

熊本県平坦地における合理的な水田輪作体系の確立

上野育夫・三ツ川昌洋・伏水邦彦・泉 恵市・小代寛正・林田英一*・園田芳信**・田中光一***

緒言

熊本県では、水田農業の活性化を図るために行政施策が講じられているが、麦、大豆、水稲等の主要輪作作物についても、一層の生産性及び品質向上技術対策が要求されている。こうした状況の中、麦、大豆を中心とした合理的な水田輪作体系の確立を図るため、大豆2年1作型あるいは大豆3年2作型輪作体系の定着化を確立するとともに、個々の輪作作物について、麦では施肥技術、耕土深、地下水位が生育、収量に及ぼす影響について検討し、大豆では作型と施肥管理を組み合わせることで生育量及び収量に関するデータを集積し、収量予測精度の向上、また生育抑制のための施肥技術を検討する。さらに、良食味米生産のために耕土深、落水時期、刈取り時期等が水稲の生育、収量に及ぼす影響について検討し、水田輪作体系の総合的生産安定技術を確立する。

なお本研究は、「麦、大豆作を中心とした水田輪作体系化技術」(1991～1993年 地域水田農業技術確立試験研究)で実施した結果をとりまとめたものである。

小麦、大豆、水稲体系による水田輪作体系の確立

1) 目的

麦、大豆作を中心とした合理的な水田輪作体系を確立するために、大豆2年1作型あるいは大豆3年2作型輪作体系を検討する。

2) 材料及び方法

(1) 試験場所及び土壌条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所 沖積土壌客土精密水田

(2) 体系の組立(平成3年夏作～平成5年冬作)

大豆3年1作型: 水稲・小麦・水稲・小麦・大豆・小麦

大豆2年1作型: 大豆・小麦・水稲・小麦・大豆・小麦

大豆3年2作型: 水稲・小麦・大豆・小麦・大豆・小麦

(3) 供試品種 水稲: ユメヒカリ 大豆: フクユタカ

小麦: 農林61号

(4) 耕種概要

水稲 播種期: 5月21日 移植期 6月22日
栽植密度: 30cm×15cm (22.2本/㎡)
施肥量: 1.0kg/a(0.5+0.3+0.2)(窒素成分)

大豆 播種期: 7月8日
栽植密度: 畦幅75cm×株間20cm (2本立)
施肥量: N, P₂O₅, K₂O=0.3, 1.0, 1.0 (kg/a)

小麦 播種期: 11月20日 播種量: 0.5 kg/a
栽培様式: 畦立4条(畦幅150cm)

施肥量: 水稲跡: 1.2kg/a(0.6+0.3+0.3)

大豆跡: 0.85kg/a(0.45+0.2+0.2)

(窒素成分)

なお、全作付において堆肥200 kg/aを投入した。

3) 結果及び考察

作付体系別の土壌調査の結果、1992年は大豆跡作土壌が水稲跡作土壌に比べ物理性がよくなる傾向がみられたが、1993年は多雨により作型による差は明確ではなかった。(第1表)

作付体系別に土壌中硝酸態窒素濃度を調査した結果、播種後(11月30日)では、大豆作の残留窒素と基肥減が相殺され、大豆跡作(大豆3年2作型)と水稲跡作(他区の平均)は同等であった。2月中～下旬では、大豆跡作に大豆残渣中窒素成分の影響と思われる硝酸態窒素量の上昇が認められた。これが大豆跡小麦の過繁茂・倒伏の一因になると推察された。(第1図)

3ヶ年の各作目の生育、収量、品質調査結果(主要項目抜粋)を第2表に示した。

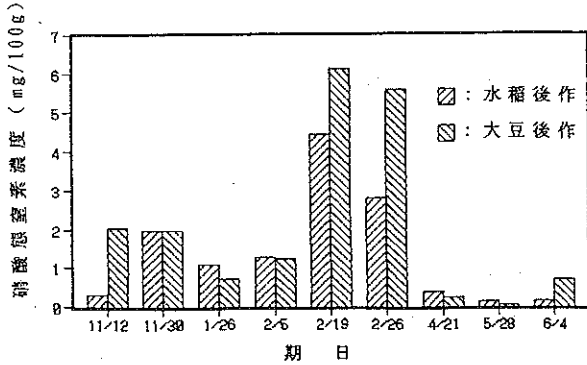
水稲に関しては、作型は大豆3年1作型体系(前年夏作: 水稲)と大豆2年1作体系(前年夏作: 大豆)の中で供試した結果、大豆2年1作型体系区が、生育量がやや多く確保され、収量は10%程度高くなった。

大豆に関しては、収量が大豆3年1作型体系>大豆2年1作型体系>大豆3年2作型体系と、大豆の作付が近いほどやや減収する傾向がみられたが、減収程度は小さ

*菊池農業改良普及センター **鹿本農業改良普及センター ***高原農業研究所

く、その他の問題となる障害は発生しなかった。

小麦に関しては、年次、体系にかかわらず、大豆跡作の生育が旺盛で、結果的に過繁茂・倒伏に陥り、収量・品質が低下した。この現象は、麦、大豆作を中心とした



第1図 土壤中硝酸態窒素濃度の推移

第1表 土壌の三相分布

作 型	層 別	水稲作付時 (1992, 6月)			
		固層	液層	気層	孔隙率
大豆3年1作	作 土	35.6	46.4	18.0	64.4
大豆2年1作	作 土	39.5	53.7	6.8	60.5
大豆3年1作	すき床	32.6	35.5	31.9	67.4
大豆2年1作	すき床	37.9	49.5	12.6	62.1

