

水稲晩植栽培における麦わら施用に

伴なう水稲生育とその対応

栃木喜八郎・吉沢 崇・山口正篤・橋本俊一*

I 緒 言

本県におけるムギの作付は最近ようやく増加してきたが、大部分が米の生産調整対応であり、依然として冬期の土地利用率は低く、一毛田が多い。そこでイネ・ムギ二毛作によりムギ生産の増加と土地の高度利用をはかる目的で試験を行い先に報告した^{1,5,7)}。この報告のうち第3報において佐藤ら⁵⁾はムギーイネのつなぎ作業の省力化をはかるためムギわらのすき込みを行い、耕起・代かき、田植え作業の省力的な機械化一貫体系を確立した。

しかし、ムギわらすき込みに伴ない水稲の初期生育に障害を生じることを指摘し、県内各地からも同様な指摘がなされた。また平沢ら²⁾、川田ら³⁾もイネ及びムギわらの施用により水稲の玄米収量が1~2年はやや減少すると報告している。反面高橋ら⁶⁾はムギわら施用が地力の維持増進に役立つことを報じている。吉沢⁸⁾は多くの試験例を詳細に報告しているが、主として

暖地でのデータであり、イネ・ムギ二毛作北限地帯での例は少ない。このため当地帯でのムギわら施用に伴なう水稲生育への影響、土壌への影響などを検討し、早急に安定したイネ・ムギ二毛作体系を確立する必要があり本試験を実施した。その結果若干の知見を得たのでここに報告する。

なお、本報告は1976~1978年の3か年間千葉県農業試験場と協定研究を行なった総合助成試験「土地利用度向上のための水稲晩植による生産安定に関する試験」の本県分の一部をとりまとめたものである。

II 試験方法

1. 試験地及び土壌

試験は宇都宮市瓦谷町の栃木県農業試験場(以下宇都宮試験地と呼ぶ)と栃木市大塚町の農家ほ場(以下栃木試験地と呼ぶ)の2か所で行った。試験期間は宇都宮試験地では1976~1978

第1表 宇都宮試験地土壌の理化学性

項目 層位	pH		T-C	T-N	CEC	置換性塩基 mg/100g			有効態 SiO ₂	リン酸 吸収係数
	H ₂ O	KCl	%	%	me	CaO	MgO	K ₂ O	mg/100g	
1	5.4	4.9	5.67	0.49	27.3	364	63.0	23.0	40.8	1,887
2	5.4	5.0	5.38	0.49	28.5	336	49.8	12.0	64.4	—
3	5.5	5.0	5.58	0.49	27.1	336	38.2	9.6	75.1	—

第2表 栃木試験地土壌の理化学性

項目 層位	pH		T-C	T-N	CEC	置換性塩基 mg/100g			有効態 SiO ₂	リン酸 吸収係数
	H ₂ O	KCl	%	%	me	CaO	MgO	K ₂ O	mg/100g	
1	6.6	5.8	3.10	0.28	24.6	383	56	16	26.8	1,183
2	6.7	5.9	3.09	0.27	24.7	399	75	26	31.6	1,224
3	6.5	5.6	3.13	0.24	24.1	286	59	29	35.8	1,442

*現栃木県園芸特産課

栃木県農業試験場研究報告第26号

年の3か年間、栃木試験地では1977～1978年の2か年間である。

宇都宮試験地は表層腐植質多湿黒ボク土（三輪統，II prfn）で日減水深25mmである。栃木試験地は灰色低地土下層黒ボク（高崎統，II fn）で栃木県内におけるイネ・ムギ二毛作の代表地帯であり、毎年イネ、ムギの作付されている二毛作田である。

