

稲・麦わら施用水田の土壤肥料的研究

第4報 稲・麦わら施用水田の水稲による施用無機窒素の吸収利用について

吉沢 崇・茂木惣治*

I 緒 言

本県における麦、水稲の二毛作栽培は、県南部を中心に盛んに行われている。その中で、有機物補給の面での稲わら、麦わらの処理法が問題になってきている。特に麦わらの場合には、収穫直後に焼却してしまう例がみられる。その理由は、麦わらをすきこんだ場合、跡作水稲における代かき及び田植時の機械運行の困難や、水稲移植後の阻害物質の発生あるいは窒素飢餓による初期生育の抑制があげられる^{6,7)}。しかし、麦わら施用による水稲の玄米収量は、あまり影響を受けず^{6,7)}、しかも地力の維持向上を図るうえでは、稲わら、麦わらなどの有機物施用が有効であり^{7,9)}、また現在の機械化体系の中では、有機物の補給に、生わらの還元が最も容易であると考えられる。

以上のような状況の中で、水稲の施肥窒素の吸収利用に及ぼす有機物施用の影響及び有機物を施用した場合の初期の追肥窒素の効果について、1977年と1979年に重窒素標識硫酸を用いて検討し、知見を得たので報告する。

II 試験方法

1. 試験地及び土壤

試験は、栃木市大塚町にある栃木県農業試験場栃木分場で行った。圃場の来歴は、1973年に約1mの切土を行った後圃場整備をし、1973年及び1974年に大豆、1975年から水稲、二条大麦の栽培を行っている。土壤は、第1、2表に示した理化学性をもつ細粒灰色低地土、灰褐色（金田統）で、切土の影響により、作土の地力は低い。

2. 試験区の処理内容

試験は粋試験とし、1977年（試験I）と1979年（試験II）に、水稲を供試し行った。

1) 試験I

試験Iの処理内容を第3表に示した。有機物は、麦作に稲わらを、水稲作に麦わらを施用した。基肥は植代時に、追肥Iは7月3日（移植後14日）、追肥IIは7月27日、追肥IIIは8月6日に施用した。なお、基肥及び早期追肥に用いた重窒素標識硫酸は、7.09 Atom%である。

2) 試験II

試験IIの処理内容を第4表に示した。試験は前作に有機物を施用しない圃場で行い、麦わら区には、水稲作に麦わらを施用した。基肥は植代時に、追肥は6月20日（移植後9日）に施用した。なお、基肥及び追肥の窒素は、試験Iと同様7.18 Atom%の重窒素標識硫酸を用いた。

3. 栽培法

供試品種は日本晴で、30日苗を用い、栽植密度は30×15cm、1株5本植とし、試験Iでは6月20日、試験IIでは6月18日に移植した。

4. 試料の採取時期と分析法

試料は、試験Iでは7月14日（分けつ盛期）7月29日（最高分けつ期）、10月20日（収穫期）に、試験IIでは7月9日（分けつ初期）、7月16日（分けつ盛期）、7月30日（最高分けつ期）、9月7日（出穂期）、10月12日（収穫期）に4株ずつ採取し、乾燥後粉碎して分析に供した。重窒素標識硫酸の分析法は、第1報³⁾と同じ方法を用いた。

III 試験結果

*現在、栃木県公害研究所

第1表 供試土壌の理化学性

層	深 さ cm	風乾土中 %			細土無機物中 %				土 性
		礫	水 分	腐 植	粗 砂	細 砂	シルト	粘 土	
1	0~12	0.2	4.1	3.24	11.0	43.1	29.1	16.8	CL
2	12~25	0.0	3.9	2.09	10.2	44.5	29.0	16.2	CL
3	25~42	0.0	4.2	3.90	9.6	49.3	33.5	8.6	L
4	42~	0.0	5.6	4.53	0.9	38.1	45.8	15.2	SiCL

層	実容積	全重量	固相重	固 相	液 相	気 相	孔隙率
	cc	g	g	cc	cc	cc	
1	93.0	169.0	122.2	46.2	46.8	7.0	53.8
2	96.0	150.3	104.4	50.1	45.9	4.0	49.9
3	98.0	182.1	137.1	53.0	45.0	2.0	47.0
4	88.0	145.0	92.7	35.7	52.3	12.0	64.3

