

水田におけるハトムギの栽培法

安原 宏 宣*, 常松 定 信**

Cultivation Method of Job's Tears in Paddy Field

Hironobu YASUHARA and Sadanobu TSUNEMATSU

I 緒 言

ハトムギは熱帯アジア原産のイネ科ジュズダマ属の1年生草本である。東南アジアでは古くから栽培され子実を食糧として利用してきた。日本へは18世紀前半に中国から薬用植物として導入され、以後東北地方以南の各地でわずかではあるが栽培されてきた(1,17,19)。

ところが近年の健康食品嗜好の高まりにつれて製茶用の需要が増加し、また焼酎や化粧品などの新しい用途も開けてきた。一方、主食である米は生産過剰調であり、作付を減らすための代替作物が求められている。その中でハトムギは耐湿性が強く、排水不良の湿田でも栽培が可能であることから、有力な転作物の一つと考えられた(11,13,27,28)。

しかしハトムギの作物としての改良はあまり進んでいなく、また栽培法、特に水田における栽培の研究はほとんどなされていなかった。そこで筆者らは水田でのハトムギの安定多収栽培法を確立するため、1979年から1985年までの7か年にわたり、島根県農業試験場の水田において、耕種要因別に体系的な試験を実施し、ハトムギの生育収量への影響を調べた。その結果多くの知見が得られ、a 当り穀実重50kg以上の収量を期待できる比較的容易な栽培法を組み立てることができた。ハトムギの作物としての定着に多少なりとも役立つことを願い、ここにその概要を報告する。

この研究の一部は農業生産工学研究会から委託を受け、一部は農林水産省総合助成試験事業の助成を受けて行った。また研究の遂行と報告の作成に際して次長山根国男氏、元水田作科長高海幸夫氏、前水田作科長新田英雄氏、水田作科長神田正治氏、農業機械科長服部昭三氏、病虫科長多久田達雄氏をはじめとする多く

*水田作科 **開発技術科

の方に指導と助言をいただいた。厚く御礼を申し上げます。

II 品種の比較

1. 品 種

1) 材料および方法

1982年と83年に中里在来、宮城在来、尾花沢在来、秋田1号、リオグランデ、マトグロン、ブラジル3号、岡山在来の8品種について、移植栽培を行い、生育収量を比較した。ただし1982年には作期として標準植の他に晩植を設け、4品種を標準植で、中里在来とブラジル3号の2品種を晩植で、岡山在来とリオグランデの2品種は両作期で栽培した。1区17.6m²の2区制とした。

両年とも播種は4月19日(晩植のみ5月20日)で、ペーパーポットにポット当り1粒を播き、ビニールハウス内で出芽させ育苗した。移植は5月12~13日(晩植のみ6月4日)で、条間50cm、株間20cm、1株2本植とした。本田施肥は磷加安系高度化成(14-17-13)a 当り窒素成分1.5kgを基肥、伸長期(移植30日後)、出穂始期の3回に等量分施した。水管理は移植後30日間を浅水湛水とし、以後間断灌水を行った。雑草と病害虫は適宜防除した。

調査方法は“はとむぎ調査基準”²⁰⁾に準拠したが、a 当り全重のみは生体重で測定した(以下の試験についても同様である)。また穀実品質については、着色、光沢、粒大、整粒などの形質から観察により、1(上)から5(下)までの5段階で評価した。

2) 結 果

1982年の2作期で栽培した2品種の各調査項目について1・1式の母数模型を当てはめ、作期の効果を推定した(第1・1表)。

$$(1.1) y = m + v + s + e$$

第1・1表 品種比較における作期の効果(1982)

母 数	出穂期 (月・日)	草 丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a 当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)	穀 実 品 質
m(平均)	7・29	168	73.8	57.6	10.8	1.5
s ₁ (普通植の効果)	— 8	1	3.3	1.4	— 0.2	0
s ₂ (遅植の効果)	8	— 1	— 3.3	— 1.4	0.2	0
v(品種)の有意性 ^{注)}	NS	NS	NS	*	NS	**
s(作期)の有意性	*	NS	NS	*	NS	NS

注) 有意性は帰無仮説下での要因と残差の分散比についての検定で、**は1%水準での、*は5%水準での有意差があったことを表わし、NSは5%水準で有意差が認められなかったことを表わす(以下の表についても同様である)。

第1・2表 品種別の平均と年次の効果(1982, 83)

母 数	出穂期 (月・日)	草 丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a 当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)	穀 実 品 質
m' + v' ₁ (中里在来の平均)	7・7	126	59.3	46.0	11.2	4.0
m' + v' ₂ (宮城在来の平均)	7・17	161	79.5	57.0	11.0	3.0
m' + v' ₃ (尾花沢在来の平均)	7・18	177	65.5	61.2	10.8	2.0
m' + v' ₄ (秋田1号の平均)	7・19	171	72.5	58.6	10.4	2.0
m' + v' ₅ (リオグランデの平均)	7・19	170	70.5	64.3	10.4	1.5
m' + v' ₆ (マトグロンの平均)	7・19	166	72.0	62.9	10.4	2.0
m' + v' ₇ (ブラジル3号の平均)	7・20	170	70.3	58.3	10.1	1.5
m' + v' ₈ (岡山在来の平均)	7・23	172	82.0	57.7	10.5	1.5
t ₁ (1982年の効果)	0	— 1	3.2	— 2.8	0.0	0.1
t ₂ (1983年の効果)	0	1	— 3.2	2.8	0.0	— 0.1
v'(品種)の有意性	**	**	*	**	NS	**
t(年次)の有意性	NS	NS	*	**	NS	NS

ここでyは測定値、mは平均、vは品種の効果、sは作期の効果、eは誤差である。作期の効果について、遅植では出穂が遅れ、穀実重がやや減少した。

1982年の遅植のみで栽培した2品種について、第1・1表の推定値を用い、標準植での期待値を求めた。これらを含めた2か年の8品種の標準植の各調査項目について1・2式から品種別の平均と年次の効果を推定した(第1・2表)。

$$(1.2) y' = m' + v' + t + e'$$

ここでy'は測定値、m'は平均、v'は品種の効果、tは年次の効果、e'は誤差である。年次の効果について、1982年に比べ1983年はやや多収であった。

品種別の平均について、中里在来は出穂が早く、短稈で茎数、穀実重とも少なく、穀実100粒重が重く、品質が劣った。宮城在来はやや短稈で穀実100粒重が

重く、品質がやや劣った。尾花沢在来は草丈が高く、穀実100粒重がやや重く、やや多収であった。秋田1号は各形質とも平均的であった。リオグランデは穀実重が最も重く、良質であった。マトグロンはやや短稈、やや多収であった。ブラジル3号は穀実100粒重が軽く、良質であった。岡山在来は出穂が遅く、茎数が多く、品質が良好であった。

以上の結果から、収量および品質の点で好ましい品種はリオグランデ、次いでマトグロンと考えられた。

2. 品種と作期、栽植密度および施肥

1) 材料および方法

1983年に中里在来と岡山在来の2品種について、作期、栽植密度および施肥の3要因を個別に組合せた3種の試験を直播栽培で実施し、生育収量を比較した。作期としては4月6日から約10日間隔で5月26日ま

で6水準の播種期を選び、1区20m²で2区制とした。栽植密度としては条間で25, 50, 75cmの3水準を選び、株間20cm, 1株2本仕立て, 1区20m²で2区制とした。施肥としてはa当り窒素成分量で0kgから0.5kg間隔で2.5kgまでの6水準を選び、施肥配分を伸長期(播種40日後), 出穂始期, 開花期の3回に等量分施, 1区15m²とした。

試験要因以外の栽培要因については播種期を4月25日, 栽植密度を条間50cm, 株間20cm, 1株2本仕立て, 肥料は磷加安系高度化成(14-17-13)を使用し, 施肥量をa当り窒素成分1.5kg, 施肥配分を伸長期, 出穂始期, 開花期の3回に等量分施として条件を同一にした。雑草と病害虫は適宜防除した。

2) 結果

第2.1表 品種別の作期, 栽植密度および施肥の効果(1983)

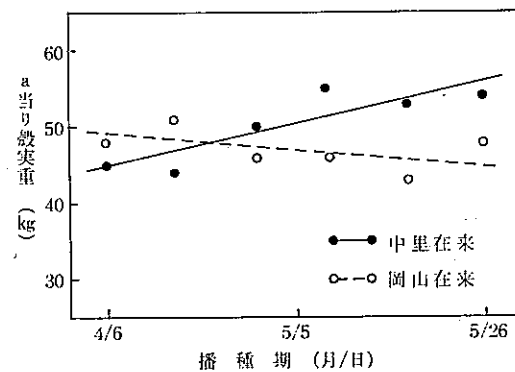
品種	母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全 重(kg)	a当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
中里在来	a(定数)	7・12	167	72.2	362	49.2	11.6
	c(作期の係数)	0.502	-0.129	-0.068	0.257	0.218	0.002
	回帰の有意性	**	NS	NS	NS	*	NS
岡山在来	a(定数)	7・30	198	94.7	470	47.5	10.6
	c(作期の係数)	0.319	-0.453	-0.125	-0.061	-0.071	-0.004
	回帰の有意性	**	**	**	NS	NS	NS
中里在来	a(定数)	7・12	170	70.0	398	50.6	11.0
	c(栽植密度の係数)	0.10	-0.62	-1.04	-3.00	-0.138	0.016
	回帰の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	**
岡山在来	a(定数)	7・31	197	90.7	459	47.3	10.6
	c(栽植密度の係数)	0.02	-0.40	-0.84	-3.62	-0.156	0.004
	回帰の有意性	NS	**	NS	**	NS	NS
中里在来	a(定数)	7・16	148	58.8	328	49.5	11.4
	c(施肥の係数)	-1.49	21.1	8.06	75.6	5.09	-0.606
	回帰の有意性	*	**	NS	**	**	**
岡山在来	a(定数)	8・4	171	97.0	424	49.1	10.5
	c(施肥の係数)	-1.49	12.9	19.37	85.4	11.07	-0.246
	回帰の有意性	*	*	**	**	**	*

作期の試験の2品種の各調査項目に2・1式の回帰モデルを当てはめ, 母数を推定した(第2・1表上段)。

(2・1) $y = a + cq + e$

ここでyは測定値, aは定数, qは作期の変量で, 4月25日から播種期までの日数(日), cは係数, eは誤差である。両品種とも播種の遅いほど出穂期が遅れた。岡山在来は播種の遅いほど草丈が短縮し, 茎数が減ったが, 中里在来ではその傾向は小さかった。穀実重について, 中里在来は播種の遅いほど増収したが, 岡山在来ではその傾向は認められなかった(第2・1図)。