注) 大豆3年1作: 前夏作水稲、冬作小麦
大豆2年1作: 前夏作大豆、冬作小麦

作 型	層 別	大豆作付時 (1993, 7月)				小麦作付時 (1993, 11月)			
		固層	液層	気層	孔隙率	固層	液層	気層	孔隙率
大豆3年1作	作 土	30.9	51.5	17.6	69.1	31.0	46.5	22.5	69.0
大豆2年1作	作 土	34.7	52.1	13.2	65.3	34.6	51.7	13.7	65.4
大豆3年2作	作 土	35.2	52.1	12.7	64.8	30.4	46.4	23.1	69.6
大豆3年1作	すき床	37.4	57.5	5.1	62.6	38.0	56.9	5.1	62.0
大豆2年1作	すき床	38.4	54.9	6.7	61.6	40.4	56.7	2.9	59.6
大豆3年2作	すき床	39.3	54.8	5.9	60.7	33.6	61.4	5.0	66.4

注) 大豆3年1作及び大豆2年1作: 大豆作付前夏作水稲、冬作小麦
大豆3年2作: 大豆作付前夏作大豆、冬作小麦

(単位: %)

第2表 3種の作付体系における各作目の生育・収量・品質 (1991~1993)

作 付	作目	3年1作型			2年1作型			3年2作型				
		生育	収量	品質	生育	収量	品質	生育	収量	品質		
1991夏	水稲	463	45.8	-	大豆	21.5	20.7	-	水稲	525	44.5	-
	小麦	792	37.1	2.0	小麦	933	36.8	3.0	小麦	636	36.9	2.0
1992夏	水稲	571	47.1	2.0	水稲	592	52.7	2.0	大豆	15.3	36.4	-
	小麦	883	33.8	3.0	小麦	943	37.5	4.5	小麦	955	33.4	5.0
1993夏	大豆	9.3	24.4	3.0	大豆	12.2	23.4	3.0	大豆	8.1	22.7	3.0
	小麦	1228	40.5	7.5	小麦	835	37.7	7.0	小麦	916	47.4	6.5

注) 生育: 水稲、小麦は最高莖数 (本/m²)、大豆は開花期全重 (kg/a)
収量: 水稲は精玄米重 (kg/a)、小麦、大豆は子実重 (kg/a)
品質: 各作目とも外観品質 (1~9)

水田輪作体系の導入において大きな問題点であったが、後述する大豆跡作小麦の施肥技術に関する試験で、その改善法を見いだした。

以上の結果から、麦、大豆作を中心とした水田輪作体系すなわち大豆2年1作体系あるいは大豆3年2作体系の導入が可能となった。

高品質小麦生産技術の確立

1 大豆跡作小麦の施肥技術と収量・品質

1) 目的

主要輪作作物である小麦の生産性を向上するため、大豆跡 (大豆残渣全量還元) 小麦栽培について、収量・品質向上のための施肥技術を検討し、適正肥培管理条件を解明する。

2) 材料及び方法

(1) 試験場所及び土壌条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所水田 厚層腐植質多湿黒ボク土

(2) 供試品種 農林61号

(3) 試験区の構成

堆肥施用条件 (200kg/a) 及び無施用条件でそれぞれについて化成肥料の施用条件を検討した。

(第3表)

(4) 耕種概要 播種期: 11月20日~29日

播種量: 0.5kg/a

栽培様式：畦立4条（畦幅150cm）

3) 結果及び考察

施肥技術と生育・収量・品質の関係は、3ヶ年ともほぼ同様の傾向で下記の結果となった。

最高分けつ期の生育は、堆肥施用区が堆肥無施用区

より旺盛であった。稈長は堆肥区施用区が高かったが、穂数は同等であった。倒伏程度は、明らかに堆肥無施用区より堆肥施用区が大きく、堆肥無施用区では基肥少肥追肥分施肥区が最も小さかった。（第4表）

収量は、倒伏程度が小さい堆肥無施用区が明らかに

表3 試験区の構成

区分	施肥条件	基肥	追肥1	追肥2	合計	
1	基肥多肥	追肥分施	0.5	0.2	0.2	0.9
2	堆肥	追肥1重点	0.5	0.4	-	0.9
3	無施用	基肥少肥	追肥分施	0.3	0.3	0.9
4		追肥1重点	0.3	0.4	0.2	0.9
5	基肥多肥	追肥分施	0.4	0.1	0.1	0.6
6	堆肥	追肥1重点	0.4	0.2	-	0.6
7	施用	基肥少肥	追肥分施	0.2	0.2	0.6
8		追肥1重点	0.2	0.4	-	0.6
9	基肥無施用	追肥分施	-	0.25	0.25	0.5
10		追肥1重点	-	0.4	0.1	0.5

注) 堆肥施用区には牛糞堆肥200kg/aを投入した
追肥1：1月29～31日施用、追肥2：1月29～30日施用

第4表 大豆跡小麦の生育に対する施肥方法の影響

(1991～1993)

区分	最高分けつ期							病害		
	草丈 cm	茎数 本/m ²	出穂期 月・日	成熟期 月・日	稈長 cm	穂長 cm	穂数 本/m ²	倒伏 程度	赤か び病	うどん こ病
1	31.9	667	4.17	6.6	98	9.7	353	2.2	0.3	1.3
2	32.2	682	4.17	6.6	99	9.8	359	2.3	0.3	1.3
3	31.2	671	4.17	6.6	97	9.5	404	1.1	0.3	1.2
4	31.6	681	4.17	6.6	99	9.7	344	2.3	0.3	1.2
5	35.3	822	4.17	6.6	100	9.5	423	3.0	0.3	1.2
6	35.1	768	4.17	6.6	100	9.7	379	3.1	0.3	1.2
7	33.1	723	4.17	6.6	100	9.6	400	3.3	0.3	1.2
8	33.9	748	4.17	6.6	100	9.7	421	2.5	0.3	1.2
H5-3	28.9	756	4.23	6.11	96	9.7	548	0.9	0.5	1.5
H5-5	29.5	805	4.24	6.11	100	9.7	589	3.0	0.5	1.5
H5-9	26.5	838	4.23	6.11	98	10.0	514	3.0	0.5	1.0