各試験地の土壌理化学性は第1，2表のとおりである。

2. 栽培法

宇都宮試験地の処理区は第3表のとおりである。ムギわらの施用は畑地栽培のムギわらをa当たり1976年には51.8kg，1977年には46.0kg，1978年には50.0kgを20～30cmに切断してロータリー耕によりすき込んだ。施肥量は基肥としてa当たり窒素0.7kg，リン酸1.4kg，カリ1.2kgを植代時に施用した。穂肥は1977年を除き出穂前20～22日にa当たり窒素0.2kg施用した。窒素増量区は移植後7～12日に塩安を用いa当たり0.3kg（但し1976年は0.2kg）を追肥した。石灰質資材は粒状生石灰を用いa当たり10kgをムギわらすき込み時に施用した。移植は6月17～22日に中苗（無孔箱育苗，35日苗）を用い，㎡当たり22.2株（30×15cm），1株4本植とした。

栃木試験地の処理区は第4表のとおりである。ムギわら施用量はa当たり46kgで，施用方法は宇都宮試験地と同様である。基肥量はa当たり窒素0.6kg，リン酸0.9kg，カリ0.8kgで植代時に施用した。穂肥は出穂前25～20日に窒素を0.2kg塩安で追肥した。窒素増量区は移植7～13日後にa当たり窒素0.2kgを塩安で追肥した。石灰質資材は珪酸石灰を用い，a当り15kgをムギわらすき込み時に施用した。移植は両年とも6月16日に中苗（30日苗）を用い㎡当たり22.2株，1株4本植とした。

なお，両試験地とも品種はアキニシキを用い

た。水管理は移植後20～25日ころまで湛水状態を保ち，以後間断かん水とし，最高分けつ期ころに中干しを行い根の健全化をはかった。その他の管理は慣行に従った。

3. ムギわらの分解

ムギわらの分解については1977年に宇都宮試験地において実施した。約10cmに切断したムギわら3gをガラス繊維のろ紙に包み，水稻移植時に深さ5cmの位置に埋め込み，0.5か月め，1か月め，3か月め及び4か月めに取り出しムギわらの乾物重，全炭素，全窒素を調査した。

4. 土壌中のアンモニア態窒素

生土100g（水分51.3%）を200mlビーカーに取り硫酸（アンモニア態窒素10mg）を添加し，湛水状態として30℃で培養し，8，15，22，30日めにアンモニア態窒素の消長を検討した。ムギわらは1gを添加，土壌は宇都宮試験地の作土を用いた。

III 試験結果

1. ムギわら施用の影響

1) 水稻の生育，収量

水稻の初期生育は第3，4表に示すとおりである。宇都宮試験地におけるムギわら施用区の茎数は移植後20日め調査ではムギわら無施用区と大差なかったが，最高分けつ期調査ではムギわら無施用区より少なかった。また，ムギわら施用区の乾物重及び窒素吸収は移植後20日，最高分けつ期の両調査をとおしムギわら無施用区に比較してやや劣る傾向があった。

栃木試験地におけるムギわら施用区の茎数は無施用区に比較して両調査時期ともに大差なかったが，乾物重及び窒素吸収はムギわら施用区が無施用区より少なく，ムギわら施用に伴ない水稻の初期生育はやや抑制される傾向が認められた。

水稻初期生育の年次による変化は移植後の気温が比較的低温を経過した1977年にはムギわら施

水稻晩植栽培におけるムギわら施用に伴う水稻生育とその対応

第3表 水稻の生育と窒素吸収 (宇都宮試験地)

試験区構成			移植後20日			最高分けつ期		
ムギわら	窒素追肥	石灰質資材	茎本数 /m ²	乾物重 g/m ²	窒素吸収 指数%	茎本数 /m ²	乾物重 g/m ²	窒素吸収 指数%
無	無	無	262	27.2	100	473	261	100
有	無	無	261	26.5	93	449	250	89
有	無	有	276	27.7	100	462	275	95
有	有	有	304	29.9	111	494	304	112
有	有	無	280	27.6	103	494	282	96

第4表 水稻の生育と窒素吸収 (栃木試験地)