栽植密度の試験も, 2・1式と同様の回帰モデルを当てはめて母数の推定を行った(第2・1表中段)。ただ



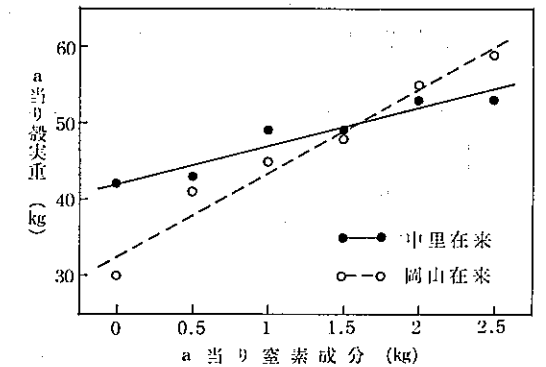
第2.1図 品種別の作期が収量に及ぼす効果(1983)

しqは栽植密度の変量で50cmを原点とした条間(cm)とした。岡山在来は条間の広いほど草丈が短縮し, 全重が減ったが, 中里在来ではその傾向は明らかでなかった。中里在来は条間の広いほど穀実100粒重が増加したが, 岡山在来ではその傾向は小さかった。穀実重については両品種とも条間の広いほど減少する傾向があった。

施肥の試験にも2・1式と同様の回帰モデルを当てはめて母数の推定を行った(第2・1表下段)。ただしqは施肥の変量で1.5kgを原点としたa当り窒素成分(kg)とした。両品種とも施肥量の多いほど出穂が早まり, 草丈が伸長し, 茎数, 全重および穀実重が増加し, 100粒重が減少した。ただし, 穀実重の増加程度は中里在来より岡山在来が大きかった(第2・2図)。標準条件(4月25日播, 条間50cm, a当り窒素成分1.5kg)での期待値を第2・1表の定数の平均から求めた(第2・2表上段)。また多収条件(中里在来は5月26日播, 岡山在来は4月6日播, 両品種とも条間25cm, a当り窒素成分2.5kg)での期待値を, 標準条件での期待値に前記の推定による作期, 栽植密度および

施肥の効果を各々独立に加えて推定した(第2・2表下段)。多収条件では両品種の出穂期, 穀実重, 穀実100粒重がほぼ同じになるが, 草丈, 茎数, 全重の値は中里在来が小さいと考えられた。

以上の結果から品種を比較する上では作期および施肥との関連を明らかにしておく必要があると考えられた。供試した2品種について, 多収条件での収量はほ



第2.2図 品種別の施肥量が収量に及ぼす効果(1983)

第2.2表 標準条件と多収条件での品種間差

栽培条件	品種	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全 重(kg)	a当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
標準条件	中里在来	7・13	162	63.7	363	49.8	11.3
	岡山在来	8・1	189	94.1	451	48.0	10.6
多収条件	中里在来	7・24	195	95.7	521	64.9	10.4
	岡山在来	7・24	221	137.0	628	64.4	10.3

ぼ同等と推定された。

III 直播栽培法

1. 作期

1) 材料および方法

1981年から3年にわたり直播栽培において播種期を要因とした生育収量の比較を行った。

1981年は播種期として4月3日から6月10日まで約10日間隔で8水準を選び, 1区21.2m², 2反復とした。品種は岡山在来を用い, 条間50cm, 株間20cmに播種し, 1株2本に仕立てた。施肥は磷加安系高度化成(14-17-13)を使用し, a当り窒素成分1.5kgを伸長期(5月下旬~6月上旬), 出穂始期, 開花期の3回に等量分施した。雑草と病害虫は適宜防除した。

1982年は播種期として前年10月22日から5月20日まで約1か月間隔で10水準を選んだが, 試験途中5月上旬から前年落粒種子が一斉に出芽し, 播種したものと区別できなくなったため, 結果の検討をとりやめた。

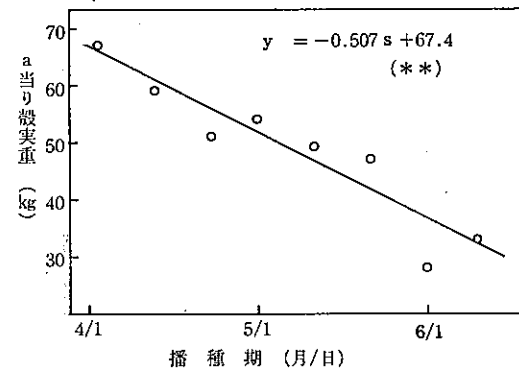
1983年は播種期として前年10月27日から5月20日まで約1か月間隔で10水準を選び, 1区10m²で2反復とした。品種, 播種密度および施肥は1981年と同様とした。雑草と病害虫は適宜防除した。なお, この年は前作ナタネの立毛間に播種し, ナタネの収穫は5月下旬に行った。

2) 結果

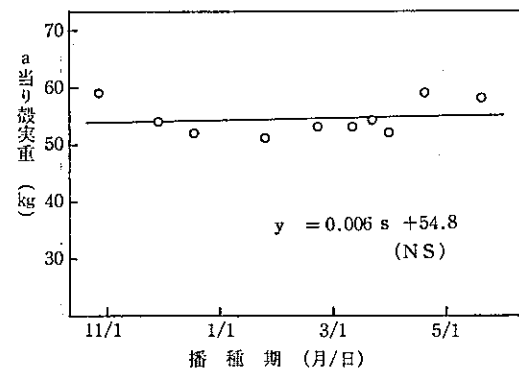
1981年と83年調査の各項目に3・1式の回帰モデルを当てはめ, 作期の効果を推定した(第3・1表, 第3・1図, 第3・2図)。

第3.1表 直播栽培における作期の効果(1981, 83)

母数	出芽期 (月・日)	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a 当り全穀実100 重(kg)	穀実100 粒重(g)
1981年 a(定数)	4・25	7・17	188	72.8	612	10.0
c(播種期の係数)	0.735	0.368	0.062	0.152	- 2.88	0.022
回帰の有意性	**	**	NS	NS	**	*
1983年 a(定数)	5・5	8・6	193	90.7	514	10.6
c(播種期の係数)	0.173	0.023	0.009	0.074	0.188	0.001
回帰の有意性	**	**	NS	**	*	NS



第3.1図 播種期の収量に及ぼす効果 (1981)



第3.2図 播種期の収量に及ぼす効果 (1983)

(3.1) $y = a + cs + e$

ここでyは測定値, aは定数, sは作期の変数で3月31日から播種期までの日数(日), cは定数, eは誤差である。

1981年は4月3日から6月10日までで播種の遅いほど出芽, 出穂が遅れ, 全重, 穀実重は減少した。草丈と茎数に一定の変化傾向は認められなかったが, 穀実

100粒重はやや増加した。

1983年は前年10月27日から5月20日までで播種の遅いほど出芽, 出穂が遅れたが, 茎数および全重はやや増加した。ただし草丈, 穀実100粒重および穀実重に一定の変化傾向は認められなかった。

以上の結果から, 3月末までの早播には収量増加の効果はなく, 4月以後では年次間差はあるが, 収量性の点で早播ほど有利と考えられた。

2. 栽植密度

1) 材料および方法

1981年から3か年にわたり, 栽植密度として条間(cm) 50, 75, 100の3水準, 株間(cm) 10, 15, 20の3水準を組合せた9処理について, 各々1株2本立として, 直播栽培での生育収量の比較を行った。

品種は岡山在来を用いた。播種期は1981年が4月2日, 82年が3月4日, 83年が3月25日であった。処理区は1区10m²以上で2区制とした。施肥は磷加安系高化成(14-17-13)を用い, a当り窒素成分1.5kgを伸長期(5月下旬~6月上旬), 出穂始期, 開花期の3回に等量分施した。雑草と病害虫は適宜防除した。なお1982年および83年は前作ナタネの立毛間に播種し, ナタネの収穫を5月下旬~6月上旬に行った。

2) 結果

各調査項目について4・1式から年次の効果を推定した(第4・1表上段)。

(4.1) $y = m + t + d + e$

ここでyは測定値, mは平均, tは年次の効果, dは栽植密度の効果, eは誤差である。年次効果について, 1981年は出穂が早く, 草丈が低く, 茎数が少なく, 穀実100粒重は軽かったが, 全重, 穀実重は平均的であった。1982年は草丈が高く, 茎数が多く, 粒重が重かったにもかかわらず全重, 穀実重は少なかった。1983年は出穂が遅く, 茎数が多く, 全重, 穀実重は重かった。

第4.1表 年次の効果と直播栽培における栽植密度の効果(1981~83)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a 当り全 重(kg)	a 当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
m(平均)	7・31	183	77.5	405	46.0	11.0
t ₁ (1981年の効果)	- 7	- 12	- 13.4	- 9	0.7	- 0.4
t ₂ (1982年の効果)	3	17	7.4	- 53	- 10.0	0.3
t ₃ (1983年の効果)	4	- 5	6.0	62	9.3	0.1
t(年次)の有意性	**	**	**	**	**	**
d(栽植密度)の有意性	NS	**	**	**	NS	NS
a(定数)	8・2	204	154.5	616	53.0	10.4
c ₁ (条間の係数)	- 0.047	- 0.289	- 0.594	- 2.48	- 0.056	0.005
c ₂ (株間の係数)	0.100	0.020	- 2.167	- 1.72	- 0.182	0.016
回帰の有意性	**	**	**	**	NS	*

さらに栽植密度についての平均を用い, 4・2式の回帰模型から母数の推定を行った(第4・1表下段)。

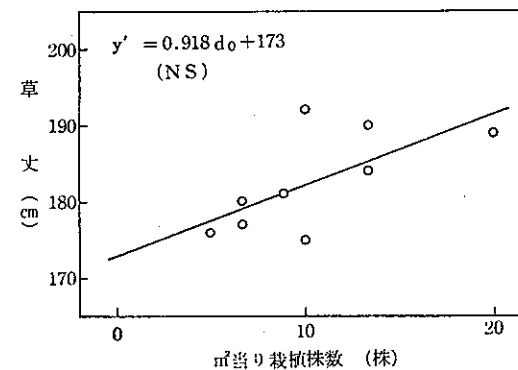
(4.2) $m + d = a + c_1 d_1 + c_2 d_2 + e'$