注) 上段1～8：平成3年度～5年度（3カ年の平均）
下段H5-1～9：平成5年度（単年）のデータ

第5表 大豆跡小麦の収量・品質に対する施肥方法の影響

(1991～1993)

区分	わら重 kg/a	子実重 kg/a	同左比 %	くず重 kg/a	ℓ重 g	千粒重 g	品質 (1～9)	検査等級 (1～9)
1	52.7	39.5	100	0.8	784	35.1	4.7	7.0
2	53.8	39.5	100	0.7	784	34.9	4.5	7.0
3	50.9	40.3	102	0.7	789	35.7	3.8	6.0
4	51.0	39.7	101	0.8	788	35.4	4.7	6.0
5	54.8	35.8	91	0.7	782	34.6	4.5	7.0
6	55.9	35.9	91	1.0	782	35.8	4.5	7.0
7	51.1	35.6	90	0.6	791	35.2	4.5	6.0
8	54.3	36.8	93	0.8	779	34.3	4.9	7.0
H5-3	37.3	40.8	101	0.9	799	37.4	3.5	5.0
H5-5	45.7	37.8	94	0.8	788	36.0	4.0	6.0
H5-9	44.6	38.8	94	1.7	805	36.2	4.5	5.0

注) 第4表参照
検査等級：1（1等-上）～9（規格外-下）

高かった。他の区分に明確な傾向はなかった。品質は、倒伏程度が最も小さい堆肥無施用区の基肥少肥追肥分施肥区が他の区より優った。(第5表)

以上の結果から、大豆残渣を全量還元する大豆跡小麦栽培における収量・品質の向上のためには、過繁茂・倒伏の軽減が最も重要であり、その方策としては、堆肥を施用せず基肥を減じ追肥を分施肥すること(総窒素量: 0.9kg/a)が最も有効であることが判明した。このように、耐倒伏性にやや問題がある「農林61号」を大豆跡に作付ける場合に施肥量・施用法に留意する必要性は、松村ら³⁾が得た結果と同様である。

一方で、平成5年には、堆肥施用条件で問題となる過繁茂・倒伏の軽減方策として、基肥無施用条件を設定した。その結果、堆肥無施用条件より劣るものの、特に追肥分施肥条件で収量・品質が向上した。(第5表)

一般に、麦作における堆肥等有機物の施用については収量や品質の向上に有効であるとされている¹⁾²⁾。また、松村³⁾は、適切な輪換と深耕及び作物残渣還元と有機物の施用が全体的な作物生産力と地力の向上に有効であると述べている。筆者らも同様の目的で有機物施用を検討したが、本試験では堆肥の施用で過繁茂・倒伏に陥った。この原因は、供述した「農林61号」が耐倒伏性にやや問題があることに加え、砕土率等土壌条件が良好で生育旺盛となり、大豆残渣と堆肥に含まれる窒素成分に基肥が加わり窒素過多に陥ったためと思われる。大賀ら³⁾も同様に、大豆跡小麦の基肥は

減ずるか無施用とする必要性を報告している。

従って、大豆跡や小麦作において「農林61号」等耐倒伏性がやや劣る品種を作付け、土壤改良等の目的で堆肥を施用する場合には、基肥を控え、追肥を分施肥し、急激に窒素濃度が高まることを避けることが有効であると考察された。

2 小麦の収量・品種に及ぼす耕土深及び地下水位の影響

1) 目的

主要輪作作物である小麦の生産性を向上するため、水稻跡小麦栽培について、土壤管理法(地下水位及び耕土深)を検討し、適性管理条件を解明する。

2) 材料及び方法

(1) 試験場所及び土壌条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所 沖積土壌客土精密水田

(2) 供試品種 「農林61号」

(3) 試験区の構成

水位調節で表面排水区及び地下水位50cm区を設定し、各条件について深耕区(耕土深15~18cm)及び普通耕区(耕土深10~13cm)を設定した。なお、深耕区、普通耕区の設定場所は前作水稻におけるそれに重なる。

(4) 耕種概要 播種期: 11月20日~29日

播種量: 0.5kg/a

栽培様式: 畦立4条(畦幅150cm)

施肥量: 1.2kg/a (0.6+0.3+0.3)

第6表 水稻跡小麦の生育に対する耕土深及び地下水位の影響

(1991~1993)

区分	最高分け時期							病 害		
	草丈 cm	茎 数 本/m ²	出穂期 月・日	成熟期 月・日	稈長 cm	穂長 cm	穂 数 本/m ²	倒伏 程度	赤か び病	うどん こ病
1	33.1	669	4.16	6.1	93	9.1	327	0.0	0.5	1.2
2	28.9	448	4.16	6.1	86	9.2	229	0.0	0.3	1.2
3	33.5	770	4.17	6.3	97	9.5	367	1.1	0.5	0.8
4	33.1	760	4.17	6.3	95	9.4	353	0.5	0.5	0.8

注) 区分1及び2: 表面排水区 区分3及び4: 地下水位50cm区
区分1及び3: 普通耕区(耕土深10~13区cm)、区分2及び4: 深耕区(耕土深15~18cm)

第7表 水稻跡小麦の収量・品質に対する耕土深及び地下水位の影響

(1991~1993)

区分	わら重 kg/a	子実重 kg/a	同左比 %	くず重 kg/a	ℓ 重 g	千粒重 g	外観品質 (1~9)	検査等級 (1~9)
1	35.3	27.0	100	2.8	767	37.6	3.5	3.0
2	29.8	23.2	86	0.3	769	37.2	2.7	3.0
3	46.4	36.3	134	0.5	781	36.9	2.8	2.0
4	48.6	37.1	137	0.7	777	36.7	2.8	2.0

注) 第6表参照
検査等級: 1(1等-上)~9(規格外-下)

