に多い鋤込み数であつた。

下層の鋤込み数は、全般的に荒耕耘の方は4～19個で各変速とも類似した数であつたが、細耕耘の方は細一低速耕耘のときに13～23個で最も多く、細一高速耕耘のときに6～17個で最も少なかつた。以上の結果、細一低速耕耘はほかの変速に比較して、畦の表面、および上層の鋤込み数が少なく、下層の鋤込み数が最も多かつた。また、細耕耘のほかの変速では、荒耕耘よりも上層の鋤込み数は多かつた。

(5) 変速の相違と垂直的(層別)鋤込み率との関係

変速の相違と層別の鋤込み率との関係は、第5図に示



すとおりに、畦表面の露出率は細一低速耕耘の7~20%の鋤込み率が最も低く、荒一中速耕耘の0~23%、細一高速耕耘の6~24%の順に露出率が高くなって、荒一低速耕耘の0~33%が最も高かそたが、全般的にみて細耕耘の方が露出率は低かつた。

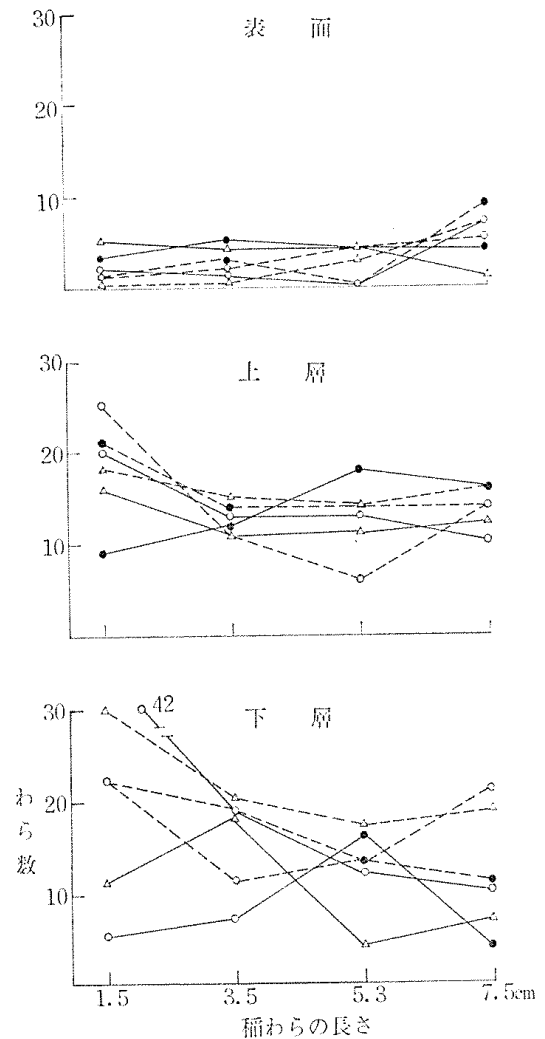
上層の鋤込み率は、細耕耘の方が荒耕耘よりも鋤込み率が低く、かつ、稲わらの長短による影響は少なかつた。すなわち、細一低速耕耘のときは17~53%の鋤込み率で最も低く、細一中速耕耘のときは42~60%、細一高速耕耘のときは37~71%の順となつていた。荒耕耘では荒一低速耕耘のときは31~60%で最も低く、ほかの変速では鋤込み率26~73%であつて、細一低速耕耘以外は、鋤

込みわらの大部分が畦の表面と上層に鋤込まれていた。

下層の鋤込み率は、上層の鋤込み率とは逆に、細一低速耕耘のときの鋤込み率は34~66%で最も高く、鋤込みわらの大部分が下層に鋤込まれていた。これについて鋤込み率の高いのは、荒一低速耕耘のときの27~65%、細一中速耕耘のときの24~47%などであつた。全般的にみると、細・荒いづれの耕耘法でも低速耕耘のときに下層に多く鋤込まれていて、なかでも細一低速耕耘が最も鋤込率が高かつた。

(6) 変速の相違と水平的(左右別)鋤込み率との関係

変速の相違による水平的な鋤込み率については、左右各部の差10%以下をもつてほぼ均一な鋤込みとみなした場合は、荒一高速耕耘でわらの長さが9~18cmのときと、荒一中速耕耘で3cm、細一中速耕耘で3cm、および18cm、細一高速耕耘で12cm、および21cmの長さの



第6図 稲わらの長さの相違と鋤込み数との関係

○ 低速耕耘 — 荒耕耘
△ 中速耕耘 - - - 細耕耘
● 高速耕耘

ときに均一であつた。そのほかのものは、各部分の差が大きく、均一な鋤込みはみられなかつた。

実験Ⅱ. カッター切断わらの鋤込みについて

(1) 稲わらの長さの相違と鋤込み数との関係

稲わらの長さの相違と鋤込み数との関係は、第6図に示すとおり、表面露出数は5.3cm以下の長さのときは、0～5個で少なく、7.5cmの長さのときは4～9個でやや多かつた。