ここでaは定数, d₁, d₂は栽植密度に関する変数で各々条間(cm), 株間(cm), c₁, c₂は各々の係数, e'は誤差である。栽植密度について, 条間が広いほど草丈が短縮した。株間が広いほど出穂が遅れた。条間, 株間とも広いほど茎数, 全重が減少した。穀実重も同様の傾向があったが減少程度は小さかった。また条間, 株間とも広いほど穀実100粒重が増加した。

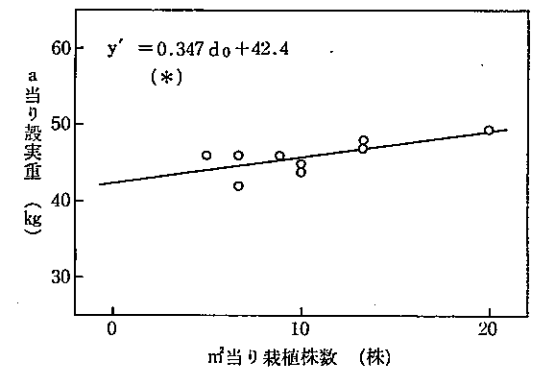
これとは別に栽植密度についての平均を用い, 4・3式の回帰模型から母数を推定した(第4・1図, 第4・2図)。

(4.3) $m + d = a' + cd_0 + e''$

ここでa'は定数, d₀はm当り栽植株数, cは定数, e''は誤差である。密植ほど草丈が伸長し, 穀実重が増



第4.1図 栽植密度の草丈に及ぼす効果(1981~83)



第4.2図 栽植密度の収量に及ぼす効果(1981~83)

加する傾向にあった。穀実重の増加はa当り100株(m²当り1株)の株数増加に対して約0.3kgと推定された。

以上の結果から密植ほど増収する傾向はあるが, その程度はあまり大きくないと考えられた。また密植, 特に条間が狭いと草丈が伸長した。

3. 施肥

1) 材料および方法

1981年から3か年にわたり, 直播栽培において, 施肥として伸長期(5月下旬~6月中旬), 出穂始期および開花期のa当り窒素成分(kg)の組合せで, 0-0-0, 0-0.5-0, 0-0.5-0.5, 0.2-0.4-0.4, 0.5-0.5-0, 0-1-0.5, 0.5-0.5-0.5, 1-0.5-0, 0-1-1, 1-1-0の10処理を設け, 生育収量の比較を行った。

品種は岡山在来を用いた。播種期は1981年が4月22日, 82年が3月4日, 83年が3月25日であった。栽植

密度は条間50cm, 株間20cm, 1株2本立とし, 処理区は1区10m²以上で2区制とした。肥料は磷加安系高度化成(14-17-13)を使用した。雑草と病害虫は適宜防除した。なお1982年は前作ナタネの立毛間に播種し, ナタネの収穫を6月上旬に行った。

2) 結果

各調査項目について5・1式から年次の効果を推定した(第5・1表上段)。

$$(5.1) y = m + t + f + e$$

ここでyは測定値, mは平均, tは年次の効果, fは施肥の効果, eは誤差である。年次の効果について, 1981年は出穂が早まり, 草丈が低く, 茎数が少なく, 穀実100粒重も軽かったにもかかわらず全重と穀実重は重かった。1982年は逆に穂が遅れ, 草丈が高く, 茎数が多く, 粒重も重かったにもかかわらず全重と穀

実重は軽かった。1983年は各形質とも平均的であった。

さらに施肥についての平均を用いて, 5・2式から時期別の施肥量の効果を推定した(第5・1表下段)。

$$(5.2) m + f = a + c_1f_1 + c_2f_2 + c_3f_3 + e'$$

ここでaは定数, f₁, f₂, f₃は施肥に関する変数で各々伸長期, 出穂始期, 開花期のa当り窒素成分(kg), c₁, c₂, c₃は各々の係数, e'は誤差である。ただし出穂期に対してはc₂=c₃=0, 有効茎数に対してはc₃=0と定めた。施肥の効果について, 伸長期施肥量の多いほど出穂が遅れ, 草丈が伸長し, 茎数, 全重がやや増加し, 穀実100粒重, 穀実重とも増加した。出穂始期施肥量の多いほど草丈が伸長し, 茎数, 全重が増加し, 100粒重は軽減したが, 穀実重はやや増加した。また開花期施肥量の多いほど草丈が伸長し, 全重, 穀実重が増加した。

第5・1表 年次の効果と直播栽培における施肥の効果(1981~83)

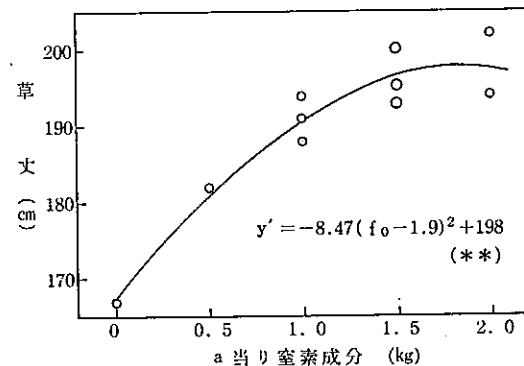
母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全 重(kg)	a当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
m(平均)	7・30	191	84.6	476	45.8	10.7
t ₁ (1981年の効果)	- 6	- 16	- 14.7	33	4.7	- 0.5
t ₂ (1982年の効果)	4	13	9.7	- 47	- 8.4	0.4
t ₃ (1983年の効果)	2	3	5.0	14	3.7	0.1
t(年次)の有意性	**	**	**	**	**	**
f(施肥)の有意性	**	**	NS	**	**	NS
a(定数)	7・31	174	70.8	342	35.9	11.4
c ₁ (伸長期施肥量の係数)	- 4.25	10.8	6.6	71	10.4	0.11
c ₂ (出穂始期施肥量の係数)	-	16.2	19.8	128	5.4	- 0.20
c ₃ (開花期施肥量の係数)	-	14.3	-	121	11.7	0.04
回帰の有意性	**	*	**	**	*	*

これとは別に施肥についての平均を用い, 5・3式の回帰模型から母数の推定を行った(第5・1図, 第5・2図)。

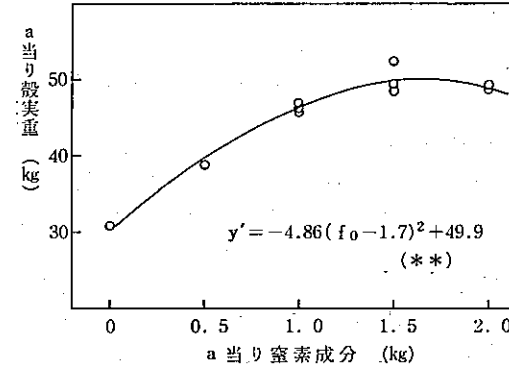
$$(5.3) m + f = a' + c(f_0 - x)^2 + e''$$

ここでa'は定数, f₀は施肥に関する変数でa当り窒素成分総量(kg), cは係数, xは極値点の変位を示す定数, e''は誤差である。施肥総量の増すほど草丈が伸び, 穀実重が増加した。しかし, 草丈についてはa当り窒素成分1.9kg, 穀実重については1.7kgで極大となり, それ以上の施肥量では伸長または増加が認められなかった。

以上の結果から, 施肥総量は少なくともa当り窒素



第5.1図 施肥量の草丈に及ぼす効果(1981~83)



第5.2図 施肥量の収量に及ぼす効果(1981~83)

成分で1.7kgは必要であり, 配分としては出穂始期より伸長期または開花期の施肥量を増やすことが増収に有効であると考えられた。

4. 水管理

1) 材料および方法

1981年から3か年にわたり, 水管理として時期別に5月15日~6月14日, 6月15日~7月14日, 7月15日~8月14日, 8月15日~9月14日の湛水(1)または落水(0)処理の組合せで, 0000, 1000, 0100, 0010, 0001, 1111, 0111, 1011, 1101, 1110の10処理を供試した。1983年は他に0011, 1100, の2処理を設けた。また1982年は別に入水時期として5月11日から約10日間隔で6月21日まで5処理(以後は9月14日まで常時湛水)を, 1983年は間断湛水として5日毎, 10日毎, 20

日毎, 常時湛水の4処理と, 地下水位(cm)として-2, 7, 17, 23, 50(畑状態), の5処理(いずれも処理期間は5月15日~9月14日)を加え, 生育収量の比較を行った。なお湛水処理は水深3~5cm, 落水処理はポット底からの吸水で地下水位25cm程度とした。

品種は岡山在来を用い, 4月20日に1/2000 aワグネルポットに直播した。ポット当り1株1本立とし, 1区1ポットで3区制とした。肥料は磷加安系高度化成(14-17-13)を用い, ポット当り窒素成分で伸長期(播種28日後)に2g, 出穂始期に1g(1981年のみ0.6g), 開花期に0.6gを施した。雑草と病害虫は適宜防除した。

2) 結果

3か年に共通する10処理の各調査項目について, 6・1式から年次の効果を推定した(第6・1表上段)。

$$(6.1) y = m + t + w + e$$

ここでyは測定値, mは平均, tは年次の効果, wは水管理の効果, eは誤差である。年次効果について, 1981年は茎数, 着粒数, 穀実重とも少なかった。1982年は茎数が多かったが穀実重は少なかった。1983年は着粒数が多く穀実重も増加した。

さらに時期別水管理の全処理について, 年次効果を除いた値を用い, 6・2式の回帰模型から時期別湛水処理の効果を推定した(第6・1表下段)。

$$(6.2) z = a + c_1w_1 + c_2w_2 + c_3w_3 + c_4w_4 + e'$$

ここでzは年次効果を差し引いた測定値, aは定数, w₁, w₂, w₃, w₄は時期別水管理の変数で1(湛水)

第6・1表 年次の効果と時期別水管理の効果(1981~83)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/ポット)	茎葉重 (g/ポット)	穀実重 (g/ポット)	着粒数 (粒/ポット)
m(平均)	7・26	171	11.6	129	82.5	958
t ₁ (1981年の効果)	0	0	- 3.4	- 4.4	- 3.8	- 181
t ₂ (1982年の効果)	1	2	3.0	- 4.1	- 6.4	- 11
t ₃ (1983年の効果)	- 1	- 2	0.4	8.5	10.2	192
t(年次)の有意性	NS	NS	**	NS	**	**
w(水管理)の有意性	*	**	*	NS	NS	NS
a(定数)	7・23	171	11.0	125	83.7	952
c ₁ (5/15~6/14湛水の係数)	1.27	- 1.47	2.91	11.5	4.00	44.0
c ₂ (6/15~7/14湛水の係数)	5.43	10.86	- 2.26	13.2	8.19	47.5
c ₃ (7/15~8/14湛水の係数)	-	- 9.41	0.40	- 20.1	- 14.13	- 119.1
c ₄ (8/15~9/14湛水の係数)	-	- 1.57	-	2.3	- 1.71	18.1
回帰の有意性	**	**	**	**	**	NS