3) 結果及び考察

3ヶ年の試験で以下の結果を得た。

生育は、最高分けつ期、成熟期共に表面排水区より地下水位50cm区が明らかに優り、千粒重は小さいものの収量・品種共に地下水位50cmが優った。表面排水区には年次によって湿害が発生した。生育量が大きい地下水位50cm区に若干の倒伏が見られたが、収量、品質には影響しなかった。(第6、7表)

深耕の効果は、地下水位50cm区では年次により異なり3ヶ年平均ではやや有効であったが、表面排水区では湿害を助長しかえて減収した。(第6、7表)

以上の結果から、水稲跡小麦の収量・品質向上に地下水位を低位に保つことは明らかに有効であるが、深耕は必ずしも有効ではないことが示された。

松村⁹⁾は水稲跡小麦は深耕により減収し、大豆跡小麦は深耕で増収することを示し、原因として養分の少ない下層土の混入、土壌水分の関与を示唆している。

本試験で、深耕により表面排水区に排水不良条件が発生した原因は、麦作における深耕よりもむしろ前作水稲の深耕にあると推察される。ただし、上記のように地下水位を低位に保つことで湿害は発生しない。また、後述の水稲に関しては深耕の有意性が示された。

従って、輪作体系における総合的な生産性を考慮し、地下水位を低位に保持できる条件下では深耕することが有利であり、排水条件が悪い圃場では深耕を控えるべきであると考察された。

転換田における大豆安定多収のための生育制御技術

1 大豆安定多収のための生育診断技術

1) 目的

黒ボク土転換畑大豆を対象に中期生育から収量を把握するため、播種時期及び土壌の肥沃度別に生育診断を行い、開花期の乾物重と収量の関係を明らかにする。

2) 材料及び方法

- (1) 試験場所及び圃場条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所内水田転換畑 黒ボク土
 (2) 供試品種 フクユタカ

(3) 試験区の構成

播種時期を早播、標準播、晩播、施肥量を多肥、標肥、無肥とそれぞれ3段階に分けた。施肥量、播種時期及び栽植密度については第8表、第9表のとおりである。

(4) 試験内容

1988年～1990年を前期試験、1991年～1993年を後期試験とし、後期試験の調査結果を中心に、前期試験のデータを含めた生育診断解析の精度向上を図った。

3) 結果及び考察

各年次における開花期全重及び収量の結果を第10表に示した。

1991年は全播種時期とも開花期全重、子実重とも低めであった。これは開花期までの気温、日照時間が低めに推移したことと、生育後期での台風17、19号による風害によるものと考えられた。1992年は開花時までの降水量が少なく、また気温も低めに推移したため、早播、標準播の開花期全重はやや少なくなった。一方で開花後好天に恵まれたため収量は多収となった。晩播では、生育全般を通じて好天であったため、生育、収量共に順調であった。1993年は生育期間全般にわたり低温・多雨・日照不足で推移し、近年にない異常気象年となったため、生育・収量共に大幅に低くなった。また、各年次とも施肥による差は明確ではなかった。

第8表 施肥量

肥料区分	多肥区	標肥区	無肥区
N	2.0	0.3	0
P ₂ O ₅	1.72	1.0	0
K ₂ O	2.0	1.0	0
苦土石灰	10	10	0

注) 多肥区は緩効性肥料を施用

第9表 各年次における播種時期及び栽植密度

播種時期	1989	1990	1991	1992	1993	栽植密度
早播	6月19日	6月19日	6月21日	6月25日	6月22日	75cm×25cm
標準播	7月5日	7月6日	7月8日	7月7日	7月12日	75cm×20cm
晩播	7月20日	7月20日	7月20日	7月21日	7月20日	75cm×15cm

注) 栽植密度は2本立

このように、大豆の生育、収量では気象条件による影響力が大きく、播種時期による影響の受け方にも差異が生じた。特に、1992年は顕著であり、早播、標準播では、開花期前後の気象変動により開花期全重と収量との間に大きなズレが生じた。以上の結果から播種時期別に1989年～1993年の5ヶ年による生育診断を行った結果、早播、標準播では開花期全重と収量との間に相関は見られなかったが、晩播では、 $r = 0.803^*$ と相関がみられ、開花期全重と収量の関係は $Y = 4.38 + 2.35X$ で示された。(第2図) また、晩播栽培と標準播栽培を併せた7月播では、開花期全重と収穫期収量との間の相関係数は $r = 0.69$ であり(第3図) 晩播のみに比べ相関は劣った。なお、1993年は異常気象による生育不良のためデータから除外した。開花期の全重から収量を予測する場合、気象条件に左右されることが多いため、長年にわたるデータの蓄積、または気象状況をふまえた上での数値の修正等の措置が必要であろう。

2 生育制御のための施肥技術

1) 目的

黒ボク土転換畑大豆の生育初期の栄養生長の促進、開花期以降の窒素供給をねらいとした基肥及び追肥効果について、生育、収量の面から検討する。

2) 材料及び方法

- (1) 試験場所及び圃場条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所内水田転換畑、黒ボク土
- (2) 供試品種 フクユタカ
- (3) 試験区の構成
 - ・基肥試験
前試験(大豆安定多収のための生育診断技術)と同じ。(第8, 9表)
 - ・追肥試験
第11表のとおり。
- (4) 耕種概要(追肥試験)
播種期は7月30日(1992年)、7月29日(1993年)

第10表 各年次における全重(開花期)及び収量

(kg/a)

区 分	1989		1990		1991		1992		1993		
	全重	収量	全重	収量	全重	収量	全重	収量	全重	収量	
早 播	多肥	23.9	40.3	23.3	33.1	19.2	30.1	17.7	41.3	19.8	20.4
	標肥	24.5	34.5	18.1	33.2	23.3	26.8	17.4	37.6	18.0	19.7
	無肥	20.2	36.4	23.0	35.1	14.8	25.3	15.6	40.5	15.0	20.5
標準播	多肥	17.6	33.0	17.3	32.5	14.9	27.8	17.3	39.1	15.6	18.4
	標肥	16.6	32.0	17.6	30.2	17.6	24.1	18.5	38.2	14.9	17.9
	無肥	13.4	31.8	11.2	28.8	12.0	25.3	15.5	39.7	14.1	20.2
晩 播	多肥	15.9	39.9	13.3	30.5	12.4	23.5	13.2	36.0	13.1	16.6
	標肥	11.9	32.1	13.7	29.4	11.7	22.0	15.1	37.5	12.6	20.3
	無肥	10.9	28.4	12.0	27.6	8.0	21.5	13.4	33.6	13.4	17.3