試験区構成			移植後20日			最高分けつ期		
ムギわら	窒素追肥	石灰質資材	茎本数 /m ²	乾物重 g/m ²	窒素吸収 指数%	茎本数 /m ²	乾物重 g/m ²	窒素吸収 指数%
無	無	無	282	28.9	100	452	395	100
有	無	無	281	24.3	89	461	307	90
有	無	有	274	25.9	92	466	355	90
有	有	有	278	30.1	115	478	373	98

第5表 玄米収量 (kg/a)

試験区構成			宇都宮試験地					栃木試験地			
ムギわら	窒素追肥	石灰質資材	1976	1977	1978	平均	同比	1977	1978	平均	同比
無	無	無	42.7	38.9	51.1	44.2	100	37.5	50.6	44.1	100
有	無	無	38.8	37.3	49.0	41.7	94	38.2	50.3	44.3	100
有	無	有	42.0	39.5	47.8	43.3	98	38.6	52.8	45.7	104
有	有	有	39.9	39.4	48.8	42.7	97	40.1	53.5	46.8	106
有	有	無	39.5	37.3	49.0	41.4	94	—	—	—	—

第6表 土壌の酸化還元電位 (mV, 宇都宮試験地)

調査月日 区名	1976	1977		1978	
	7月8日	7月11日	8月1日	7月4日	7月12日
ムギわら施用	-154	-120	-120	-113	-162
ムギわら無施用	-100	-78	-89	0	-73

第7表 水稻根の活力 (1977, 宇都宮試験地)

項目 区名	分級 %				α-NA酸化力 r/Fwg/hr
	I	II	III	IV	
ムギわら施用	16	19	31	35	99
ムギわら無施用	19	26	23	32	109

第8表 ムギわら分解に伴う乾物残存率と炭素窒素の含有率(%)

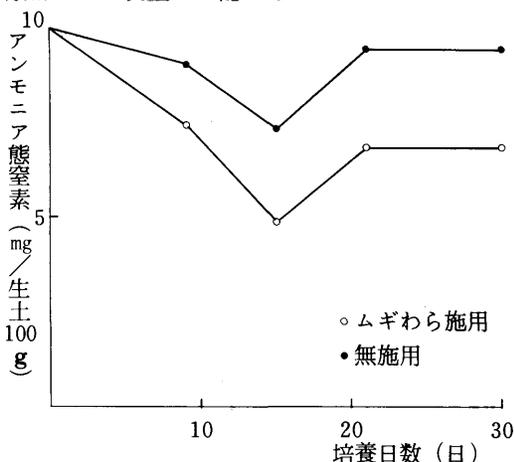
月. 日 項目	6. 21	7. 6	7. 21	8. 24	9. 21	10. 21
乾物残存率	100	73.8	71.4	62.3	56.4	49.8
炭素含有率	44.7	46.1	45.8	46.9	44.8	45.6
窒素含有率	0.276	0.337	0.336	0.441	0.526	0.674
C/N 比	162	137	136	106	85	68

第9表 ムギわら分解に伴う炭素窒素の保有率(%)

月. 日 項目	6. 21	7. 6	7. 21	8. 24	9. 21	10. 21
炭素保有率	100	77.8	75.0	68.1	59.6	54.3
窒素保有率	100	90.1	87.0	99.2	107.0	123.0

用の有無による生育差がほとんどみられなかった。しかし夏期の気温の高かった1978年には初期生育の抑制が強く観察され、ことに栃木試験地におけるムギわら施用区の茎数、乾物重が無施用区より劣った。

玄米収量は第5表に示すとおりである。宇都宮試験地ではムギわら施用によりやや減少する傾向が認められ、とくに初年めにその傾向が強かった。しかし栃木試験地ではムギわら施用の有無による収量差が認められなかった。