上層の鋤込み数は、3.5～7.5cmの長さまでは全般的に少なく6～18個であつたが、1.7cmの長さのときには9～25個で最も多い鋤込み数であつた。

下層の鋤込み数も上層の鋤込み数とほぼ類似していた。すなわち、3.5～7.5cmの長さまでは4～21個で各長さともほぼ類似して少なく、1.7cmの長さのときには5～52個の鋤込み数で最も多かつた。

(2) 稲わらの長さの相違と垂直的(層別)鋤込率との関係

稲わらの長さの相違と垂直的鋤込率との関係は、第7図に示すとおり、表面露出率は、1.7～5.3cmの長さのときは21%以下であり、7.5cmの長さのときは5～26%で5.3cm以下の長さのときよりも多かつた。

上層の鋤込率は、1.7～3.5cmの長さのときは32～53%で最も少なく、5.3cmの長さのときは26～57%、7.5cmの長さのときは14～66%と、稲わらの長さが長くなるに従つて上層の鋤込率が高くなつていた。

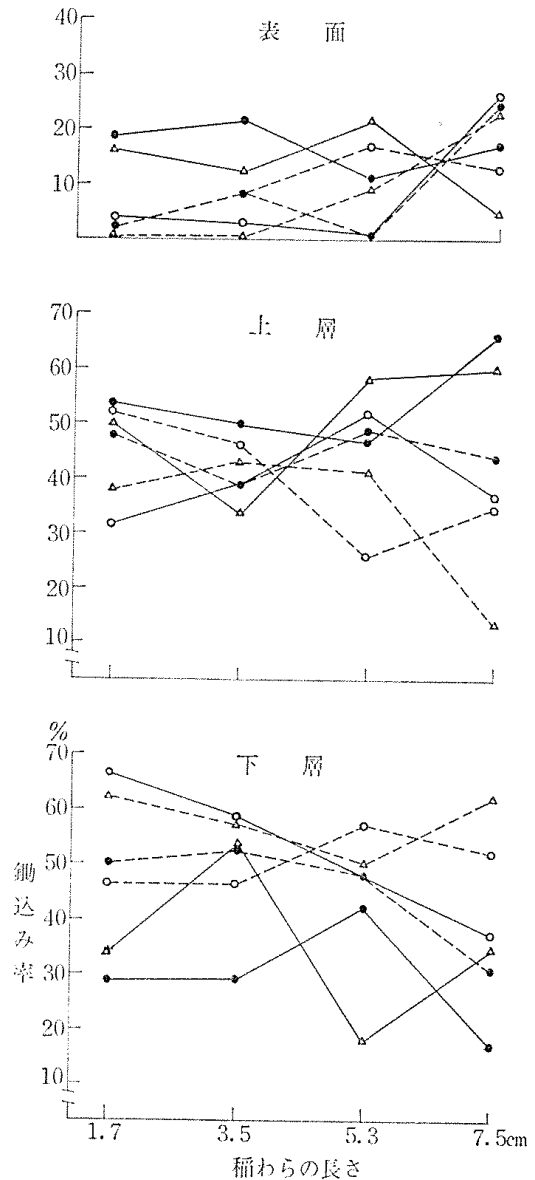
下層の鋤込率は、上層の鋤込率とは逆にわらの長さが長くなるに従つて鋤込率は低くなつていた。すなわち、7.5cmの長さのときの鋤込率は17～62%で、5.3cmの長さのときは18～57%、3.5cmの長さのときは29～58%、1.7cmの長さのときは29～66%の鋤込率であつて、5.3cm以下の長さのときに46%以上の鋤込率のものが多かつた。

(3) 稲わらの長さの相違と水平的左右別鋤込率との関係

稲わらの長さの相違と水平的鋤込率との関係は、各部均一に鋤込まれているものはほとんどなく、1.7cmの長さ3.5cmの長さのときにそれぞれ1つ、7.5cmの長さのときに2つの変速に、ほぼ均一とみられるものがあるほかは、左右に多いか中央に多い鋤込みであつた。

(4) 変速の相違と稲わらの鋤込み数との関係

変速の相違と稲わらの鋤込み数との関係は、第8図に示すとおり、表面露出数は、細耕耘の方が荒耕耘よりもやや多かつた。なかでも最も多く露出していたのは細一高速耕耘のときの11個であつた。露出の少なかつたのは