栽植密度は畦間75cm、株間25cmの2本立、基肥施用量はN、P₂O₅、K₂O=0.3,1.0,1.0とした。

(5) 試験内容

・基肥試験

播種時期、施肥量をそれぞれ3段階に分け、生育、収量における施肥効果について検討した。

・追肥試験

晩播栽培（7月下旬播種）において窒素栄養の維持力が高く、しかも省力的な施肥法であるコーティング肥料を用い、開花期、最終培土期における追肥効果について検討した。

3) 結果及び考察

・基肥試験

早播栽培では、全重は、開花後2週以降基肥量が多くなるに従って増加した。収量は基肥多肥施用により増加したが、標肥施用の効果は判然としなかった。

(第4図)

標準播栽培では、全重は開花期前2週以降無肥区に対し標肥及び多肥区が高く推移した。収量は多肥区がやや高く、標肥区と無肥区は収量差がみられなかった。

(第5図)

晩播栽培では、全重は開花期前2週以降基肥量が多くなるに従い増加した。収量も基肥量が多くなるに従い増加し、無肥に比べ標肥10%、多肥17%の増収効果であった。(第6図)

基肥施肥反応は、播種時期が遅い、つまり生育期間が短いほど大きくなる傾向が認められた。西南暖地では、梅雨のため播種期が遅延し、晩播栽培となることが多いため、この結果は実用性の面で有効であると考えられる。

・追肥試験

1992年では、開花前に追肥を行ったLP70+LP40区及びLP70+LP40培量区、また比較的肥効が早いと考えられる硫安区が茎重で優り、また、主茎長・主茎節数・莢数でもやや優る傾向がみられた。収量では、莢実重

・子実重で、2区のLPコート70開花期施用区を除いて約5%の増収効果がみられた。1993年では、生育は追肥の効果は殆ど認められなかった。密植区では生育は旺盛であったが、これは追肥の効果というよりも栽植密度によるものが大きいと考えられた。収量では、追肥区は過繁茂気味であった密植区を除いて増加がみられた。追肥による増収効果は約5%であった。(第12表)

以上の結果により、晩播栽培における追肥の施用では最終培土期追肥では硫安、LPコート40日タイプ、LPコート70日タイプで増収効果がみられたが、開花期追肥ではLPコート70日タイプでは効果がみられなかった。

(第6図) 酒井ら⁷⁾によるとLPコート70日タイプは窒素の溶出が遅く、50%溶出するのに約50日かかるといわれており、このため、開花期の追肥では十分な肥効が得られなかったものと考えられた。

基肥、追肥にかかわらず、施肥効果は供試土壌の肥沃度、気象条件に大きく影響される⁸⁾ため、施肥前の度肥沃度、気象条件による地方窒素の発現・消長等、徹底した土壌診断を行い、適性施肥量を把握することが今後の課題であろう。

第11表 試験区の構成

年次	No.	追肥の種類及び追肥時期	開花期前14日	開花期
1992	1	LP40・開花期	0	0.6
	2	LP70・開花期	0	0.6
	3	LP70+LP40	0.3 (LP70)	0.3 (LP40)
	4	LP70+LP40培量	0.6 (LP70)	0.6 (LP40)
	5	硫安・開花期	0	0.6
	6	無施用	0	0
1993	7	LP40・最終培土期	0.6	0
	8	LP70・最終培土期	0.6	0
	9	硫安・最終培土期	0.6	0
	10	硫安・密植・最終培土期	0.6	0
	11	硫安・開花期	0	0.6
	12	無施用	0	0

第12表 成熟期の生育及び収量

年次	No.	主茎長 cm	主茎 節数	分枝数 本/m ²	莢数 莢/m ²	茎重 kg/a	莢実重 kg/a	子実重 kg/a	対照比 %	百粒重 g	1莢粒数 粒/莢
1992	1	44	13	62	633	76	436	289	104	29.0	1.6
	2	44	13	62	605	71	401	274	98	29.1	1.6
	3	50	13	66	662	89	455	291	104	29.9	1.5
	4	48	13	62	680	82	447	288	103	29.5	1.4
	5	50	13	64	641	84	436	290	104	29.3	1.5
	6	44	13	64	635	74	425	279	100	28.6	1.5
1993	7	49	13	68	580	75	266	187	104	24.3	1.3
	8	50	13	66	572	77	264	187	104	24.5	1.3
	9	52	13	69	610	84	290	188	105	24.6	1.3
	10	58	12	89	790	124	308	172	96	23.6	0.9
	11	50	13	66	534	73	254	188	105	24.0	1.5
	12	51	13	71	558	78	267	179	100	24.1	1.3

良食味米生産のための水稻生育制御技術の確立

1 生育、収量に及ぼす耕土深の影響

1) 目的

平坦地では、良食味品種としてユメヒカリ、つぶよりが作付されているが、特にユメヒカリでは作りにくい特性を持っているため、栽培改善の一手法として耕土深の違いが生育、収量に及ぼす影響を検討する。

2) 材料及び方法

- (1) 試験場所及び土壌条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所、沖積土壌客土精密水田
- (2) 供試品種 ユメヒカリ (1991、1992、1993) つぶより (1993)
- (3) 試験区の構成 中型トラクターのロータリーによる耕起で、普通耕：10～13cm、深耕：15～18cm