第1図 土壌中のアンモニア態窒素の動向

2) 土壌の酸化還元電位と根の活力

土壌の酸化還元電位の調査結果は第6表に示すとおり、3か年ともムギわら施用区の酸化還元電位は無施用区より低く、ムギわら施用に伴ない土壌の還元が助長された。

水稻の根の活力について調査した結果は第7表のとおりである。馬場・稲田の分級法によるとムギわら施用区は無施用区に比較してⅢ、Ⅳ根の割合が多かった。またα-ナスチルアミンの酸化力はムギわら施用区が無施用区より低く、ムギわら施用に伴ない根の活力は早い時期に低下する傾向が認められた。

3) ムギわらの分解

移植期に埋め込んだムギわらの乾物重の推移を調査した結果は第8表のとおりである。ムギわらは埋め込み後15日までの比較的早い時期に急激に減少した。その後は徐々に減少し、4か

第10表 跡地土壌の物理性(宇都宮試験地)

項目 区名	固相 cc	液相 cc	気相 cc	孔隙率 %
ムギわら施用	20.5	55.3	24.2	79.5
ムギわら無施用	25.8	61.6	12.6	74.2

水稻晩植栽培におけるムギわら施用に伴う水稻生育とその対応

第11表 跡地土壤の乾土効果及び地温上昇効果 (作土mg/100g)

区名	項目	宇都宮試験地				栃木試験地			
		生土	生土	乾土	乾土	地温上昇	生土	乾土	乾土
		30℃	40℃	30℃	効果	効果	30℃	30℃	効果
ムギわら施用		5.7	20.3	24.8	19.1	14.6	4.0	12.3	8.2
ムギわら無施用		4.4	17.1	23.3	18.9	12.7	3.8	8.1	4.3

第12表 跡地土壤の置換性塩基 (mg/100g)

層位	項目	CaO		MgO		K ₂ O	
		ムギわら施用	ムギわら無施用	ムギわら施用	ムギわら無施用	ムギわら施用	ムギわら無施用
		0~10	337	314	48.8	43.8	38.9
10~20	337	303	47.1	42.4	50.2	25.0	
20~25	301	310	37.6	40.2	45.4	28.1	
25~30	318	322	48.2	46.0	41.8	31.0	
30~35	337	318	52.6	51.3	37.4	30.5	
35~40	353	355	58.6	63.0	42.7	22.1	

月めに約50%の残存率を示した。

炭素の含有率は各時期とも差はみられなかったが、窒素の含有率は徐々に増加し、C/N比は低下した。

窒素及び炭素の保有率は第9表のとおりで、窒素の保有率は最初の1か月ころまではやや低下する傾向がみられるが、最高分けつ期前後から高まり4か月めには123%となり、有機化が促進された。

炭素の保有率は乾物残存率と類似の傾向を示した。

4) 土壤中のアンモニア態窒素の動向

ムギわら中の窒素保有率はすき込み後1か月位は若干減少し、ムギわら自体では窒素の放出

第13表 ムギわら施用に伴う塩基の投入量 (kg/a)

CaO	MgO	K ₂ O
0.717	0.458	3.788

注. ムギわら成分CaO=0.485, MgO=0.310
K₂O=2.57%として算出。

がみられる。しかしムギわら施用の土壤では施肥窒素の有機化が考えられるので室内実験を行った。

その結果は第1図のようで、土壤中のアンモニア態窒素はムギわら無施用でも15日までわずかに低下がみられたが、22日以降はもとの水準にもどった。一方、ムギわら施用では同様に15日めまで低下し、その低下は著しかった。22日以降も最初の70%程度で添加窒素の有機化が著しい様相を示した。

5) 跡地土壤への影響

三作後の跡地土壤の三相分布は第10表に示すとおりで、ムギわら施用により固相は明らかに減少し、孔隙率が高まり、土壤の膨軟化がみられた。

跡地土壤の乾土効果及び地温上昇効果は第11表に示すとおり、宇都宮試験地のような腐植含量の比較的多い土壤では明確な差は認められなかったが、栃木試験地のように腐植含量の少ない灰色低地土ではムギわら施用により顕著な増加が認められた。