または0 (落水), c_1, c_2, c_3, c_4 は各々の係数, e' は誤差である。ただし出穂期に対しては $c_3=c_4=0$, 有効茎数に対しては $c_4=0$ と定めた。時期別水管理について5月15日~6月14日の湛水により茎数, 茎葉重が増加し, 穀実重がやや増加した。6月15日~7月14日の湛水により出穂が遅れ, 草丈が伸長し, 茎数は減少したが, 茎葉重, 穀実重は増加した。7月15日~8月14日の湛水により草丈が短縮し, 茎葉重, 穀実重とも減少した。8月15日~9月14日の湛水処理の効果は各形質とも小さかった。

また1982年の入水期の5処理について, 6・3式から入水期の効果を推定した(第6・2表上段)。

$$(6\cdot3) y' = a' + c w_0 + e'$$

ここで y' は測定値, a' は定数, w_0 は入水期の変量

第6・2表 入水期の効果(1982)と地下水位の効果(1983)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/ポット)	茎葉重 (g/ポット)	穀実重 (g/ポット)	着粒数 (粒/ポット)
a' (定数)	8・7	178	17.1	163	91.4	1063
c (入水期の係数)	-0.23	-0.15	-0.028	-0.66	-0.44	-2.
帰帰の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	1
a' (定数)	7・30	161	17.0	200	138.3	1561
c (地下水位の係数)	-0.13	-0.45	-0.031	-1.22	-0.98	-4.
帰帰の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	1

5. 除草剤

1) 材料および方法

1981年に除草剤の適応性の検討を, 1982年には主として除草剤の施用方法の検討を行った。

1981年は施用薬剤として27薬剤を選び, 各々標準施用量とその3倍量の2処理を設け, ハトムギに対する薬害の発生程度を調べた。1/5000aワグネルポットにポット当たり8粒を播種し, 1区とした。品種は岡山在来を用い6月10日に播種した。6月30日, ハトムギの草丈25cm, 葉令2.5の時に薬剤施用を行った。水和剤および乳剤は畑状態で茎葉処理とした。粒剤は入水後茎葉処理を行い, 以後湛水状態とした。処理13日後に薬害程度を0(無)から5(甚)の6段階で判定した。

1982年はアトラジン水和剤(成分量47.5%)について, 施用時期で播種直後, 出芽期, 1, 2, 3葉期の5水準, 施用量でa当り製品量(g)10, 15, 20の3水準の組合せのうち11処理を設けた。またアトラジン

で播種後の日数(日), c は係数, e'' は誤差である。

水が遅れると穀実重などがやや減少する傾向があった。1983年の間断湛水の4処理については, どの調査質にも差異が認められなかった(成績略)。

また地下水位の5処理について, 6・3式と同様回帰モデルから母数を推定した(第6・2表下段)。ただし w_0 を地下水位(cm)とした。地下水位が下がる穀実重などがやや減少する傾向があった。

以上の結果から, 穀実重を増加させる水管理としては, 播種20日以後早期に入水すること, 出穂期までは湛水すること, 出穂期前後30日間は落水管理とすること, 全期間を通じて地下水位をあまり下げないことが望ましいと考えられた。

水和剤播種直後施用との体系施用剤としてクロメトシニル(7%),ピフェノックス(7%),ピラゾレート(10%)の3粒剤を選び, これらの施用量でa当り品量(g)300, 600の2水準を組合せた6処理を供した。品種, 処理区, 処理方法は前年と同様とした。4月20日に播種した。体系施用剤は3葉期に入水後葉処理を行った。5月21日にハトムギの薬害程度と草量を調査した。雑草量は0(無)から5(極多)6段階で判定した。

2) 結果

1981年の調査について, 標準施用量での薬害発生度別に除草剤を分類した(第7・1表)。ハトムギにして薬害の認められなかったものは, アトラジンホ剤はか9薬剤であった。

1982年調査のアトラジン水和剤の施用時期および用量について, 薬害発生程度には施用時期間で差がく, 施用量a当り20gで1(微),他は0(無)であった。雑草量には施用量間で差が認められず, 出芽期

第7・1表 薬害発生程度による除草剤の分類(1981)

薬害程度	水和剤および乳剤	粒剤
0	アトラジン, CAT, ベンタゾン トレファノサイド	クロメトキシニル, CNP, ピラゾレート ピフェノックス, CNP・ダイムロン クロメトキシニル・ダイムロン
1	オキサジアゾン オキサジアゾン・ブタクロール	モリネート・シメトリン・MCPB, ベンタゾン・シメトリン・MCPB
2	ベンチオカーブ	ベンチオカーブ・シメトリン・フェノチオール ジメタメトリン・ピペロホス ベンチオカーブ・シメトリン・MCPB
3	DCPA, ベンチオカーブ・プロメトリン	ベンチオカーブ・シメトリン ベンチオカーブ・CNP, シメトリン・MCPB
5	MCC, DCMU, アイオキシニル	

後施用時期の遅いほど多くなった(成績略)。

また1982年の体系施用については, 薬害発生程度および雑草量に処理間差が認められず, いずれの処理も薬害はなく, 雑草量はアトラジン水和剤のみの処理に比べてやや少ない傾向があった(成績略)。

これらの結果から, 直播栽培においてはアトラジン水和剤の播種後~出芽期, a当り製品量15g, 土壌処理が適用可能と考えられた。また3葉期に入水し, クロメトキシニル, ピフェノックス, またはピラゾレート粒剤のa当り製品量300gを体系施用することによって, さらに除草効果が高まった。

IV マルチ直播栽培

1) 材料と方法

1984年に栽培様式として直播栽培でのマルチの有無で2水準, 品種として中里在来と岡山在来の2品種, 作期として播種期5月9日と25日の2水準, 施肥としてa当り窒素成分(kg)1.8と1.2の2水準を選び, 全組合せについて生育収量の比較を行った。1区18m²で2区制とした。畦間150cm, 畦高5cmに作畦し, 条間75cm, 株間15cmに播種, 1株2本に仕立てた。施肥は燐加安系高度化成(14-17-13)を用い, 基肥, 出穂始期, 開花期の3回に等量分施した。水管理は出穂期まで畑状態とし, 以後間断湛水を行った。マルチについては0.2mm厚の黒ポリフィルムを使用し, 播種前から出穂始期まで被覆した。無マルチの処理区には覆土後にアトラジン水和剤をa当り15g散布し, 除草した。病害虫は適宜防除した。

また1985年には栽培様式としてマルチの有無で2水

準, 品種として岡山在来とリオグランデの2品種, 栽培密度としてm²当り株数で6.7, 8.9, 13.3, 20(条間×株間では各75×20, 75×15, 50×15, 50×10cm)各2本仕立ての4水準を選び, 全組合せを検討した。区制, マルチの方法, 無マルチ区の除草, 肥料と施肥成分, 水管理および病害虫防除については前年と同様に行った。5月10日に播種し, 施肥量はa当り窒素成分1.8kgとした。この年は土壌環境について, 午前9時に土中3cmの地温とpH値とを測定した。また, この年に限り全重も乾物重で測定した。

2) 結果

1984年調査の各項目について8・1式の母数モデルを当てはめて母数の推定を行った(第8・1表)。

$$(8\cdot1) y = m + v + p + s + f + i_{vp} + i_{vs} + i_{vf} + i_{ps} + i_{pf} + i_{sf} + e$$

ここで y は測定値, m は平均, v, p, s, f は各々品種, 栽培様式, 作期, 施肥の効果, $i_{vp}, i_{vs}, i_{vf}, \dots$ は各々それらの交互作用効果, e は誤差である。品種について, 中里在来は出穂が早く, 短稈で茎数が少なく, 茎葉重も軽かったが, 穀実100粒重が重く, 穀実重は平均的であった。栽培様式について, マルチにより草丈が伸長し, 茎数も増加して, 茎葉重, 穀実重とも増加した。作期について, 播種が早いと出穂も早まり, 草丈が長くなった。施肥について, 多肥により茎葉重, 穀実重が増加した。交互作用について, 中里在来のマルチ栽培で特に茎数が増加した。中里在来を早播すると特に草丈が短縮した。マルチ栽培で早播すると特に穀実100粒重が増加した。

1985年調査の各項目について8・2式の母数モデルを

当てはめて母数の推定を行った(第8・2表上段)。

$$(8\cdot2) y' = m' + v' + p' + d + i_{vp} + i_{vd} + i_{pd} + e'$$

ここでy'は測定値, m'は平均, v', p', dは各々

品種, 栽培様式, 栽植密度の効果, i_{vp} , i_{vd} , i_{pd} はそれらの交互作用効果, e' は誤差である。栽培様式について, マルチにより草丈, 茎数, 全重, 穀実重および

第8・1表 品種, 栽培様式, 作期および施肥の効果(1984)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り茎 葉重(kg)	a当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
m(平均)	7・25	169	52.9	74.8	46.8	11.4
v ₁ (中里在来の効果)	-7	-5	-5.8	-25.7	-1.8	0.2
p ₁ (マルチの効果)	-1	12	5.0	4.2	4.3	0.1
s ₁ (早播の効果)	-3	6	-0.6	0.5	-0.7	-0.1
f ₁ (多肥の効果)	0	3	2.0	5.4	2.2	0
i _{v₁p₁} (中里在来とマルチの交互作用)	0	-1	3.4	1.9	0.9	0
i _{v₁s₁} (中里在来と早播の交互作用)	1	-6	-1.7	0.3	-1.0	0
i _{p₁s₁} (マルチと早播の交互作用)	0	1	0.3	2.0	1.3	0.1
v(品種)の有意性	*	*	**	**	NS	**
p(栽培様式)の有意性	NS	**	**	*	**	NS
s(作期)の有意性	*	**	NS	NS	NS	NS
f(施肥)の有意性	NS	NS	NS	**	*	NS
i _{vp} (vとpの交互作用)の有意性	NS	NS	**	NS	NS	NS
i _{vs} (vとsの交互作用)の有意性	NS	**	NS	NS	NS	NS
i _{vf} (vとfの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS
i _{ps} (pとsの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	*
i _{pf} (pとfの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS
i _{sf} (sとfの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS

第8・2表 品種, 栽培様式および栽植密度の効果(1985)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全 重(kg)	a当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
m(平均)	7・27	195	71.0	340	62.8	9.8
v' ₁ (岡山在来の効果)	0	1	-1.2	9	-0.8	0.1
p' ₁ (マルチの効果)	-1	3	3.6	20	5.1	0.1
i _{v'₁p'₁} (岡山在来とマルチの交互作用)	0	1	0.7	9	3.5	0
v'(品種)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS
p'(栽培様式)の有意性	**	*	**	**	**	*
d(栽植密度)の有意性	NS	*	**	**	NS	*
i _{v'p'} (v'とp'の交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	**	NS
i _{v'd} (v'とdの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	*
i _{p'd} (p'とdの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS
a(定数)	-	186	44.1	274	58.9	9.4
c(栽植密度の係数)	-	0.702	2.03	5.42	0.320	0.030
帰帰の有意性	-	NS	NS	NS	NS	**

び穀実100粒重のいずれもが増加した。交互作用について, 岡山在来のマルチ栽培で特に穀実重が増加した。

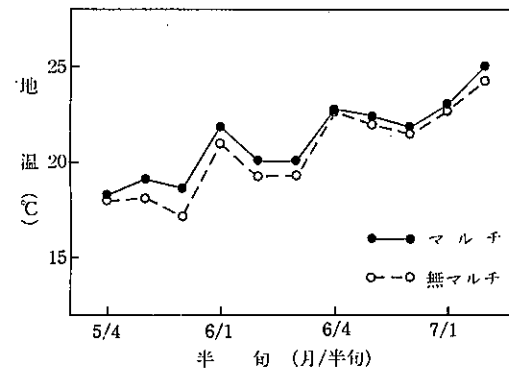
さらに栽植密度についての平均を用い, 8・3式の間帰模型から栽植密度の効果を推定した(第8・2表下段)。

$$(8\cdot3) m' + d = a + cd_0 + e''$$

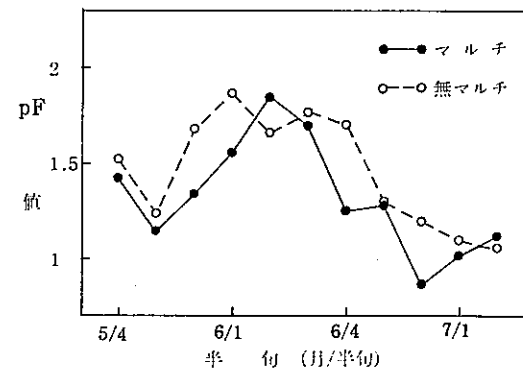
ここでaは定数, d₀は栽植密度の変量でm²当りの株数, cは係数, e''は誤差である。密植ほど草丈, 茎数, 全重, 穀実重, 100粒重が増加する傾向があったが, その程度は小さかった。

また土壌環境の調査ではマルチによって地温が上昇し, pF値が低く保たれた(第8・1図, 第8・2図)。

以上の結果から, マルチ栽培では地温上昇および土壌水分保持によって生育量が増大し, 増収すると考えられた。ただし増収の程度は品種によって異なり, リオグランデではあまり大きくなかった。



第8.1図 半旬別地温に及ぼすマルチの効果(1985)



第8.2図 半旬別pF値に及ぼすマルチの効果(1985)

V 移植栽培法

1. 育苗

1) 材料および方法

1979年と80年に育苗資材, 播種期および播種密度の3要因について, 1983年に育苗資材のみについて, 苗の生育と一部は本田での生育収量を比較した。

1979年は育苗資材として水稲用ポット苗箱とペーパーポットの2水準, 播種期として5月10日, 5月30日の2水準, 播種密度としてポット当り1粒播, 2粒播の2水準の組合せから5処理を選んだ。1区1箱で2~3反復とした。品種は岡山在来を用い, 育苗器で加温出芽, ビニールハウス内で育苗を行った。

1980年は育苗資材としてポット苗箱, ペーパーポットおよび水稲用散播育苗箱の3水準, 播種期として4月24日, 5月15日の2水準, 播種密度としてポットではポット当り1粒播, 2粒播の2水準(箱当りポット苗箱で45gと90g, ペーパーポットで65gと130gに相当), 散播では箱当り50, 100, 150, 200, 250, 300gの6水準を選び, これらの組合せのうち16処理を供試した。1区1箱で2~3反復とした。品種と育苗条件は前年と同様とした。5月15日播のポット苗箱と散播苗箱については6月3日に各々水稲用田植機LTP2FDとPF400Dを使用して, 条間60cm, 株間16cmに移植した。本田施肥はa当り窒素成分1.5kgとし, 基肥, 伸長期, 出穂始期の3回に分施した。

1983年は育苗資材としてポット苗箱, 散播苗箱を選んだ。品種は岡山在来とし, 4月19日に箱当りポット苗で65g, 散播苗で200gの密度に播種した。ビニールハウス内でシルバーポリ被覆により出芽させ, 以後ハウス内で育苗した。5月12日に条間50cm, 株間20cm, 1株1本の密度で移植した。本田施肥は1980年と同様とし, 1区12m²で2反復とした。

なお, いずれの年も苗の調査は2葉期前後に行った。

2) 結果

1979年調査の各形質について, ポット苗箱1粒播の2処理から播種期の効果を, 5月30日1粒播の2処理から育苗資材の効果を, また5月10日播ポット苗箱の2処理と5月30日播ペーパーポットの2処理の平均から播種密度の効果を推定した(第9・1表)。育苗資材ではペーパーポットが, 播種期では5月30日播が, 播種密度では1粒播が, それぞれ苗長を伸ばし, 苗令を進め, 苗重を増加させた。

1980年の苗の生育について, 5月15日播の播種密度

第9.1表 育苗資材, 播種期および播種密度の効果(1979)

母数	苗長 (cm)	苗令 (葉)	根長 (cm)	苗重 (g/100本)	根重 (g/100本)
処理平均	19.8	2.5	7.5	5.16	2.1
ペーパーポットとポット苗箱の差	4.0	0.4	0.8	0.52	-0.1
5月30日播と10日播の差	7.0	0.4	0	1.64	1.1
ポット1粒播と2粒播の差	0.4	0.2	1.0	1.26	0.1

第9.2表 育苗資材, 播種期および播種密度の効果(1980)

母数	苗長 (cm)	苗令 (葉)	中茎長 (cm)	1葉鞘長 (cm)	苗重 (g/100本)	根重 (g/100本)
処理平均	19.9	2.2	1.2	5.0	5.45	2.8
ポット苗箱の効果	-4.7	-0.1	-0.5	-1.0	-1.13	-0.7
ペーパーポットの効果	-0.1	0.2	0.1	-0.3	1.11	1.9
散播苗箱の効果	4.8	-0.1	0.4	1.3	0.02	-1.1
処理平均	21.6	2.2	1.7	5.2	5.29	2.0
5月15日播と4月24日播の差	2.3	0	-0.3	0.8	0.39	0.0
m(定数)	21.0	2.6	1.6	3.8	6.90	2.7
c(播種量の係数)×100	0.666	-0.290	0.077	0.983	-1.02	-0.6
回帰の有意性	*	*	*	*	NS	1

2水準(散播については100gと200g)の平均の比較から各育苗資材の効果を推定した(第9.2表上段).ポット苗箱では苗長, 中茎長が短縮し, 苗重は軽減した.ペーパーポットでは苗重が増加し, 散播苗箱では苗長, 中茎長が伸長した.

また2播種期に共通する6処理を用いて播種期の効果を推定した(第9.2表中段).5月15日播の遅播で苗長が伸び, 苗重が増加した.

また散播苗箱の全処理について播種期の効果を除いた値を用いて9.1式から播種密度の効果を推定した(第9.2表下段).

$$(9.1) y = a + cn + e$$

ここでyは播種期の効果を差し引いた測定値, aは定数, nは播種密度の変数で箱当り播種量(g), cは係数, eは誤差である.播種量の多いほど苗長は長くなる傾向があり, 苗令は遅れ, 苗重は軽減した.

また本田での生育収量について, 育苗資材の効果として, ポット苗箱は散播苗箱より初期生育がやや進んだ.しかし成熟期における生育収量に差は認められなかった.苗箱の播種密度の効果としては本田初期から顕著な差は認められなかった(成績略).水稲用田植機

への適応性について, 特に測定は行わなかったが, ト苗箱とLTP2FDの組合せが, 散播苗箱とPFDの組合せより植付精度の点でまさった.

1983年の苗の生育と本田での生育収量について, 均値の比較から育苗資材の効果を推定した(第9表).ポット苗箱は散播苗箱に比べ苗の生育が進み, 田の初期生育も進んだ.成熟期の草丈, 茎数にはなかったが, 収量はやや増加した.また出芽条件として, 直接の比較は行わなかったが, 1979年と80年育苗器での出芽に比べ, シルバーポリ被覆での出芽中茎の伸長を抑制する効果があった.

以上の結果, 育苗資材では散播苗箱よりポット苗が, さらにペーパーポットが苗長の割に苗重の重苗を育成できた.播種期では遅い播種が苗の生育進的であるが, 苗質への影響は明らかでなかった.種密度では密播で苗長が伸び, また出芽条件では器を使用すると中茎が伸び, 共に苗質が悪化した.田での生育について, 苗質が良いと増収する傾向が認められた.

第9.3表 育苗資材の苗生育と本田生育収量に及ぼす効果(1983)

母数	苗長 (cm)	苗令 (葉)	苗重 (g/100本)	根重 (g/100本)	6月20日草丈 (cm)	6月20日茎数 (本/m ²)
平均	19.7	2.3	5.7	3.6	31.4	49
ポット苗と散播苗の差	2.4	0.4	1.6	3.0	6.9	21
母数	成熟期草丈 (cm)	成熟期茎数 (本/m ²)	a当り全重 (kg)	a当り穀実重 (kg)	穀実100粒重 (g)	
平均	171	79	457	62.1	11.1	
ポット苗と散播苗の差	-13	-2	52	12.7	0.3	

2. 作期および栽植密度

1) 材料および方法

1979年に栽培様式として移植と直播の2水準, 作期として普通期, 晩期の2水準, 栽植密度として条間(cm)×株間(cm)/1株本数で60×20/1, 60×20/2, 40×20/1, 30×20/1の4水準を選び, これらの全組合せ16処理について生育収量の比較を行った.別に機械移植の晩期として栽植密度31.5×17.5/1, 31.5×17.5/2, 47×17.5/1の3処理を設けた.