(4) 耕種概要 播種期：5月20日～5月22日 移植

期：6月22日～6月24日 栽植様式：22.2株/m²

1株3本手植 施肥量 (kg/a) : N1.0, P₂O₅0.8, K₂O1.3

3) 結果及び考察

ユメヒカリは深耕することにより、最高分げつ期以降の茎数の減少程度が普通耕より少なく、有効茎歩合、稈基重が高く充実した穂数が確保された。深耕区は穂数が多いわりには、一穂粒数も普通耕区とほぼ同程度に確保されたため、m²当り粒数は10%程度多くなり、その結果、登熟歩合、千粒重はやや劣るものの収量は5%程度高くなった。つぶよりについては低温、寡照年次での検討であるが、ほぼ同様の傾向であった。

(第13表)

穂体窒素濃度は、幼穂形成期頃から深耕区が普通耕

区より高くなる傾向がみられ、このことが籾数の確保にも寄与したと考えられる。また、乾物量は幼穂形成期以前までは普通耕区が高く推移するが、以降は深耕区が高くなった。(第14表)

ユメヒカリは中干し期頃から下葉枯の発生が認められ、出穂期から登熟期にかけてさらに進行することが報告されている¹⁰⁾が、深耕区で乾物重は高いものの枯死葉重は少なく、下葉の枯れ上がりの軽減効果がみられた。中司ら¹¹⁾は、15cmより浅い位置の耕盤は水稻の根系に影響を与えると報告しているが、モノリス

法による達観調査、及び土の一定容積当り調査の結果でも根量は深耕区が普通耕区よりやや多かった。(第15表)

以上のように、深耕により有効茎歩合が高く、充実の良い穂数が確保され、収量性もやや向上した。同時に下葉枯の軽減も認められ、栽培改善の可能性が示唆された。ただ、排水不良田では深耕区は弱小分げつが多く見られるため、中干し、間断かん水等基本的水管理を励行することが必要である。

第13表 生育・収量

品種名	耕土深	最高茎数 (本/㎡)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/㎡)	一穂籾 数(粒)	登熟歩 合(%)	千粒重 (g)	収量 (kg/a)	稈基重 (mg/本)
ユメヒカリ	普通耕	469	72	18.0	344	82.0	83.2	21.8	47.5	313
	深耕	499	75	18.8	380	83.7	82.6	21.4	49.6	330
つぶより	普通耕	420	70	21.9	287	100.0	83.5	22.0	49.4	407
	深耕	357	69	22.0	315	99.5	76.9	21.7	51.8	443

注) ユメヒカリ：1991～1993、つぶより：1993

第14表 乾物重・茎葉窒素濃度の推移

品種名	耕土深	乾物重 (茎葉 g/㎡)					茎葉窒素濃度 (%)			
		7.31	8.13	8.20	穂揃期	成熟期	7.31	8.13	8.20	穂揃期
ユメヒカリ	普通耕	198	356	412	880	762	2.82	2.10	1.92	1.23
	深耕	187	347	412	946	819	2.68	2.02	2.11	1.32
つぶより	普通耕	98	260	335	743	610	3.32	2.47	2.19	1.32
	深耕	68	251	339	797	646	3.17	2.39	2.37	1.32

注) ユメヒカリ：1991～1993、つぶより：1993

第15表 枯死葉重・根重

品種名	耕土深	枯死葉重 (g/㎡)			根重 (g)	
		8.20	穂揃期	成熟期	株元	株間
ユメヒカリ	普通耕	21.7	38.4	122.7	2.74	1.35
	深耕	17.7	34.9	119.5	2.92	1.38
つぶより	普通耕	8.2	17.2	78.1	注) 株元：稲株を中央にして内径15cmの塩ビパイプを30cmの深さまで埋め込んだ。 株間：稲株の対角線の中央部	
	深耕	5.7	12.7	75.0		

注) ユメヒカリ：1991～1993、つぶより：1993

2. 品質及ぼす落水時期・期間の影響

1) 目的

近年、収穫作業の機械化や水利慣行により落水時期が早まる傾向にある。そこで、落水時期・期間が玄米品質に及ぼす影響について検討する。

2) 材料及び方法

- (1) 試験場所及び土壌条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所、沖積土壌客土精密水田
- (2) 供試品種 ユメヒカリ (1991、1992、1993)
- (3) 試験区の構成 落水時期：出穂後30日 35日 40日 耕土深：普通耕 深耕
- (4) 耕種概要 播種期：5月20日～5月22日 移植期：6月22日～6月24日 栽植様式：22.2株/㎡ 1株3本手植 施肥量 (kg/a) : N1.0, P₂O₅0.8, K₂O1.3

3) 結果及び考察

1991年は登熟期に2回の台風に遭遇したため、著しい葉先裂傷と倒伏のため、登熟形質及び品質への影響が大きかったため、データを除外した。1992年は出穂後多照条件で経過し登熟速度も早かったが、1993年は生育、登熟期を通じやや低温、寡照条件で経過したため、登熟日数が長くなった。

1992、1993年とも処理区間に生育量の差がみられた

が、出穂後30日落水区では生育量が小さいにもかかわらず成熟期における枯死葉重は大きかった。耕土深別では、落水期が早いほど枯死葉重も大きくなる傾向がみられた。登熟関連形質では、生育量の差により落水時期の影響は判然としなかったが、落水時点での登熟歩合は30日目ではかなり低く、落水期延長の必要性が示唆された。(第16表)

早期落水により土壌が白乾、黒乾状態になると不完全米や茶米が多く発生する¹²⁾ が外観品質の調査では早期落水でうす茶粒の比率がやや高くなり、登熟日数が長かった1993年ではうす茶粒の増加により検査等級がやや低下した。(第17表)

コーンペネトロメータによる地耐力調査では、1992年のように圃場の乾燥化が十分図られるような条件下においては、落水7～10日後にコンバインでの収穫作業が可能と考えられるため、落水期を延長し、稲体の活力維持に努めることが重要である。