宇都宮試験地の層別置換性塩基含量は第12表に示したが、ムギわら施用により上位層ではわずかに増加した。本試験地は水稻跡地にムギを作付せず他ほ場のムギわらを持込んだためムギわら施用に伴ない塩基が併用されたことになる。しかしその量は第13表のとおりであり、ムギわら施用による塩基溶脱の助長はみられなかった。

2. 窒素増肥及び資材施用の効果

ムギわら施用に伴なう水稻初期生育の安定をはかるためムギわらを施用したほ場に窒素の追肥、石灰質資材の施用及び両者を併用した区の3区を対策区として設けその効果を検討した。

その結果は第3, 4, 5表に示すとおりである。宇都宮試験地における石灰質資材施用区の莖数、乾物重はムギわらのみを施用した区に比較してまさる傾向がみられ、窒素の吸収も多かった。またムギわら無施用区に比較して極初期(移植後20日め調査)の窒素吸収は大差なく、莖数、乾物重など水稻の生育は大差ないかややまさる傾向がみられ、石灰質資材の施用効果が認められた。しかし栃木試験地における石灰質資材施用区はムギわら施用区に比較して乾物重がややまさる程度であり、窒素の吸収は変りなく、石灰質資材の施用効果は水稻の初期生育についてみれば十分なものでなかった。

窒素の増肥は宇都宮試験地のみで試験を実施したが、窒素の追肥にともない移植後20日め調査では窒素の吸収が多く、莖数も多く、乾物重もムギわら無施用区と大差ない生育を示した。最高分けつ期には莖数、乾物重ともにムギわら無施用区よりまさり、窒素追肥の効果が認められた。

石灰質資材を施用しさらに窒素を追肥した併用区は窒素の吸収が多く、宇都宮試験地ではムギわら無施用区に比較して11~12%多く吸収され、水稻の生育は莖数、乾物重ともにムギわら無施用区より明らかにまさった。栃木試験地に

においても追肥後まもない移植後20日めにはムギわら無施用区に比較して窒素の吸収が15%も多く、乾物重も重く、石灰質資材と窒素追肥の併用は効果が高かった。

なお玄米収量は窒素の追肥のみではムギわらのみを施用した区と大差なかったが、石灰質資材の施用及び石灰質資材と窒素の併用はムギわら無施用と大差ないかそれを上廻る収量が得られた。

IV 考 察

ムギわら施用に伴ない水稻初期生育の抑制があることは川田ら³⁾、高橋ら⁶⁾の報告にみられ、主として異常還元、窒素飢餓など土壌要因に起因するとした。本試験においても同様な結果が得られた。すなわちムギわら施用により土壌の還元化が進み、そのため水稻根はIII、IV根の割合が高まり、 α -ナスチルアミンの酸化力が低下するなど根の活力低下がみられた。

一方、すき込まれたムギわらの分解はすき込み後15日ころまでに急激に進み、ムギわら自体から窒素の放出がみられる。しかし作土中のアンモニア態窒素はムギわら施用により逆に減少する傾向があった。これは新鮮有機物投与により作土中の易分解性の炭素源が増加し、微生物の活動が活発となり、水稻との間に窒素の競合があったためと考えられ、これらの要因により水稻の初期生育が抑制されたものと思われる。

玄米収量について高橋ら⁶⁾は初期生育が抑制されても回復が早いので玄米重までひびくことはほとんどないと報告している。しかし本試験においてはムギわら施用により、栃木試験地では差がみられなかったが、宇都宮試験地では3か年とも減少し、平沢ら²⁾と同様に初年めに減収傾向が特に大きかった。このことは栃木試験地のようにイネ・ムギの作付体系が確立しているほ場ではムギわら残渣及び時にはムギわらが入るような前歴があるため、ムギわらをすき込