品種は岡山在来を用いた.移植ではペーパーポットに播種し, 育苗器で加温出芽後, ビニールハウス内で育苗した.普通期を5月10日播の5月28日植, 晩期を

5月30日播の6月14日植とした.直播では普通期を5月12日播, 晩期を6月8日播とした.1区16.8m²で2区制とした.また機械移植については水稲用ポット苗箱で育苗し, ポット苗用田植機LTP-2Fを使用して6月14日に移植した.1区5aとした.いずれも本田施肥は燐加安系高度化成(14-17-13)を用い, a当り窒素成分1.7kgを基肥, 出穂始期に等量分施した.雑草と病害虫は薬剤散布などで防除に努めたが, 開花期頃から葉枯病が多発し, 登熟阻害を被った.

2) 結果

機械移植を除く処理の各調査項目について10.1式の母数模型を当てはめ, 母数の推定を行った(第10.

第10.1表 栽培様式, 作期および栽植密度の効果(1979)

母数	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全重 (kg)	a当り穀実重 (kg)	穀実100粒重 (g)	葉枯病程度
m(平均)	185	78.8	373	43.5	9.8	3.0
p ₁ (移植の効果)	1	0.2	-1	1.4	-0.4	0
s ₁ (普通期の効果)	6	-2.1	20	3.9	0.1	0.2
i _{p₁s₁} (移植, 普通期の交互作用)	-7	2.6	-1	2.6	0.1	-0.1
p(栽培様式)の有意性	NS	NS	NS	NS	**	NS
s(作期)の有意性	*	NS	*	**	NS	*
d(栽植密度)の有意性	*	**	**	NS	NS	**
i _{ps} (pとsの交互作用)の有意性	**	*	NS	*	NS	NS
i _{pd} (pとdの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS
i _{sd} (sとdの交互作用)の有意性	NS	NS	NS	NS	NS	NS
1株2本立と1本立の差	3	16	26	-0.2	-0.3	0.3
m(定数)	216	123	546	47.6	9.2	6.8
c(条間の係数)	-0.67	-1.03	-3.78	-0.083	0.014	-0.081
回帰の有意性	*	*	*	*	NS	NS

1表上段)。

$$(10\cdot1) y = m + p + s + d + ip_s + ip_d + is_d + e$$

ここでyは測定値, mは平均, p, s, dは各々栽培様式, 作期, 栽植密度の効果, ip_s, ip_d, is_dはそれらの交互作用効果, eは誤差である。栽植様式については, 移植で穀実100粒重が減少したが, 収量その他に差は認められなかった。作期については普通期で草丈が伸長し, 全重, 穀実重とも増加したが, 葉枯病の発生も助長した。交互作用では移植と普通期または直播と晩期の組合せで特に草丈の短縮, 茎数, 穀実重の増加が見られた。

また栽植密度についての平均を用い, 条間×株間60×20の2処理の比較から1株本数の効果を, また1株1本立の3処理から10・2式によって条間の効果を推定した(第10・1表下段)。

第10. 2表 機械移植における栽植密度の効果(1979)

母数	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全重 (kg)	a当り穀実重 (kg)	穀実100粒重 (g)	葉枯病程度
処理平均	185	92	304	28.1	9.2	4.3
1株2本立と1本立の差	14	14	54	1.2	0.1	0
m(定数)	206	156	265	2.1	8.0	7.3
c(条間の係数)	-0.71	-1.87	0.58	0.81	0.032	-0.13

3. 施肥

1) 材料および方法

1980年から4か年にわたり, 施肥として基肥, 伸長期(移植後32~33日), 出穂始期および開花期のa当り窒素成分(kg)について, 生育と収量の比較を行った。

1980年は1-0-0-0, 0.5-0-0.5-0, 0-0.5-0.5-0, 1-0.5-0-0, 0-1-0.5-0, 0.5-0.5-0.5-0, 1-1-0-0, 0-1.5-0.5-0, 0.5-1-0.5-0の9処理を選び1区23m²で2区制とした。品種は岡山在来を用い, 5月2日にペーパーポットに播種し, 育苗器で出芽, ビニールハウス内で育苗した。5月20日に条間60cm, 株間20cm, 1株2本の密度で移植した。肥料は磷加安系高度化成(14-17-13)を使用した。雑草と病害虫は適宜防除したが, 出穂始期から葉枯病が多発し登熟阻害を被った。

1981年から83年までは0-0-0-0, 0.5-0.5-0-0(1983年を除く), 0-0.5-0.5-0, 0-0-0.5-0.5, 0.2-0.3-0.3-0.2, 0.5-0.5-0.5-0, 0.5-0.5-0-0.5(1983年のみ), 0-0.5-0.5-0.5, 0.2-0.3-0.6

$$(10\cdot2) m + d = a + cd_0 + e'$$

ここでaは定数, d₀は条間(cm), cは係数, e'は誤差である。栽植密度について, 1株2本立で, または条間が狭いほど, 言いかえると密植ほど草丈が伸し, 茎数, 全重とも増加したが, 葉枯病の発生程度大きく, 穀実重に差は認められなかった。

機械移植の処理についても同様の方法で1株本数条間の効果を推定した(第10・2表)。前述の結果とは同様の結果が得られた。

以上の結果から, 移植栽培は直播に比べ, 普通期は多収であるが, 晩期では逆に収量が劣り, 生育収の面では特に有利とは考えられなかった。また, 作については晩期で収量が減少した。栽植密度については密植ほど草丈が伸長したが, 葉枯病の発生も助長し増収効果は認められなかった。

-0.4の各8処理, 1区22m², 2区制とした。品種, 育苗条件および肥料は1980年と同様とした。4月20前後に播種し, 5月13日前後に条間50cm, 株間20cm, 1株2本の密度で移植した。雑草と病害虫は適宜防除し, 各年とも被害はなかった。

2) 結果

1980年調査の各項目について11・1式の回帰模型に当てはめ, 時期別の施肥量の効果を推定した(第11表)。

$$(11\cdot1) y = a + c_1f_1 + c_2f_2 + c_3f_3 + c_4f_4 + e$$

ここでyは測定値, aは定数, f₁, f₂, f₃, f₄は各々基肥, 伸長期, 出穂始期, 開花期のa当り窒素成分(kg), c₁, c₂, c₃, c₄は各々の係数, eは誤差である。ただしc₄=0, 出穂期に対してはさらにc₃=0とした。基肥量の多いほど出穂が早まった。基肥および出穂期では施肥量の多いほど草丈が伸長し, 全重が増加した。穀実重もやや増加した。伸長期の施肥量の影響比較的小さかった。

1981年から3か年の調査のうち各年に共通する7

第11. 1表 移植栽培における施肥の効果(1980)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全重 (kg)	a当り穀実重 (kg)
a(定数)	7・31	166	87.5	181	16.3
c ₁ (基肥量の係数)	-2.15	36.7	-4.33	99.0	6.83
c ₂ (伸長期施肥量の係数)	1.03	5.3	-3.00	7.0	0.57
c ₃ (出穂始期施肥量の係数)	—	28.7	-5.67	81.7	6.43
回帰の有意性	**	*	NS	**	NS

第11. 2表 年次の効果と移植栽培における施肥の効果(1981~83)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全重 (kg)	a当り穀実重 (kg)	穀実100粒重 (g)
m(平均)	7・29	180	73.4	455	48.1	10.5
t ₁ (1981年の効果)	0	4	-10.7	73.9	1.0	-0.5
t ₂ (1982年の効果)	4	1	5.2	-85.2	-7.9	0.3
t ₃ (1983年の効果)	-4	-5	5.5	11.3	6.9	0.2
t(年次の有意性)	**	**	**	**	**	**
f(施肥の有意性)	**	**	**	**	**	NS
a(定数)	7・31	167	67.9	325	35.7	10.7
c ₁ (基肥量の係数)	-2.85	11.9	14.10	86.4	18.15	-0.266
c ₂ (伸長期施肥量の係数)	-6.48	12.5	-2.10	86.4	6.29	-0.015
c ₃ (出穂始期施肥量の係数)	—	18.7	10.46	126.9	11.19	-0.122
c ₄ (開花期施肥量の係数)	—	—	—	174.3	15.01	-0.341
回帰の有意性	**	**	**	**	**	NS

理について11・2式から年次効果の推定を行った(第11・2表上段)。

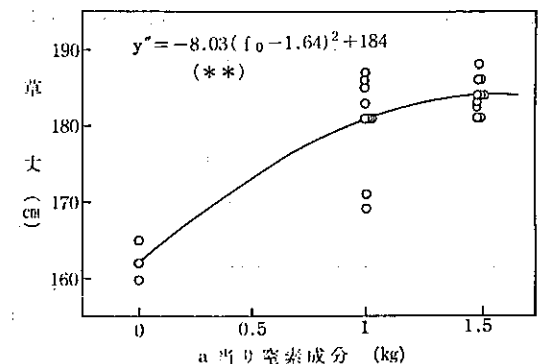
$$(11\cdot2) y' = m + t + f + e$$

ここでy'は測定値, mは平均, tは年次の効果, fは施肥の効果, eは誤差である。年次効果について, 1981年は草丈が伸長し, 茎数が減り, 全重は増加したが, 穀実100粒重が軽く, 収量は平均的であった。1982年は出穂が遅れ, 茎数は増加したが, 全重, 穀実重とも減少した。1983年は出穂が早まり, 草丈が短縮し, 茎数, 全重, 穀実重とも増加した。

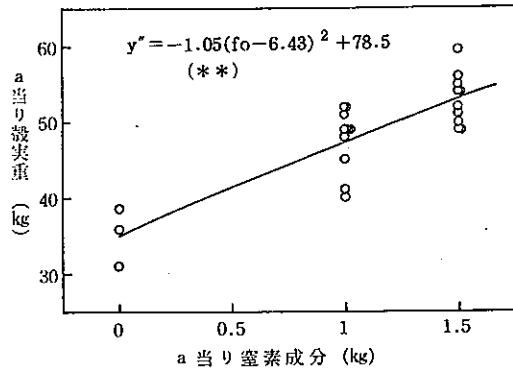
3年間の全処理について前記で推定した年次効果を差し引いた値を用い, 11・1式と同様の式から時期別施肥量の効果を推定した(第11・2表下段)。施肥の効果について, いずれの時期も施肥量の多いほど出穂が早まり, 草丈が伸長し, 全重, 穀実重とも増加した。穀実重に対する施肥量の影響は基肥, 開花期, 出穂始期の順に大きく, 伸長期は小さかった。