以上のように、ユメヒカリの特徴である下葉枯の多発生、刈取り適期以降のうす茶粒の増加が落水期を延長することでやや軽減された。落水時期は機械収穫を考慮して圃場条件にもよるが収穫予想日の約7～10日前程度が望ましいと考えられる。

第16表 生育及び収量

(1992～1993)

落水時期 (出穂後 日数)	耕土深	穂数 (本/㎡)	一穂 粒数 (粒)	登熟歩合 (%)		千粒重 (g)	玄米重 (kg/a)	成熟期 枯死葉重 (g/㎡)
				落水期	成熟期			
+30	普通耕	292	85.0	62.1	87.0	22.1	42.5	128.8
	深耕	322	86.2	62.3	84.3	22.0	47.4	130.0
+35	普通耕	346	82.8	67.4	84.9	21.5	46.2	122.7
	深耕	373	85.5	68.0	83.5	21.0	48.9	119.5
+40	普通耕	386	79.2	71.6	81.4	20.9	49.3	111.2
	深耕	365	84.1	73.5	83.3	21.2	48.8	114.2

第17表 品質、検査等級

落水時期 (出穂後 日数)	耕土深	1992					1993				
		良質	未熟 (%)	うす茶	胴割	検査 等級	良質	未熟 (%)	うす茶	胴割	検査 等級
+30	普通耕	85.5	1.5	6.8	4.7	2	76.4	6.8	12.4	0.7	4
	深耕	84.6	1.7	6.9	5.0	2	73.8	10.3	11.7	0.5	4
+35	普通耕	84.0	1.3	6.4	7.2	3	76.5	7.9	9.3	1.2	3
	深耕	85.6	0.9	6.3	6.0	2	75.0	7.7	9.3	1.2	3
+40	普通耕	87.6	0.4	5.6	5.4	2	72.3	10.8	9.7	1.5	4
	深耕	88.0	0.3	6.1	4.8	2	75.4	7.2	9.8	1.0	3

注) 検査等級：1 (1-上) ～9 (3-下)

2 品質に及ぼす刈取り時期の影響

1) 目的

平坦地の良食味品種であるユメヒカリ、つぶよりは刈取り時期によっては品質が低下しやすい。今後市場

評価を高めるためには、品質を向上させる必要がある
ので、刈取り時期が玄米品質に及ぼす影響について検討する。

第18表 出穂後積算気温と玄米品質

品種	年次	形質	出穂後積算気温(°C)										
			689	722	761	801	840	874	902	937	966	992	1021
ユメヒカリ	1992	糊黄化率%	47.8	75.1	78.9	81.9	86.9	92.7	95.7	98.8	99.5	99.8	99.8
		良質粒%	51.9	73.0	69.4	83.0	84.7	87.0	88.5	89.6	88.9	88.3	90.2
		うす茶粒%	1.4	1.6	2.0	2.6	4.0	4.7	5.5	6.9	8.8	8.4	7.9
		精玄米%	72.4	77.8	81.7	85.0	86.5	87.0	89.8	89.0	90.6	90.7	89.9
		検査等級	5	2	2	1	1	1	2	2	2	2	3

品種	年次	形質	出穂後積算気温(°C)										
			714	741	777	801	823	854	888	924	958	996	1030
ユメヒカリ	1993	糊黄化率%	53.4	56.5	67.1	80.2	81.9	81.8	86.9	93.8	96.1	96.3	97.4
		良質粒%	36.2	40.9	39.6	52.8	70.3	69.8	72.3	65.4	68.8	64.8	57.9
		うす茶粒%	1.2	2.3	3.4	2.9	4.0	5.6	5.4	9.1	9.0	14.5	18.0
		精玄米%	75.7	82.1	84.8	85.8	87.0	86.0	89.4	90.9	90.3	92.1	90.8
		検査等級	3.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0

品種	年次	形質	出穂後積算気温(°C)										
			740	774	810	846	879	909	938	961	983	1010	1046
つぶより	1993	糊黄化率%	38.4	39.7	41.8	64.5	61.8	76.3	78.3	85.0	85.0	86.0	87.2
		良質粒%	23.7	31.1	31.1	39.8	37.8	42.1	39.7	41.9	37.9	38.1	47.3
		うす茶粒%	1.8	3.1	1.4	2.8	4.8	5.1	3.8	7.9	7.6	7.1	8.5
		精玄米%	69.0	74.1	75.6	83.3	83.7	83.8	84.0	87.4	86.4	90.0	90.3
		検査等級	6.0	5.5	5.5	4.5	5.0	4.5	4.5	4.5	5.5	5.5	5.5

注) 精玄米重: 1.8mm 以上の重量比
検査等級: 1 (1-上) ~ 9 (3-下)

第19表 生育量と糊黄化率の推移

(1993)

㎡当り 籾数(粒)	出穂後積算気温(°C)										
	714	741	777	801	823	854	888	924	958	996	1030
30,000	53.4	56.5	67.7	80.2	81.9	81.8	86.9	93.8	96.1	96.3	97.4
40,000	56.1	51.2	61.2	70.0	75.9	77.6	90.1	92.3	96.5	96.2	98.5

2) 材料及び方法

- (1) 試験場所及び土壌条件 熊本県農業研究センター 農産園芸研究所、沖積土壌客土精密水田
- (2) 供試品種 ユメヒカリ (1991、1992、1993)
つぶより (1993)
- (3) 試験区の構成 刈取り時期：出穂後30日から成熟期後約1週間まで2日毎に刈取り
- (4) 調査方法 各時期に穂数平均株5株を刈取り、1株中から長稈3穂を抜き取り調査した。
- (5) 耕種概要 播種期：5月20日～5月22日 移植期：6月22日～6月24日 栽植様式：22.2株/m²
1株3本手植 施肥量 (kg/a) : N1.0 P₂O₅0.8 K₂O1.3