第2表 供試土壌の理化学性

層	pH		T-C	T-N	C/N	CEC	置 換 性 塩 基 me			塩基飽和度
	H ₂ O	KCl	%	%		me	Ca	Mg	K	
1	6.5	5.2	1.96	0.10	19.6	16.6	8.56	0.84	0.29	58.4
2	6.7	5.5	1.25	0.08	15.6	17.5	7.98	0.85	0.28	52.1
3	6.7	5.4	2.35	0.14	16.8	15.2	9.63	0.84	0.08	69.4
4	6.7	5.5	2.78	0.16	17.4	-	-	-	-	-

層	トルオーグ P ₂ O ₅ mg	Bray N ₀ 2 P ₂ O ₅ mg	リン酸吸収 係 数	有 効 態 SiO ₂ mg	遊 離 Fe ₂ O ₃ %
1	3.29	6.85	1156	29.9	1.35
2	-	5.67	1151	35.6	1.49
3	-	1.12	1134	46.2	1.49
4	-	-	1344	54.6	2.12

稲・麦わら施用水田の土壤肥料的研究(第4報)

第3表 試験区の構成(試験I, g/m²)

区	稲わら	麦わら	基 肥			追肥I	追肥II	追肥III		化学肥料合計量		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N	N	K ₂ O	N	P ₂ O	K ₂ O
三要素区	0	0	⑥	10	6	0	1	2	2	9	10	8
稲わら区	675	0	⑥	10	6	0	1	2	2	9	10	8
稲・麦わら区	675	400	⑥	10	6	0	1	2	2	9	10	8
稲・麦わら 早期追肥区	675	400	6	10	6	②	1	2	2	11	10	8

注 ○印は7.09Atom%の硫安を使用

第4表 試験区の構成(試験II, g/m²)

区	麦わら	基 肥			追 肥		化学肥料合計量		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
三要素区	0	⑦	10	7	0	7	10	7	
麦わら区	400	⑦	10	7	0	7	10	7	
麦わら 早期追肥区	400	7	10	7	③	10	10	7	

注 ○印は7.18Atom%の硫安を使用

第5表 水稻の時期別乾物重(試験I, g/m²)

区	7月14日	7月29日	10月20日		
			わら重	穂重	計
三要素区	65.6	275	695	501	1,196
稲わら区	79.6	299	720	529	1,249
稲・麦わら区	60.0	285	758	541	1,299
稲・麦わら 早期追肥区	66.8	299	738	537	1,275

1. 水稻の生育状況と窒素吸収

1) 試験I

水稻の時期別乾物重の推移を第5表に、窒素の吸収量を第6表に示した。乾物重は、三要素区に比べ、稲わら区は各時期とも高く経過した。

稲・麦わら区は、初期に乾物重の減少がみとめられたが、収穫期には逆に三要素区を上まわった。稲・麦わら早期追肥区は、初期の乾物重の低下が軽減された。

窒素の吸収量は、三要素区に比べ、稲わら区

第6表 水稻の窒素含有率と吸収量(試験I)

区	窒素の含有率(%)				窒素の吸収量(g/m ²)				
	7月14日	7月29日	10月20日		7月14日	7月29日	10月20日		
			わら	穂			わら	穂	計
三要素区	3.17	1.89	0.63	1.11	2.08	5.20	4.38	5.56	9.94
稲わら区	3.29	2.00	0.65	1.04	2.62	5.98	4.68	5.50	10.18
稲・麦わら区	3.48	1.95	0.60	1.09	2.09	5.56	4.55	5.90	10.45
稲・麦わら 早期追肥区	3.59	2.26	0.62	1.15	2.40	6.76	4.58	6.18	10.76

第7表 水稻の施肥窒素からの吸収量(試験I, g/m²)

区	7月14日	7月29日	10月20日		
			わら	穂	計
三要素区	0.922	1.958	0.804	1.063	1.867
稲わら区	0.870	1.664	0.648	1.116	1.764
稲・麦わら区	0.709	1.099	0.625	0.786	1.411
稲・麦わら 早期追肥区	0.068	0.261	0.171	0.190	0.361