これとは別に年次効果を差し引いた値を用い, 11・3式の回帰模型から母数の推定を行った(第11・1図, 第11・2図)。

$$(11\cdot3) m + f = a' + c(f_0 - x)^2 + e''$$



第11.1図 施肥量の草丈に及ぼす効果(1981~83)



第11-2図 施肥量の収量に及ぼす効果(1981~83)

ここでa'は定数, f₀はa当り窒素成分総量(kg), cは係数, xは極値点の変異を示す定数, e''は誤差である。施肥総量の増すほど草丈が伸び、穀実重が増加した。草丈についてはa当り窒素成分1.6kgで極大となったが、穀実重については処理水準内では一貫して増加する傾向にあった。

以上の結果から、施肥総量は少なくともa当り窒素成分で1.5kg以上必要であり、配分としては伸長期より基肥、開花期、出穂始期の施肥量を増やすことが増収に有効であると考えられた。

VI 摘心処理

1) 材料および方法

1980年に摘心位置と施肥の2要因について、1981年に摘心時期と摘心位置の2要因について、1982年には摘心位置のみについて、処理間の比較を行った。

1980年は摘心位置として地上50, 100cm, 無摘心の3水準、施肥としてa当り窒素成分(kg)の基肥、伸長期および出穂始期の配分で0-1-0.5, 0.5-0.5-0.5, 1-0.5-0の3水準を選び、全組合せを1区23.4m²の2区制で供試した。なお摘心処理は出穂期に行った。品種は岡山在来を用い、移植栽培とした。5月2

日にペーパーポットに播種、育苗器で出芽、ビニールハウス内で育苗し、5月20日に条間60cm, 株間20cm, 1株2本の密度で移植した。肥料は磷加安系高度化(14-17-13)を用いた。雑草と病害虫の防除に努めたが、出穂期頃から葉枯病が多発し、登熟阻害を被った。

1981年は摘心時期として出穂期前15, 10, 6, 0の4水準、摘心位置として地上0, 10, 25, 50, 75, 100, 150cm, 無摘心の8水準の組合せのうち実行可能な24処理について、1区6.5m²で実施した。4月22日播種の直播栽培とし、条間50cm, 株間20cm, 1株2本仕立てとした。品種および肥料は前年と同様とし、肥はa当り窒素成分1.5kgを伸長期、出穂始期、開期の3回に等量分施した。雑草と病害虫は適宜防除し被害はなかった。

1982年は摘心位置として地上0, 25, 50, 75, 110cm, 無摘心の6処理を選び、1区約100m²ずつを設けた。直播栽培とし、3月4日に条間50cmで条播した品種および肥料は前年と同様とし、施肥はa当り窒素成分1kgを伸長期、出穂期に等量分施した。摘心処理は8月3日(出穂期)に行った。雑草や病害虫の被害はなかった。

2) 結果

1980年調査の各項目に12・1式の回帰モデルを当てて母数の推定を行った(第12・1表)。

$$(12\cdot1) y = a + c_1l + c_2f + e$$

ここでyは測定値, aは定数, lは摘心長即ち摘時草丈と摘心位置の差(cm), fは基肥のa当り窒素成分(kg), c₁, c₂は各々の係数, eは誤差である。心の効果について、摘心長の長いほど出穂が遅れ、草丈が短縮し、茎数が増加し、穀実重が減った。施肥効果について、基肥配分の多いほど出穂が早まり、草丈が伸長し、茎数が減少し、穀実重が増えた。

1981年調査の各項目について、12・2式から摘心効果の推定を行った。(第12・2表)。

第12. 1表 摘心長および施肥の効果(1980)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り穀 実重(kg)
a(定数)	7・30	188	82.7	22.6
c ₁ (摘心長の係数)	0.190	-0.520	0.223	-0.095
c ₂ (基肥量の係数)	-1.78	18.3	-2.72	4.18
回帰の有意性	*	**	**	NS

第12. 2表 摘心期および摘心長の効果(1981)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全 重(kg)	a当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
a(定数)	7・20	178	80.1	469.9	63.6	10.3
c(係数)	0.345×10 ⁻²	-0.607×10 ⁻²	-0.0242	-0.0268	-0.595×10 ⁻²	0.104×10 ⁻²
x(摘心期の特異点変位)	-58.7	-59.2	8.7	-62.7	-54.6	4.8
回帰の有意性	**	**	**	**	**	**

第12. 3表 摘心長の効果(1982)

母数	出穂期 (月・日)	草丈 (cm)	有効茎数 (本/m ²)	a当り全 重(kg)	a当り穀 実重(kg)	穀実100 粒重(g)
a(定数)	8・3	206	111.0	477.3	43.1	11.1
c'(摘心長の係数)	0.189	-0.587	0.113	-0.909	-0.118	0.222×10 ⁻²
回帰の有意性	**	*	NS	NS	*	NS

$$(12\cdot2) y' = a' + c(l_1 - x)l' + e'$$

ここでy'は測定値, a'は定数, l₁は摘心期の出穂前日数即ち無摘心期と摘心期の差(日), xは特異点の変位を示す定数, l'は摘心長(cm), c'は係数, e'は誤差である。摘心の効果について、摘心期の早いほど出穂が遅れ、草丈が短縮し、全重、穀実重ともに減少した。また出穂前9日までは摘心の早いほど茎数が増加し、出穂前5日までは摘心の早いほど穀実100粒重が増加した。摘心長については前年と同様の効果が認められた。

1982年調査のうち摘心長120cm以下の4処理の各項目につき12・3式から母数の推定を行った(第12・3表)。

$$(12\cdot3) y'' = a'' + c'l'' + e''$$

ここでy''は測定値, a''は定数, l''は摘心長(cm), c''は係数, e''は誤差である。摘心長について、前2か年

と同様の効果が認められた。

以上要約すると、摘心期は出穂期前で早いほど草丈が伸長し、穀実重が減少した。また摘心長の長いほど草丈は短縮したが、穀実重は減少し、出穂期の摘心で摘心長1cmにつき草丈の短縮は0.4cm前後、a当り穀実重の減少は0.2kg前後であった。これから、短稈化を目的として摘心を行う場合、時期を出穂期前でできるだけ遅く、また摘心長をできるだけ短くすることが望ましいと考えられた。

VII 気象要因

1) 材料および方法

7か年の各種試験の処理の中から栽培条件の比較的近いものを選び、各年の気象要因との関連を検討した。

1979年は第V章2節の試験から、80年は第V章3節から、81~83年は第III章2節から、84, 85年は第IV章

第13. 1表 類似の栽培条件における収量性の比較

年次	品種	栽培様式	作期	m ² 当り 栽植株数	a当り窒素 成分(kg)	a当り穀 実重(kg)
1979	岡山在来	直播	5・12播	8.3	1.7	43.8
1980	岡山在来	移植	5・20植	8.3	1.5	27.3
1981	岡山在来	直播	4・21播	8.9	1.5	46.0
1982	岡山在来	直播	3・4播	8.9	1.5	37.5
1983	岡山在来	直播	3・25播	8.9	1.5	54.9
1984	岡山在来	直播	5・9播	8.9	1.8	48.5
1985	岡山在来	直播	5・9播	8.9	1.8	50.3

の試験から各々1処理を選んだ(第13・1表)。気象要因については鳥根県農業試験場内で測定した月別平均気温および日照時間を使用した。

2) 結果

気象要因を変量として、穀実重について13・1式の回帰模型を当てはめて母数の推定を行った(第13・2表, 第13・1図)。

$$(13\cdot1) y = a + ct + e$$

ここでyは測定値, aは定数, tは6, 7, 8または9月の平均気温(°C)あるいは日照時間(h), cは係数, eは誤差である。穀実重は8月の平均気温の高いほど, また7月あるいは8月の日照時間の長いほど増加する傾向があった。

また, 13・1式と同様の回帰模型を用いて, 気象要因相互の関連を検討した。ただしyをも気象要因の変量とした。8月の平均気温, 7月あるいは8月の日照

第13・2表 気象要因の収量に及ぼす影響(1979~85)

母数	平均気温(°C)				日照時間(h)			
	6月	7月	8月	9月	6月	7月	8月	9月
a(定数)	72.2	-54.1	-91.2	-62.1	43.2	8.4	22.0	36.
c(係数)	-1.32	3.95	5.17	4.86	0.006	0.246	0.127	0.
回帰の有意性	NS	NS	*	NS	NS	*	*	

以上のことから, 収量の年次変動を与える要因としては出穂期から登熟前半の気温の影響が大きく, 高温ほど多収になると考えられた。また, 8月の平均気温の平年値(1951~80の平均)を用いて, 13・1式から逆算すると, 収量の平年期待値はa当り穀実重約44kgと推定された。

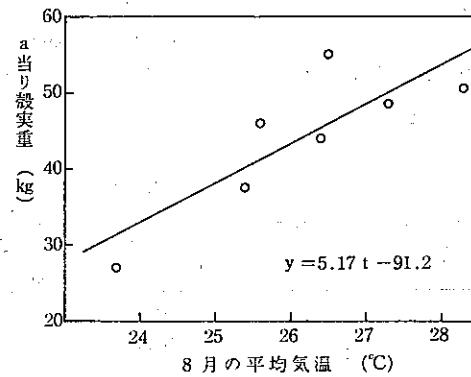
VIII 考 察

1. 品種

ハトムギ品種の特性については石田ら⁸⁾が若干の調査をしている。農業生産工学会^{20,21,22,23,24,25)}は全国の試験結果をまとめて, 中里在来, 宮城在来, 岡山在来, 徳田在来などの品種の地域適応性が広いとしている。中国, 四国, 九州地域ではさらに, 年によってはリオグランデ, マトグロソも多収としている。中村ら¹⁸⁾, 井上ら⁴⁾はともに晩期の移植栽培において中里在来と岡山在来を適品種と報告している。

筆者らの調査では収量および品質の点で好ましい品種はリオグランデ, 次いでマトグロソであった。岡山

時間の3要因についてはいずれの組合せにも高い関係が認められた(成績略)。なお8月は生育時期では概ね出穂期~登熟前半に相当している。



第13.1図 気象要因の収量に及ぼす影響(1979)

在来も比較的多収であったが, 中里在来, 宮城在来についてはあまり良い結果を得られなかった。ただ種の収量性には直播栽培において作期および施肥関連が認められた(第II章)。また栽培様式との関連認められ, マルチ直播栽培ではリオグランデより在来の適応性が高かった(第IV章)。