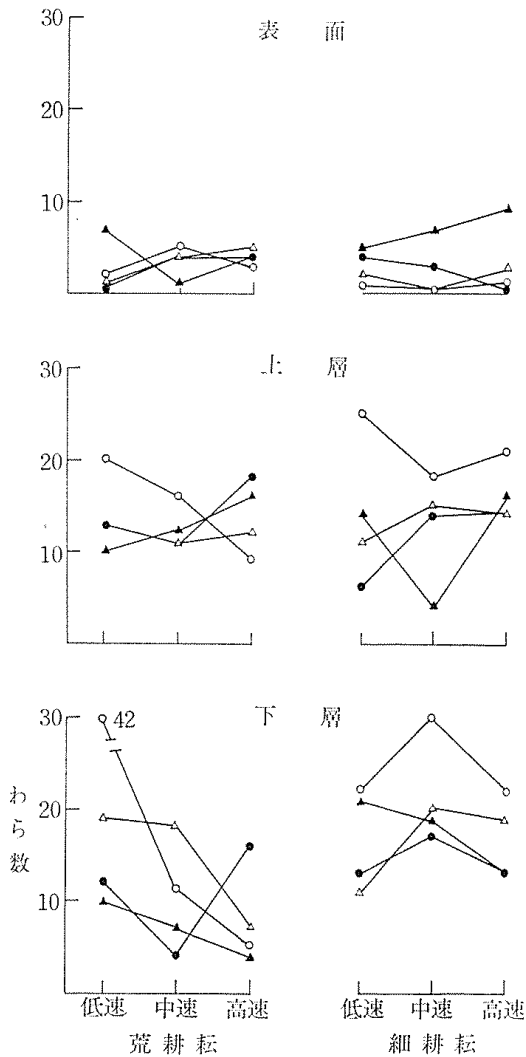
第7図 稲わらの長さの相違と鋤込率との関係

○ 低速耕耘 — 荒耕耘
△ 中速耕耘 - - - 細耕耘
● 高速耕耘

荒一中速耕耘、荒一高速耕耘、細一低速耕耘のときで、その数は5個以下であつた。

上層の鋤込み数は、全般的に荒耕耘は細耕耘よりも少なく、各変速とも9～20個の鋤込み数であつた。細耕耘では細一高速耕耘が多く、その数は14～19個であつた。そのほかの変速、すなわち、細一低速耕耘のときは6～25個、細一中速耕耘のときは4～21個の鋤込み数であつた。

下層の鋤込み数は、細耕耘の方が各速度ともに多かつた。すなわち、細一中速耕耘が最も多くて17～29個であり、これについて多いのは細一高速耕耘の13～22個、細



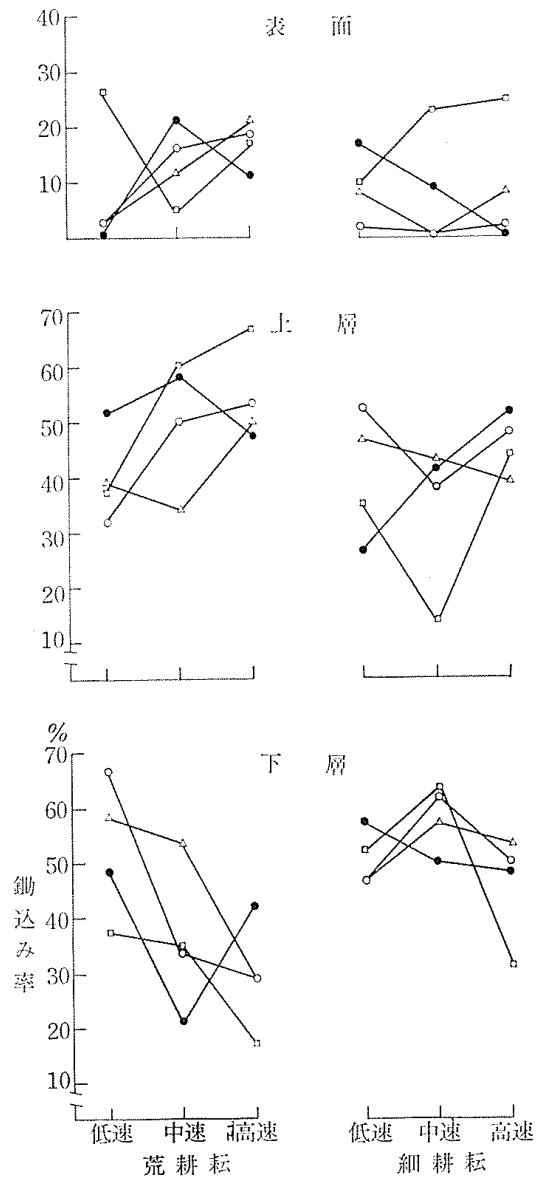
第8図 変速の相違と稲わらの鋤込数との関係
 ○ わらの長さ 1.7cm ● 5.2cm
 △ 3.5cm ▲ 7.5cm

—低速耕耘の11~22個の順であつた。荒耕耘の荒—低速耕耘のときは10~42個で鋤込数の多いものもあつたがその巾も大きかつた。そのほかの変速では4~8個で、なかでも荒—高速耕耘のときは4~16個で最も少なかつた。