では各時期とも高く経過した。稲・麦わら区は、生育初期には三要素区と同程度であったが、その値は高い値を示した。また稲・麦わら早期追肥区は、各時期とも吸収量が高かった。

2) 試験II

最高分けつ期までの生育を第8表に、乾物重の推移を第9表に、窒素の吸収状況を第10, 11表に示した。水稻の生育は、三要素区に比べ、麦わら区は、草丈は低かったが、茎数は多くなる傾向がみられた。麦わら早期追肥区は、三要素区を上まわる生育を示した。乾物重は、三要素区に比べ、麦わら区は、分けつ盛期ごろまで低かったが、その後は回復し、逆に三要素区を上まわる傾向となった。麦わら早期追肥区の乾物重は、三要素区に比べ、各時期とも高い傾向を示した。

2. 施肥窒素の利用状況

1) 試験I

水稻による施肥窒素からの吸収量を第7表に、その利用率を第1図に示した。基肥窒素の吸収利用率は、各時期とも三要素区が最も高く、ついで稲わら区、稲・麦わら区の順で、わら施用量が多い程低下した。また基肥窒素は、三要素区では、最高分けつ期までに吸収されたのに対し、稲わら区、稲・麦わら区では、収穫期まで吸収が認められた。稲・麦わら早期追肥区の追肥窒素の利用率は徐々に高まる傾向にあるが、基肥窒素の利用率と比べると低い値であった。

2) 試験II

施肥窒素からの吸収量を第12表に、その利用率を第2図に示した。基肥窒素の吸収利用率は、三要素区に比べ麦わら区では、分けつ盛期(7

第8表 水 稻 の 生 育 (試験II)

区	7 月 9 日		7 月 16 日		7 月 30 日	
	草 丈 (cm)	茎 数 (本/m ²)	草 丈 (cm)	茎 数 (本/m ²)	草 丈 (cm)	茎 数 (本/m ²)
三 要 素 区	41.0	311	47.5	588	64.5	611
麦 わ ら 区	38.5	333	45.0	611	64.5	622
麦 わ ら 早 期 追 肥 区	42.0	433	48.5	588	64.5	655

第9表 水稻の時期別乾物重(試験II, g/m²)

区	7 月 9 日	7 月 16 日	7 月 30 日	9 月 7 日	10 月 12 日		
					わ ら 重	穂 重	計
三 要 素 区	56.8	130	375	1,301	1,006	835	1,841
麦 わ ら 区	46.6	121	382	1,270	1,103	881	1,984
麦 わ ら 早 期 追 肥 区	63.0	136	406	1,250	1,250	977	2,227

第10表 水稻の窒素含有率(試験II, %)

区	7 月 9 日	7 月 16 日	7 月 30 日	9 月 7 日	10 月 12 日	
					わ ら	穂
三 要 素 区	3.37	3.56	1.65	0.86	0.58	1.00
麦 わ ら 区	3.35	3.21	1.75	0.85	0.59	0.95
麦 わ ら 早 期 追 肥 区	3.34	3.40	1.75	0.84	0.65	0.92

月16日)までは低い、最高分けつ期(7月30日)以降は高くなった。また三要素区では、分けつ盛期までに基肥窒素がほぼ吸収されたのに対し、麦わら区では、最高分けつ期まで、基肥窒素の吸収が認められた。また麦わら早期追肥区の追肥窒素の利用率は、生育初期では低く、後期になり徐々に高まったが、基肥窒素の利用率と比較すると低い値であった。

3. 水稻の吸収窒素に占める施肥窒素の寄与率

1) 試験 I

水稻の吸収窒素に占める施肥窒素の寄与率を第3図に示した。この中で、三要素区では、基肥窒素の寄与率は高く、稲わら区、稲・麦わら区の順に低くなった。また収穫期における基肥窒素の寄与率は、14~19%であった。稲・麦わ

第11表 水稻の窒素吸収量 (試験II, g/m²)

区	7月9日	7月16日	7月30日	9月7日	10月12日		
					わ	ら	計
三要素区	1.92	4.62	6.19	11.17	5.82	8.33	14.15
麦わら区	1.56	3.89	6.68	10.83	6.48	8.39	14.87
麦わら 早期追肥区	2.11	4.62	7.10	10.55	8.13	8.97	17.10