3) 結果及び考察

1991年は登熟期の台風の影響により、登熟阻害が著しく、各刈取り時期とも乳白様玄米がかなり発生したためデータを除外した。

1992年は出穂後多照条件、1993年はやや低温、寡照条件で経過したため、登熟速度は異なるが良質粒割合、精玄米重量比率、検査等級等からみてユメヒカリの適期刈取り幅は出穂後積算気温で800～900℃と判断され、大友¹³⁾らの報告とほぼ一致した。つぶよりは低温、寡照年次の検討のため概して品質は劣る傾向にあったが、適期刈取り幅は900～960℃と考えられた。両品種とも早刈では、未熟粒により精玄重量比率が低下し、遅刈ではうす茶粒の発生により品質が劣る傾向がみられたが、ユメヒカリはつぶよりに比べて遅刈によるうす茶粒の発生程度が多い傾向にあった。(第18表)

船場ら¹⁴⁾は、最長稈穂の稔実黄化糊割合を収穫適期判定に用いることができると判定し、この方法により調査した結果、適期刈取り期における一穂内の糊黄化率はユメヒカリで80～90%、一穂着粒数の多いつぶよりでは75～85%であった。また、ユメヒカリで糊数の違いと黄化率との関係を調査した結果、m²当り40,000粒程度の過剰糊数が確保された場合、適期刈取り幅の中心時期の糊黄化率は、m²当り30,000粒程度の標準的糊数よりも4%程度少なかった。(第19表)

以上のようにユメヒカリの適期刈取り幅は出穂後積算気温で800～900℃であるが、これはm²当り28,000～30,000程度の糊数で適用する。つぶよりは糊数が確保されやすい品種であり、過剰な糊数確保は品質低下を助長するため適正生育量の確保に努める必要がある。

摘 要

- 1 水稻に関しては、大豆2年1作型体系が生育量が多

く、収量が高まった。

- 2 大豆に関しては、大豆3年1作型体系の収量が最も高かったが、他の体系の減収程度は小さかった。
- 3 小麦に関しては、年次、体系に係わらず大豆跡作で過繁茂・倒伏により収量・品質が低下したが施肥法の改善で解決した。
- 4 大豆跡作小麦の収量・品質向上には、堆肥は施用せず基肥を減じ追肥を分施することが有効であった。
- 5 大豆跡作小麦に堆肥を施用する場合、基肥を施用せず、追肥を分施することが有効であった。
- 6 水稻跡作小麦の収量・品質向上には地下水位を低位に保つことが有効であった。
- 7 水稻跡作小麦における深耕は、地下水位が低位の場合には有効だが、排水条件不良の場合は逆効果であった。
- 8 大豆晩播栽培(7月20日中心播種)では、開花期の全重と収穫期収量の間には正の相関($r=0.803$)がみられ、収量と開花期全重の関係は $Y=4.38+2.35 \times$ で示された。
- 9 大豆晩播栽培(7月20日中心播種)と大豆標準栽培(7月5日中心播種)を併せた7月播では、開花期全重と収量の間には相関係数は $r=0.69$ であった。
- 10 大豆の基肥による施肥効果は、播種期が遅いほど大きく、晩播栽培では、全重は開花期2週以降基肥施肥量が多くなるに従い増加し、無肥に比べ標肥10%、多肥17%の増収効果であった。
- 11 大豆晩播栽培における追肥の施用では、最終培土期の追肥施用では硫酸またはLP40日タイプ、LP70日タイプ施用で約5%の増収効果がみられたが、開花期の追肥施用ではLP70日タイプでは効果がみられなかった。
- 12 ユメヒカリとつぶよりについて、深耕することにより充実の良い穂数が確保され、糊数増による収量性がやや向上した。また、ユメヒカリの特徴である生育中期からの下葉枯れの軽減効果も認められた。
- 13 落水期を延長することで、下葉枯れの発生や刈取り適期以降のうす茶粒の増加が、やや軽減された。落水時期は機械収穫を考慮して、圃場条件にもよるが収穫予想日の7～10日前程度が望ましいと考えられる。
- 14 ユメヒカリの刈取り適期は出穂後積算気温で800～900℃であるが、これはm²当たり糊数28,000～30,000粒程度の生育量で適用する。つぶよりは糊数が確保されやすい品種であり、刈取り適期は900～960℃と考えられる。

引用文献

- 1) 鈴木達彦：畑地における堆肥の効果の解析 農業技術19 12-17 1968
- 2) 上沢正志：化学肥料・有機物の連用が土壌・作物収量に与える影響の全国的解析 農業技術46(9) 393-397 1991
- 3) 松村修ら：転換畑ダイズ-小麦体系における連作年数・栽培条件と作物収量の推移 九州農業研究48 59 1986
- 4) 松村修：水田作付体系における地力維持対策 農業技術47(11) 488-492 1992
- 5) 大賀ら：田畑輪換による作物生産力の推移-第2報-大豆後作小麦の施肥法 九州農業研究49 52 1987
- 6) 藤井弘志ら：大豆の生育診断法 山形農試研報第19号 83-91 1985
- 7) 酒井孝雄：大豆に対する緩効性窒素肥料の追肥技術 福島農試研報第26号 33-41 1987
- 8) 荒垣憲一・藤井弘志：コーティング肥料を利用したダイズの培土期追肥 農業及び園芸 61(1) 43-47 1986
- 9) 石井和夫：東北地域における大豆に対する肥培管理 農業及び園芸 59(1) 51-56 1984
- 10) 下坪訓次：新品種特性情報(ユメヒカリ) 農業技術体系作物編第2巻追録第13号 1991
- 11) 中司啓二・石井和夫：耕盤の形成と根の分布 農業技術44(9) 392-396 1989
- 12) 河内笙一之：登熟期と落水期 農業技術体系作物編第2巻追録第4号 1982
- 13) 大友孝憲ら：水稻良食味品種の収穫適期について九州農業研究第55号 7 1993
- 14) 船場貢ら：水稻良食味品種の収穫適期と判定法 日本作物学会九州支部会報第60号 23 1994