(5) 変速の相違と垂直的(層別)鋤込み率との関係

変速の相違と稲わらの垂直的鋤込み率との関係は、第9図に示すとおり、表面の露出率は全般的にみて、細耕耘の方が低かつた。すなわち、細—低速耕耘のときは2~17%で最も低く、細—中速耕耘、細—高速耕耘のときは大部分10%以下の露出率であり、荒耕耘では荒—低速耕耘のときは大部分3%以下の低い露出率であつた。そのほかの変速では稲わらの長さ間に差は少なく、5~21%の露出率であつた。

上層の鋤込み率は、荒耕耘の方が細耕耘よりも多く鋤



第9図 変速の相違と稲わらの鋤込率との関係
 ○ わらの長さ 1.7cm ● 5.2cm
 △ 3.5cm □ 7.5cm

込まれていて、すなわち、荒耕耘は荒—低速耕耘のときが最も低くて31~51%で、荒—中速耕耘のときは34~60%、荒—高速耕耘のときは46~66%の順に高くなつていて、耕耘速度に比例して、上層の鋤込み率が増加しているが、細耕耘は細—中速耕耘のときは最も低くて14~44%で、細—低速耕耘のときは25~52%、細—高速耕耘のときは38~51%の順に高くなつていた。

下層の鋤込み率は、上層の鋤込み率とは逆になつていて、すなわち、細耕耘では細—中速耕耘のときは50~64%、細—低速耕耘のときは46~57%と各長さともに鋤込み率は高かつたが、細—高速耕耘のときは7.5cmの長さの場合を除いて48~53%の鋤込み率であつた。一方、荒

耕耘では荒一低速耕耘のときは37~66%で鋤込み率は高く、荒一中速耕耘、荒一低速耕耘の順に低く、荒耕耘による下層の鋤込み率は上層の鋤込み率とは逆に低くなっていた。

(6) 変速の相違と水平的(左右別)鋤込み率との関係
変速の相違による水平的鋤込み率は、いずれの変速の場合でも、左右各部とも均一な鋤込みはみられなかつた。

考 察

ロータリー型耕耘機に鉋爪の横刃を内側に向けて装着し、押切りとカッターで切断した稲わらを耕耘鋤込みした場合、稲わらの長さの相違と、耕耘軸回転速度と耕耘速度との組合せが、稲わらの鋤込み数、鋤込み率におよぼす影響を畦の垂直的と水平的に調査した結果について検討すると、次のとおりである。

全般的にみると短い稲わらは、畦の表面に露出するのが少なく、上下層に鋤込まれているのが多い。

垂直的鋤込み状態を稲わらの長さ別にみると、押切り切断わらでは、6、21cmの長さのときが各変速とも下層に多く鋤込まれ、12cmの長さのときが最も少なく、これよりも長くなり、また、短くなるに従って鋤込み率が高くなっている。カッター切断わらでは、3.5~5.2cmの長さの場合に多く鋤込まれている。変速の相違と鋤込み率との関係は、細耕耘と荒一低速耕耘のときに鋤込み率が高かつた。これは耕耘刀の横刃を内側にして、爪間隔を38.6mmに装着して耕耘したため、短い稲わらは切わら数が多いのと、短い切片であるため、耕耘刃の高速攪拌耕により、土壌とよく混合し、下層の方に多く鋤込まれたものと思われる。すなわち、押切と切断の6cmの稲わらは、わらの長さとの関係が鉋爪の高速回転による攪拌耕でよりよき状態をえて、下層の位置に多く鋤込まれたものと考えられる。一方、9~18cmの長さのときには、わら数と切わらの長さとの関係から鋤込みのチャンスが少なくなり、また、わら相互間の干渉作用により、畦の表面に放出されたり、稲わらの浮き上りにより上層への鋤込みが多くなつて、下層への鋤込み量が少なくなつたものと思われる。21cmの長さになれば、長い切りわらであるため葉鞘、葉片などが交錯し、これによるわら相互間の干渉作用なども手伝つて、確実に耕耘爪により下層にまで鋤込まれたものと思われるが、この現象については吉田⁴⁷⁾は、稲わらの切込みは土壌の変異と同様に、その分布が多分にチャンスに支配されると言うている。

稲わらの長さとお米の収量との関係については、長野農試^{22,24)}は稲わらの長さを6.5、15、40cmにして、ロー

タリ耕耘機で鋤込みを行なつて、お米の生育収量との関係を調査した結果、6.5cmの長さのときに収量が最も多く、稲わらが長くなるほど減収していると報告している。また、乾田直播田にアール当り30kgの稲わらを上記と同様の切断寸法で、12cmの耕深に耕耘鋤込みした結果、6.5cmの長さのとき、ツースハローやグレンドリルなどのからみつきが少なく、収量も多かつたと報告している。このように、切わらの長さは、短い方が“まきつき”が少なく、分解も早いから、切断労力や散布労力が多く必要とするため、長く切断する方が省力になるが、下層への鋤込み状態、鋤込み後の作業、収量などを考察するときは、6cm程度の長さで切断するのが適当と思われる。