第12表 水稻の施肥窒素からの吸収量 (試験II, g/m²)

区	7月9日	7月16日	7月30日	9月7日	10月12日		
					わ	ら	計
三要素区	0.939	2.151	2.125	2.167	0.924	1.166	2.090
麦わら区	0.746	1.732	2.449	2.442	1.039	1.210	2.249
麦わら 早期追肥区	0.266	0.513	0.566	0.866	0.415	0.331	0.746

ら早期追肥区の追肥窒素の寄与率は、各生育時期とも3~4%であった。

2) 試験II

第4図は、試験IIの施肥窒素の寄与率である。基肥窒素の寄与率は、7月中旬の分けつ盛期ごろまでは、45%前後を占めていたが、7月下旬の最高分けつ期以降は、生育の経過とともに低下し、収穫期では約15%程度となった。麦わら施用が、施肥窒素の寄与率に及ぼす影響をみると、麦わら区は三要素区に比べ、分けつ盛期まではやや低い、その後は高くなる傾向を示した。また麦わら早期追肥区の追肥窒素の寄与率は、全般に低く、生育の経過とともに漸減し、収穫期では約5%程度であった。

IV 考 察

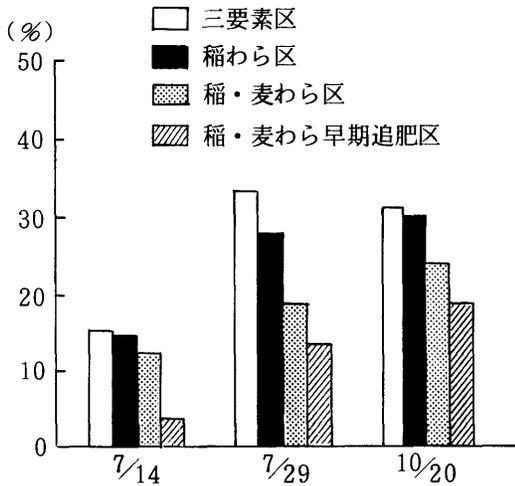
1. 水稻の生育状況と窒素吸収

稲わらや麦わらなど、炭素率の高い有機物の

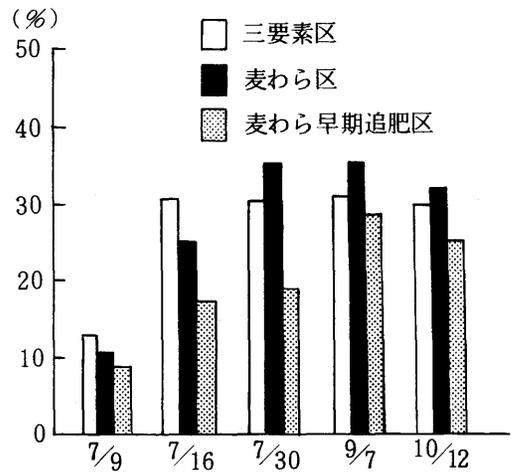
施用は、土壌中の無機態窒素の有機化を促進する^{2,4)}。しかし、水稻単作の場合には、第2報⁴⁾で報告したように、稲わらは秋施用により、入水までに41~45%程度分解され、水稻の初期生育への影響は比較的軽減される。一方、吉沢⁹⁾や高橋ら⁶⁾は、稲・麦二毛作水田の水稻では、麦わら施用から移植までの期間が短く、しかも気温が高いため、麦わらの分解が急速に進み⁷⁾、麦わらの分解と水稻生育との間に、窒素の競合が起こりやすいことを報告している。当試験でも初期の生育の抑制がみられ、窒素の吸収量も低下し、前記報告の結果と一致した。

麦わらを施用した場合の水稻の玄米収量について、平沢ら¹⁾は、1~2年間は減収するとし、また高橋ら⁶⁾は、あまり影響がないと報告している。また栃木ら⁷⁾は、稲・麦栽培体系が確立している圃場では差がないとし、吉沢ら⁹⁾は、1年目は減収するが、2年日以降は増加する傾向

第1図 水稻の施肥窒素の利用率(試験Ⅰ)



第2図 水稻の施肥窒素の利用率(試験Ⅱ)