水稻晩植栽培におけるムギわら施用に伴う水稻生育とその対応

んでもメタン生成作用が活発で有機酸などの有害物質の障害が少なかったものと考えられる。逆に宇都宮試験地のように初めてムギわらがすき込まれる条件ではムギわら分解に伴う微生物の活生が弱いことと、地下水位が高い条件では水稻生育の抑制がみられ、特に初年めに顕著になったものと考えられる。

ムギわら施用に伴ない跡地土壌の変化がみられ、宇都宮試験地における三作後の三相分布では固相率が低下し、孔隙率の増加があり、高橋ら⁶⁾と同様土壌物理性の改善が認められた。

乾土効果、地温上昇効果では腐植含量の多い宇都宮試験地で明瞭な差はみられなかったが、栃木試験地のような腐植含量の少ない灰色低地土でその効果が顕著であった。

置換性塩基は高橋ら⁶⁾が溶脱により石灰、苦土が減少すると報告しているが、宇都宮試験地における層位別の置換性塩基ではムギわら施用に伴なって投入される塩基の量にみあう増加がみられ、下層土への溶脱はみられなかった。これは作付期間中の地下水位が比較的高い状態にあり、たて浸透が比較的小さい条件のためと考えられる。

水稻初期生育の抑制は窒素飢餓と異常還元に起因するとしたが、川田ら³⁾は中干し、間断かん水により土壌は酸化的に経過するとし、水管理により改善が可能である。

窒素飢餓の対策についてはイネわら施用において窒素の添加、基肥増肥が効果的とされている⁴⁾。ムギわら施用に対して平沢ら²⁾は窒素の増肥が必要としており、本試験でも窒素 a 当たり 0.3kg の追肥が効果的であった。石灰質資材の施用についてもわずかながら効果が認められる。ことに石灰質資材と窒素追肥の併用は効果が大きかった。

以上のようにムギわら施用により水稻初期生育の抑制がみられるが、水管理、窒素の追肥、石灰質資材の施用などにより回避が可能であり、

今後検討を要する点もあるが、地力の維持向上が期待出来るので積極的にムギわらを施用すべきであろう。

V 摘 要

1. ムギわら施用による水稻生育への影響及びその対策について1976～1978年の3か年間検討した。その結果ムギわら施用に伴ない土壌の酸化還元電位が低下し、根の活力の低下が認められた。

2. ムギわら分解に伴ない土壌中のアンモニア態窒素が減少し、水稻初期生育の抑制が認められた。

3. ムギわらは初期に急激に分解し、その後は徐々に分解し、4か月後に約50%の乾物残存率を示した。

4. 水稻の初期生育は窒素の早期追肥、石灰質資材の施用により安定し、ことに両者の併用が効果的であった。

5. ムギわら施用により跡地土壌の地力の向上がみられた。

試験実施にあたり御指導をいただいた中野土壌肥料部長、富沢前作物部長、原稿の校閲をいただいた奥山作物部長に対し深謝いたします。

引用文献

1. 青山松實・佐藤文夫(1977) 栃木農試研報23:27-34
2. 平沢信夫・間谷敏郎(1976) 茨城農試研報17:29-40
3. 川田登・阿部盟夫・松永隆(1977) 栃木農試研報23:45-56
4. 農林水産技術会議事務局調査官編(1968) 水田におけるいねわらの施用法と施用基準:1-199
5. 佐藤文夫・大村二郎・渋谷修(1977) 栃木農試研報23:35-44

栃木県農業試験場研究報告第26号

6. 高橋和夫・千葉智 (1979) 農業技術 34:447—450
8. 吉沢孝之 (1971) 農業技術26:349—351, 407—413, 456—461
7. 栃木喜八郎・外山宏樹・渡辺由勝 (1977) 栃木農試研報23:17—26