また、垂直的の鋤込み状態については、遠藤ら⁴⁾は、ロータリー型耕耘機5機種に、それぞれ普通爪を装着して、5~6cmの稲わらを散布した水田を耕起したとき、下層への鋤込量は37%程度で、50~60%が上層に鋤込まれたか、または露出していたと報告している。このように、普通爪での鋤込みについては、常松^{42,43)}は普通爪で稲わらを耕耘するときは、稲わらが耕耘刀か耕耘軸からみつき、その分布密度をうすくすると報告している。このからみつきは、稲わらの水分や、長さ、圃場条件などによつて異なる。すなわち、耕耘中からみついた稲わらは、剝脱されて畦表面に放出されたり、耕耘途中に畦の上層に置き去られたりする傾向は、普通爪と鉋爪とは異なる打込み特性をもっているため、筆者らの実験結果と異つている。

コンバインによる収穫わらの鋤込みについては、青森農試²⁾では、15cmの長さで切断して、その後のわらの処理法、散布時期などをかえて、5月上旬にトラクター装着のロータリー(ハワードロータベーター)で耕耘した結果、切断後秋散布、脱穀後そのまま放置のわらを変速1で耕耘したとき、および切断後堆積春散布のわらを変速2で耕耘したときに、それぞれ下層に40~50%の鋤込み率を示している程度で、ほとんどが21~37%の鋤込み率であつて、全般的には上層の鋤込み率が高かつたと報告している。また、直井^{25,26)}は、稲わらの長さを10cmから10cmきざみに4段階に切断し、これを重量比で混合散布して、トラクター装着のロータリーテイラー(ランドマスター)で1回耕耘と2回耕耘を行なつた結果、1回耕耘では下層に10%以下の鋤込みであつたが、2回耕耘では26%程度と、1回耕耘より少量とあるが増加をみている。また、直井²⁶⁾は、稲わらの長さ18cmで2回耕耘して、下層に34%の鋤込みがあつたと報告している。

久津那ら^{9,10)}、新村²⁶⁾らは、乾燥わらと湿わらを7、15、30、45cmの4種類に切断して、アール当り60kgと90kgを散布し、ロータリ型耕耘機で1回耕耘と2回耕耘をした場合の鋤込み状態は稲わらの長さが長いほど下層への鋤込み率が少なく、稲わらの長さが15cm以下のときには、アール当り散布量が60kg、90kgとも畦の下層に40%の鋤込み率があり、30cm以上の長さでは15cm以下の長さにくらべて、いずれも下層への鋤込み率が低く、また、2回耕耘ではアール当り60kg散布の方が下層への鋤込み率が高かつた。なお乾燥わらと湿わらの鋤込み率は、湿わらの方が畦の下層への鋤込み率は高かつた。大型トラクターのロータリ耕耘では、畦の下層への鋤込み率は20~40%で、爪回転が高速であるほど下層に鋤込まれる率が高く、土壌の粘質などところでは、稲わらの長さが短くなるほど乾燥わらより湿わら、耕耘軸回転速度が高速の場合に、下層に鋤込まれる率が高い。また、小型耕耘機の爪回転軸の高速であるほど下層に鋤込まれる率が高かつたが、大型トラクターのロータリ耕耘と比較すると、下層への鋤込み率は低くかつたと報告している。筆者らの実験はアール当り18.75kgで少なかつたが、下層への鋤込み率は一致した。

前二者のトラクター装着のロータリ耕耘では、稲わらの露出量や上層鋤込み量が多くて、下層鋤込み量が少なかつたが、富山農試³⁸⁾では、爪回転が高速の場合に下層に鋤込まれる率が高く、小型耕耘機よりも下層への鋤込み率が高かつたと報告している。これは、国産トラクター附属のロータリであるため耕耘機と類似の爪の形状配列であるに反して、前二者はロータベータの爪であるため爪の形状、爪間隔、耕耘ピッチなどが異なり、プラウ耕後の碎土に適するが、未耕起田の耕耘用には適せず、とくに稲わらの鋤込みには不向であることが下層への鋤込み率を悪くしたものと思われる。

常松ら^{42,43)}は、鉤爪装着のロータリ型耕耘機で稲わらを鋤込んだ場合の変速上の特徴は、耕耘軸の同一変速条件下においては、細、荒耕耘ともに低速走行時の方が高速の走行時よりも土壌混和精度は高値を示す傾向がみられるも、耕耘軸の低速回転時(荒耕耘)には、この差はあまり顕著でないと報告している。また、吉田⁴⁷⁾は、土壌の混和精度と稲わらの打込み精度とは、一致した傾向が認められ、稲わらの打込みに及ぼす要因として、打込み角 α 、逃げ角 β 、切断角 γ の3つについて、それぞれの角度をかえて実験を行ない、鉤刃型耕耘機で耕耘する場合には、稲わらなど地表に散布されたものは切込み角 α の大小にかかわらずよく耕耘土壌中に切りこまれているが、耕耘土壌の各層に対するその分布は、主として逃げ