があると報告している。当試験では、2ヶ年とも、麦わら施用区は無施用区に比べ、穂重は高くなった。この理由は、後期の土壤中における窒素の無機化量が、麦わら施用により増加したためと考えられ、さらに窒素の吸収量がこれを裏付けている。

麦作に稲わらを施用し、水稻作に麦わらを施用しない場合には、わら無施用に比べ、乾物重、窒素吸収量とも常に高い値を示した。この原因は、麦作の施肥窒素の有機化量が、稲わら施用により増加し、水稻作期間中に無機化して水稻に吸収されたものと推察されるが、詳細は現在検討中にある。

麦わら施用による水稻の初期生育抑制を軽減する目的で、窒素を早期追肥した場合は、初期の乾物重、窒素吸収量とも、麦わら無施用と同程度となり、早期追肥の効果が認められた。

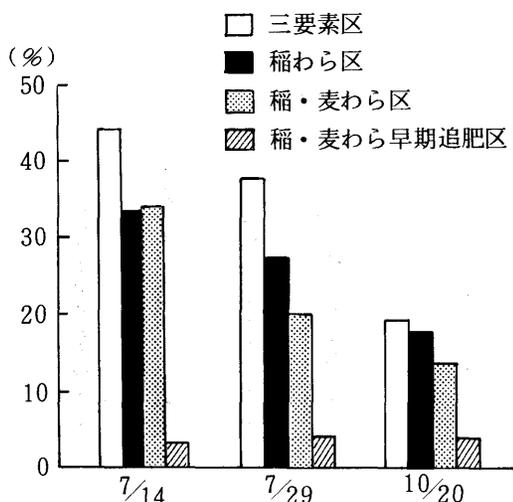
2. 施肥窒素の利用状況

第1報³⁾で、稲わら連用水田における基肥窒素の水稻による吸収について検討し、基肥窒素は、出穂期までにはほぼ吸収され、その後の吸収は認められず、収穫期における利用率は、26～

30%であることを報告した。また和田ら⁸⁾は、早期植(5月6日)と慣行植(5月21日)で、基肥窒素の利用率を検討し、両処理とも6月末までにはほぼ吸収され、最終的利用率は21～27%であったと報告している。当試験では、試験Ⅰにおいて、わら無施用で最高分けつ期までに基肥窒素は吸収されるが、稲わら及び稲・麦わら施用ではそれ以降でも吸収がみられた。また試験Ⅱにおいて、基肥窒素は麦わら無施用の場合は分けつ盛期に、麦わら施用では最高分けつ期までにはほぼ吸収されることが判明した。試験Ⅱの窒素吸収が、試験Ⅰより早くなった原因は、試験Ⅱの場合は、移植後の天候が良好であったため、分けつ盛期の生育が試験Ⅰの場合よりもおう盛になったためと考えられる。また有機物施用により、窒素吸収のパターンが変化した原因は、基肥窒素の有機化量が、有機物の施用により増加し、それが生育後期に再無機化して、徐々に発現したためと思われ、有機物施用が、施肥窒素の肥効を持続させたものと考えられる。

一方、時期別の基肥窒素の利用率をみると、試験Ⅰでは、全生育期間を通じ、わら施用によ

第3図 水稻の吸収窒素に占める
施肥窒素の寄与率(試験Ⅰ)



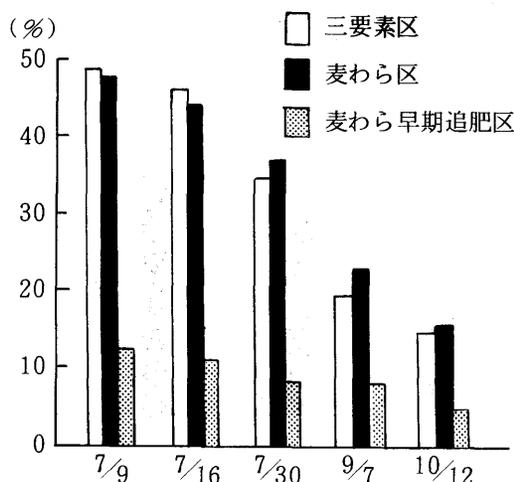
り、利用率が低下しているのに対し、試験Ⅱでは、最高分けつ期以降になると、逆にわら施用区が高くなっている。初期の利用率の低下は、麦わら分解による施肥窒素の有機化のためと考えられるが、最高分けつ期以降の麦わら施用による利用率の相違については、今後検討する必要がある。