角 β 、切断角 γ によつて影響すると報告している。

これがため、荒一低速耕耘する場合、 $\beta=20^\circ$ 程度では上層附近における切込み稲わらの分布密度が高く、 β を増すほど分布が均一になり、細一低速耕耘については、 β の大小にかかわらず下層の分布密度が高くなる傾向が認められている。また、荒一低速耕耘では、 $\gamma=50^\circ$ 程度では切込稲わらの分布が均一とみなされるが、 γ を増すと上中層の切込みわらの分布密度が高くなり、細一低速耕耘では、 γ の大小にかかわらず中下層分布密度が高くなる傾向が認められている。筆者らが行なつた変速と鋤込みとの関係は、押切り切断わらでは細一低速耕耘のときに、稲わらの長さ18cmのときに34%の鋤込み率であつたのを除いて、下層に46~66%の鋤込み率を示しており、カッター切断の稲わらでも細一中速耕耘、細一低速耕耘で46~63%の鋤込み率であつたことは、いずれも常松ら^{42,43)}、吉田ら⁴⁷⁾の報告とよく類似した傾向である。荒耕耘では低速時に、押切り切断わらでは9cm以下、カッター切断わらでは5.2cm以下の長さのときに下層によく鋤込まれているのは、これは用いた爪の β 角が 20° 以上で、 γ 角 50° 程度の爪であつたことによるものと推察される。

耕耘深度と鋤込量との関係について、遠藤⁴⁾は、耕深12~13cmまでは耕深の増加に比例して下層部への鋤込み数量は増加するが、これ以上の耕深になれば減少するのではないかと報告しているが、筆者らは、稲わらの長さや耕耘刀の回転速度、耕耘速度の組合せについて実験を行なつていないため、耕深の変化にともなう鋤込み量の増減の傾向は認められなかつた。

K-4型耕耘機を用いて、アール当り18.75kgの稲わらを散布して、稲わらの長さの相違と耕耘刀の回転速度、耕耘速度との組合せとの関連において稲わらの鋤込みを実験した結果、稲わらの長さでは6cm以下が下層に最も多く鋤込まれ、水稻の収量においてもこれより長い場合にくらべて増収を示しており、耕耘法においては、耕耘刀を高速細耕耘にして耕耘速度を低速度にするときに、稲わらは下層に多く鋤込まれることを認めた。

しかし、各府県の試験場の試験結果では、アール当りの稲わらの散布量は60kgが適当としているのに対して、本実験の散布量はアール当り18.75kgで少なかつたが、畦の下層部への鋤込み率は15cm以下の長さで切断した場合に多くなつてゐることは、本実験と一致するところである。

以上の結果、稲わらの鋤込みを行なう場合には、稲わらを6cm以下に切断して細一低速耕耘するのが、本実験の結果から最も適した鋤込法と思われる。

摘 要

ロータリ型耕耘機に鉋爪の横刃を内側にむけて装着し、押切りとカッターで切断した稲わらを耕耘鋤込みした場合、稲わらの長さの相違と、耕耘軸の回転速度と耕耘速度との組合せが、稲わらの鋤込み数、鋤込み率について、畦における垂直的分布と水平的分布から調査した結果はつぎのとおりである。

1. 稲わらの長さと稲わらの鋤込み数との関係は、稲わらの短いほど畦表面の露出数は少なかった。すなわち、押切り切断わらでは3 cm、カッター切断わらでは5.2 cm以下が少なかった。畦の下層に多く鋤込まれたのは、押切り切断わらでは6, 21 cm、カッター切断わらでは3.5 cm以下のわらであった。

2. 耕耘速度と稲わらの鋤込み数との関係は、押切り切断わらでは、各長さとも細—低速耕耘のとき畦の上層に少く、下層に多く鋤込まれた。カッター切断わらでは、細—中速耕耘が下層に最も多く鋤込まれた。

3. 切わらの長さと鋤込み率との関係を垂直的分布で見ると、下層に多く鋤込まれたのは押切り切断わらでは6, 21 cm、カッター切断わらでは3.5~5.2 cmの長さで、それぞれの鋤込み率は40%以上であった。

4. 耕耘法の相違と鋤込み率との関係を垂直的分布で見ると、細耕耘のときに下層に多く鋤込まれている。すなわち、押切り切断わらでは細—低速耕耘、カッター切断わらでは細—中速耕耘、細—低速耕耘が下層に多く鋤込まれ、それぞれの鋤込み率は45%以上であった。