収穫期の基肥窒素の利用率は、試験Ⅰで24~31%、試験Ⅱで30~32%であり、第1報³⁾及び和田ら⁸⁾の結果とほぼ一致した。このことは、基肥窒素の圃場条件での利用率は、移植時期の差による影響は少ないことを示唆しているものと思われる。

基肥窒素の全吸収窒素に占める寄与率は、分けつ盛期までは、33~45%と高く、初期生育に及ぼす基肥窒素の影響は大きかった。しかし、収穫期における寄与率は、15%前後に低下しているが、これは和田ら⁸⁾が基肥6kg/10aを施用した試験結果(13~15%)とほぼ一致した。

早期追肥窒素は、麦わら施用による初期生育の抑制を軽減した。しかし、窒素の利用率からみると、全般に低い値であり、また施肥直後の

第4図 水稻の吸収窒素に占める
施肥窒素の寄与率(試験Ⅱ)



利用率が向上する傾向も認められなかった。

一方、収量面からみると、当試験では明確でなかったが、栃木ら⁷⁾は、早期窒素追肥は初期生育の抑制を軽減するが、玄米収量は増加しなかったと報告している。したがって、早期窒素追肥の必要性は少ないものと考えられる。

水稻の吸収窒素に占める土壌窒素依存率は、小山⁵⁾の報告では、平均して68%と高い値であり、地力窒素が、水稻の生育、収量に大きく影響と報告している。一方、施肥窒素は、最終的な寄与率は低いですが、各生育ステージにおける役割は大きく、また肥培管理の違いにより、施肥反応の変化もみられる。したがって、その圃場に合った適正な施肥が一層重要になってくるものと思われる。

V 摘 要

1. 二毛作水田における水稻による施肥窒素の吸収利用を明らかにするため、1977年と1979年に圃場条件下で、重窒素標識硫酸を用いて検討した。

2. 水稻の生育は、麦わら施用により、初

稲・麦わら施用水田の土壤肥料的研究(第4報)

期生育の抑制が認められたが、収穫期では逆に乾物重は多くなった。

3. 基肥窒素は、有機物施用することにより、水稻による吸収期間が長くなる傾向を示した。

4. 基肥窒素の初期の利用率は、麦わら施用により低下した。また、収穫期の利用率は、24~32%であった。

5. 早期追肥窒素は、麦わら施用による初期生育抑制の軽減には一定の効果はみられたが、窒素の利用率は低かった。

引用文献

1. 平沢信夫, 間谷敏邦 (1976) 茨城農試研報17 29-40
2. 広瀬春郎 (1973) 土肥誌44 211-

216

3. 茂木惣治 鶴野慶吉 (1979) 栃木農試研報25 7-16
4. 茂木惣治, 吉沢崇, 中野政行 (1980) 栃木農試研報26 17-26
5. 小山雄生 (1975) 土肥誌46 260-269
6. 高橋和夫, 千葉智 (1979) 農業技術34 447-450
7. 栃木喜八郎, 吉沢崇, 山口正篤, 橋本俊一 (1980) 栃木農試研報26 9-16
8. 和田源七, 庄子貞雄, 高橋重郎 (1971) 日作紀40 275-280
9. 吉沢孝之 (1971) 農業技術26 349-351, 407-413, 456-461

Studies of Soil Science and Fertilizer on the Paddy Field Plowing in Rice and Barley Straw

(IV) Absorption and utilization of applied nitrogen by paddy rice on the paddy field applied with rice and barley straw

Takashi YOSHIKAWA, Sohji MOTEKI

Summary

1. The absorption and utilization of applied nitrogen labeled with ^{15}N by paddy rice were studied on the paddy field in 1977 and 1979.
2. By the plowing in barley straw, the growth of paddy rice was retarded in early stage but restored in the latter.
3. In the case of plowing in barley straw, the rate of utilization of basal nitrogen declined in early stage but was 24~32% in the harvest time.
4. The top-dressed nitrogen after transplantation of paddy rice was effective on the decrease of growth restraint in the early stage on the paddy field applied with barley straw but its rate of utilization was lower.