5. 稲わらの鋤込み状態を水平的分布で見ると、稲わらの長さや耕耘法には関係なく、いずれの場合でも左右均一に鋤込まれなかった。

引用文献

- 1 青森県農業試験場 1966. 水稲に対する稲わら施用に関する試験. 青森農試試験成績書 昭和41年度: 3—22.
- 2 ———— 1966. 稲わらの鋤込みに関する試験. 青森農試試験成績書 昭和41年度: 35—40.
- 3 青柳栄助・佐藤俊夫 1968. 素わら施用の土壌肥料学的研究 I, 乾田直播について. 東北農業研究 9: 86—89.
- 4 遠藤俊三・日朝恒夫 1953. 水田裏作における動力耕耘機の耕耘能力について. 和歌山農試特別報告 2: 9—11.
- 5 江副 浩・城島 昇・河内整一之・金山 拓 1962. 水稲の生育期における切わらの散布について. 佐賀農試研報 3: 71—72.
- 6 橋本重久 1960. 水田における素わら施用の効果. 農及園 35(4): 36—40.
- 7 井手一浩・徳安雅行・水町昭二郎・小林 淳・古賀 汎 1959. 生わらの肥効ならびに地力に及ぼす影響に関する研究. 第1報, 湛水土壤中における有機物(生わら, 堆肥)の分解過程について. 佐賀農試研報 2: 89—112.
- 8 ————・水町昭二郎・小林 淳・徳安雅行 1962. 生わらの肥効ならびに地力におよぼす影響に関する研究. 第2報, 水稲および小麦の生育収量に及ぼす生わらの肥効について. 佐賀農試研報 3: 27—49.
- 9 久津那浩三・新村義男・上森 晃・瀬川篤忠 1964. コンバインおよびトラクター導入にともなう稲わら処理法に関する研究. 富山農試肥料施肥法改善試験成績書 昭和39年度: 63—67.
- 10 ————・—————・—————・————— 1964. 鋤込みのちがいがわらの鋤込みにおよぼす影響. 富山農試肥料施肥法改善試験成績書 昭和39年度: 68—76.
- 11 ————・—————・—————・————— 1964. わら施用法のちがいが水稲の生育におよぼす影響. 富山農試肥料施肥法改善試験成績書 昭和39年度: 77—100.
- 12 ————・—————・—————・————— 1964. 土壤中におけるわらの分解に関する試験. 富山農試肥料施肥法改善試験成績書 昭和39年度: 101—118.
- 13 松村安治・福井春雄 1962. 各種有機物の水田地力維持効果に関する試験. 第1報, 水稲に対する稲わら施用に関する試験. 四国農試報 7: 87—98.
- 14 南 敬二 1966. 生わらの鋤込み法と米麦栽培農及園 41(10): 35—38.
- 15 宮城県農業試験場 1965. 乾田直播水稲に対する素わら施用試験. 宮城農試土壌肥料試験成績書 昭和39年度: 25—27.
- 16 ———— 1965. 乾田直播栽培における三要素, 石灰, 有機物等が地力におよぼす影響について. 宮城農試土壌肥料試験成績書 昭和39年度: 27—32.
- 17 ———— 1966. 素わら施用に関する試験. 宮城農試土壌肥料試験成績書 昭和40年度: 96—103.
- 18 ———— 1967. ————. 宮城農試土壌肥

- 料試験成績書 昭和41年度：57—63.
- 19 ———— 1968. ————. 宮城農試土壤肥料試験成績書 昭和42年度：61—74.
- 20 宮崎県農業試験場 1959. 暖地における水稻の秋落防止に関する試験成績. 第1報, 水稻の対する稲わらの施用法に関する試験. 宮崎農試肥料施用方法改善試験成績書 昭和34年：1—55.
- 21 長野県農業試験場 1966. 乾田直播における生わら処理と耕耘時期に関する試験. 長野農試 農業機械化技術の実際：8—12.
- 22 ————1966. 乾田直播におけるロータリ耕前施用の生わらの長さに関する試験. 長野農試 農業機械化技術の実際：12—14.
- 23 ———— 1966. 乾田直播における生わら施用量と耕耘の深さに関する試験. 長野農試 農業機械化の実際：14—16.
- 24 ———— 1964. ロータリ耕前施用の生わら切断長さ試験. 長野農試農業機械試験成績 昭和38年度：49—52.
- 25 直井良夫 1967. コンバイン刈りとりわら処理法試験. 栃木農試土壤肥料試験成績書 昭和41年度：42—54.
- 26 ———— 1968. ————. (乾田裸地直播水稻). 栃木農試土壤肥料試験成績書 昭和42年度：96—108.
- 27 奈良県農業試験場 1957. わらの切断寸法の相違が鋤込みに及ぼす影響試験. 第1報, 押し切り切断わらの鋤込みについて. 奈良農試農業機械に関する試験成績書 昭和31年度：1—12.
- 28 ———— 1957. ————. 第2報, カッター切断わらの鋤込みについて. 奈良農試農業機械に関する試験成績書 昭和31年度：13—21.
- 29 新村義男・上森 晃・飯田周治・久津那浩三 1965. コンバイン刈りあとの稲わら処理. 農業技術 20 (11)：36—37.
- 30 農林省農業試験場作業技術第4研究室 1963. 飼料作物牧草跡地水稻に関する試験. 農林省農試試験成績書 昭和38年度：85—88.
- 31 大阪府農業試験場・和歌山県農業試験場・奈良県農業試験場 1959. 生わらの鋤込みに関する試験. 生わらの鋤込み量と位置に関する試験. 東海近畿地域ブロック会議報告書 昭和33年度：1—11.
- 32 静岡県農業試験場 1959. 水田における素わらの施用に関する試験成績. 肥料施用方法改善試験成績報告：1—63.
- 33 ———— 1965. ————. 続編. 指定試験(土壤肥料) 12：1—54.
- 34 富山県農業試験場 1965. 砂質浅耕土における生わら施用試験. 富山農試年報 昭和39年度：48.
- 35 ———— 1965. 沖積層半湿田における生わら施用試験. 富山農試年報 昭和39年度：49.
- 36 ———— 1965. 沖積層乾田における生わら施用試験. 富山農試年報 昭和39年度：50.
- 37 ———— 1965. 洪積層乾田における生わら施用試験. 富山農試年報 昭和39年度：51.
- 38 ———— 1965. コンバインおよびトラクター導入に伴う稲わら処理法に関する研究. 鋤込み条件のちがいがわらのすきこみにおよぼす影響. 富山農試年報 昭和39年度：114.
- 39 ———— 1965. わらの処理法のちがいが水稻生育におよぼす影響. 富山農試年報 昭和39年度：115.
- 40 ———— 1966. 移植水稻に対する生わらの施用試験. 富山農試年報 昭和40年度：98.
- 41 ———— 1966. 生わらの施用に関する試験(地力保全). 富山農試年報 昭和40年度：99—102.
- 42 常松 栄・吉田富穂・奥田教海 1955. 自動耕耘機における土壌の変位について. 農機誌 17(1)：11—16.
- 43 ————・———・——— 1956. ————. 農機誌 17(3)：78—82.
- 44 和歌山県農業試験場・奈良県農業試験場：大阪府農業試験場 1960. 生わらの鋤込み量と位置に関する試験. 東海近畿地域ブロック会議報告書 昭和34年度：1—16.
- 45 ————・———・——— 1961. ————. ————. 東海近畿地域ブロック会議報告書 昭和35年度：1—14.
- 46 山形県農業試験場 1968. 稲わら施用に関する試験. 山形農試土壤肥料に関する試験成績書 昭和40年度：70—86.
- 47 吉田富穂 1965. 動力耕耘機用鉋刃耕耘刀の形態に関する研究. 北大農場報告 13：67—182.

Summary

The paper tries to illuminate how mechanically rice straws cut either by a hand push cutter or by a power cutter can be plowed into the field by means of the rotary-typed tillage machinery equipped with the curved knife of the tine—NATABA. The survey deals with those rate and amount of the plowed straws not only into the surface, upper and lower layers but on the left, middle and right sides of the ridge, which are given by differences in lengths of the straws and in combinations of revolving speed of the axle and of travelling speed. The result is shown as follows:

1. The relation of the length of the straws with the amount of plowed straws.

The more they were shortened, the less they were exposed on the ridge. Namely there were scarcely exposed those straws which had been cut 3 cm long by a hand push cutter and less than 5 cm long by a power cutter. Of the straws plowed down into the lower part, there were seen many straws cut 6, 21 cm by a hand push cutter and less than 3.5 cm by a power cutter.

2. The relation of travelling speed with the amount of plowed straws.

In one case of the straws cut by a hand push cutter, straws in any length were exclusively concentrated on the lower layer instead of coming on the upper part when the field was in fine pulverization at the low travelling speed. In the other case of the materials cut by a power cutter they were plowed more deeply in fine pulverization than in coarse one. Above all, lots of straws were plowed in fine pulverization at the medium travelling speed.

3. The relation between the length of cut rice straws and the rate of plowed straws with a reference to difference in layers inside the ridge. As for the straws plowed down on the lower layer the length cut by a hand push cutter was 6, 21 cm and the one shortened by a power cutter 3.5–5.2 cm. And the rate of plowed straws in each size was over 4%.

4. The relation between the difference in tillage method and the rate of plowed straws with a regard to various layers.

The straws were plowed largely on the lower layer in fine pulverization. The straws cut by a hand push cutter were mostly plowed on the lower layer when the field was in fine pulverization at the low travelling speed. Those which were cut by a power cutter were abundantly gathered there when it was finely pulverized at the medium or low travelling speed, and each rate was over 45%.

5. In the observation of plowed condition on the right and left sides of the ridge, the straws were not symmetrically plowed on both sides in any combination of travelling speed with revolving speed of the axle. The condition had nothing to do with length of straws and tillage method.