これら栽培要因との関連についてはなお検討がある。さらに収量性の高い品種の開発も今後のである。現段階での品種選定としては, 直播および移植栽培においてリオグランデ, マルチ直播栽培にて岡山在来が適切と考えられる。

2. 直播栽培法

1) 作 期

直播栽培の作期に関し小林ら¹³⁾は一般に早播多収として岡山県での播種適期を4月下旬~5月としている。農業生産工学会^{23,24,25)}は全国試験結果から作期は品種および栽培密度と関連がを概括的には早播ほど多収として, 西日本での播種を5月中旬~6月上旬としている。

筆者らの調査では3月末までの早播には増収効果はなく, 4月以降年次間差はあるが早播ほど多収の傾向があった(第III章1節)。年次間差に関し, 気象要因との関連も調べたが, 出穂期から登熟前半にかけての気温が高いほど多収であった(第VII章)。また早晩性の異なる2品種について各々の多収条件を求めたところ, 出穂期が一致するという結果も得られた(第II章2節)。これらの事実から, 多収を得るためには品種あるいは栽培様式によらず, 出穂期以後約1か月の平均気温が最も高くなるように作期を選べば良いと推察される。当地域の平年気象からは7月下旬が出穂適期と考えられ, 第III章1節の播種期と出穂期の関係から逆算すると岡山在来では4月下旬が播種適期と判断される。リオグランデについても播種適期はほぼ同様と考えられる。また出穂の晩限を8月上旬とすると播種の晩限は5月下旬である。

以上のことから当地域での播種適期は4月下旬, 晩限は5月下旬と結論できる。

2) 栽植密度

農業生産工学会^{23,24,25)}は全国の試験成績をまとめて密植ほど多収の傾向があるとしている。水島¹⁵⁾は密植ほど多収とした上で作業上の理由から条間60cmが望ましいとしている。

筆者らの調査でも密植ほど多収する傾向があったが, その程度はあまり大きくなかった。収量的には1株2本立, m²当り10株程度の栽植密度で十分と考えられた(第III章2節)。作業性の問題に関しては具体的な検討を行っていないが, 播種, 追肥, 収穫, いずれの作業をとっても, 条間の広いほど容易であることは明らかである。株間を狭めることで栽植密度を下げずに条間を広げること可能であり, 条間75cmでも収量上の不利益は全く認められなかった。

従って栽植密度については条間75cm, 株間12cm, 1株2本立を基準に, 作業性を考慮して決定すれば良い。

3) 施 肥

農業生産工学会^{23,24,25)}は多肥ほど多収となった事例が多く, 短稈化を指向する意味で追肥重点の施肥が一般的とし, a当り窒素総量1.5~2kgを基肥と出穂始期以後2~3回の追肥に分施するのが良いとしている。石田ら⁹⁾もほぼ同様の意見を述べている。

筆者らの調査ではa当り窒素総量は少なくとも1.7kg必要であり, 配分としては出穂始期より伸長期または開花期の施肥量を増やすことの増収効果が高いと考えられた(第III章3節)。ただし, ここでの伸長期施肥

は前作ナタネの立毛間に播種した事情によるもので, 一般の基肥に相当する施肥である。またこの試験における施肥量の最高水準は2kgであったが, 別に基肥, 出穂始期および開花期の等量分施でa当り窒素2.5kgまで多肥ほど多収という結果も得られた。なお施肥量の影響は品種によって異なった(第II章2節)。従って今少し施肥量の高い水準で, また品種別に, 更に検討する余地がある。

現在考えられる施肥基準としては, 概ねa当り窒素成分2kgを基肥0.8kg, 出穂始期0.5kg, 開花期0.7kg程度に分施する方法である。

4) 水管理

水管理に関しては既に若干の報告を行った³¹⁾。水島ら¹⁶⁾はジュズダマ属は湛水条件下では発芽しないが, 出芽後の耐湿性は極めて強いとしている。しかし小林¹²⁾は初~中期には過乾燥にならない限り水を入れられないことが重要とする意見を述べており, 石田ら¹⁰⁾も播種後35日以上は乾田状態を維持することが望ましいとしている。渡部ら³²⁾は移植栽培において移植後約1か月の湛水管理を除草上必要であると述べている。農業生産工学会^{20,21,22,23)}は地域毎に栽培条件に応じ, さらに検討が必要とした上で, 安定収量には間断湛水が適切であるが, 開花期以降は湛水が有効としている。

筆者らの検討もポット試験が主体で十分とは言えないが, 播種20日以後早期に入水すること, 出穂始期までは湛水すること, 出穂期前後30日間は落水管理とすること, 全期間を通じて地下水位をあまり下げないことが収量向上に有効であった(第III章4節)。またマルチ直播栽培においては増収の原因の1つとして土壌水分の保持が考えられた(第IV章)。しかしこれらの結果は前述の報告と必ずしも一致せず, 決定的な議論を進めるにはまだ不明の点が多い。少なくとも言えることは, 初~中期に過乾燥を避けることであり, 地下水位を下げないこと, あるいは土壌水分を保持することも同じ意味と考えられる。初~中期の具体的な適湿状態について試験結果から推察すると, 地下水位では5~15cm, pF値では1~1.5程度に相当する。

生育の初~中期にpF値1~1.5を保つ程度に適宜湛水する水管理が望まれる。

5) 除 草

除草剤の使用について検討し, アトラジン水和剤の播種後~出芽期, a当り製品量15g(成分量7g), 土壌処理が適用可能であり, 3葉期に入水し, クロメトキシニル, ビフェノックスまたはピラゾレート粒剤a

当り製品量300g(成分量21~30g)を体系施用することさらに除草効果が高まった(第III章5節)。

農業生産工学研究会^{20,21,22,23})は除草剤の播種後および入水後の体系処理によって安定した効果が得られるとして、前述の除草剤その他を有効な薬剤として記載している。

しかし、これらの薬剤は現在のところハトムギの除草剤として登録されていない。これらの薬剤の実用化は今後の課題である。

3. マルチ直播栽培法

マルチ直播栽培については農業生産工学研究会^{23,24,25})が、筆者らの結果も含めて若干の報告を行っている。

黒ポリマルチは当初主に雑草防止の目的で検討されたが、試験の結果、生育の促進と収量向上に著しい効果があることが明らかになった(第IV章)。マルチ直播栽培における作期、栽植密度および施肥については通常の直播とはほぼ同様に考えることができる。ただし、マルチ被覆および播種作業にある程度労働時間を必要とする点と、マルチ被覆をしたままでは追肥が行いにくい点には注意が必要である。前者の問題から、この栽培法は大規模な作付には向かないと考えられる。また後者の問題に関しては、緩効性肥料を利用した基肥のみの施肥による対応も考えられるが、筆者らは出穂始期にマルチの除去を行った。その他、水管理に関しては通常の直播と比べて過乾燥となりやすく、除草に関しては黒ポリマルチの抑草効果が極めて高いので、除草作業をほとんど必要としないことで有利性が認められる。なお資材費および労賃の出入りと増収による利益向上に関して、場合に応じ経営的な検討を行う必要がある。筆者らの試算では、具体的な数字は省略するが、収量当りの生産費は通常の直播とほとんど変わらないと推定された。

以上、マルチ直播は収量向上の点で有力な栽培法である。

4. 移植栽培法

(1) 移植と直播

水島¹⁵⁾は移植栽培は湿田、地下水位の高い圃場、重粘で碎土にくい土壌、寒高冷地域や前作物との関係で適期播種が困難な場合に行うと良いとしている。

筆者らは主に収量性について検討し、直播に比べて特に有利な点は認められなかった(第V章2節)。経営的に今少し厳密な検討を行う必要があるが、移植栽培は水稲用田植機を利用して育苗、移植作業の面で技術的、労力的に容易でなかった。また一般に直播栽培で

は雑草、鳥害などの防除が問題となりやすいが、これらの検討ではこれらの問題も生じなかった。従って一般的には移植栽培の利点はあまり考えられない。この困難な場合および前後作物との関係で本田期間縮したい場合に適用すべき栽培法である。

2) 育苗

ハトムギの育苗法および機械移植に関しては多報告^{5,14,15,18,20,21,22,23,30,32})があり、箱当り播種量~200g、育苗日数15~20日が適当とされている。

筆者らの調査では箱当り播種密度の低いほど良いが得られ、出芽の際に育苗器を使用すると苗質が向上した。検討した中ではペーパーポットを使用し、パーポリ被覆で出芽させる方法で最も良い苗が得られた(第V章1節)。

育苗については水稲用田植機の利用を前提に検討された例が多いが、植物形態から考えると水稲と同様に育苗を行うことにはやや無理があると思われる。ハトムギに適した育苗および移植法をさらに検討する必要がある。

3) 作期および栽植密度

農業生産工学研究会^{20,21,22,23,24,25})は一般に早多収を得やすいとして中国、四国、九州では6月中旬が移植適期としている。井上⁴⁾は但馬地方移植適期を5月上旬、井上⁵⁾は愛知県での移植を5月下旬としている。

筆者らの調査では晩植で収量が減少した(第V章1節)。育苗日数20日程度、苗長18~20cm、苗令2.5gを移植するとして、直播栽培の場合に行ったのと同様な考察から移植の適期は当地域では5月中旬と推定される。

また移植栽培の栽植密度に関して、農業生産工学研究会^{20,21,22,23,24,25})、井上⁵⁾、小林¹²⁾、中村¹⁸⁾、村³⁰⁾の報告があり、直播栽培の場合と同様に密植と多収の傾向があるとされている。

筆者らの調査では密植による増収効果は認められなかった(第V章2節)。ただし、この試験では密植によって葉枯病の発生が多くなっており、発病のない状態の収量性は明らかでなかった。水稲用の田植機を利用する場合には栽植密度の選択は当然かなりの制約を受ける。しかし直播の場合と同様、条間をある程度広とるのが良いと考えられる。株数、1株本数についても直播に準じて決定すれば良い。

4) 施肥

移植栽培の施肥法に関して、直播栽培の場合と同

の結果が報告されている^{4,6,18,20,21,22,23,24,25})。

筆者らの調査でも、多肥ほど多収であり、基肥、開花期、出穂始期の施肥が伸長期の施肥に比べて効果が高い傾向があり、直播栽培と同様の施肥法で良いと考えられた。(第V章3節)

5) 除草および病虫害防除

移植栽培の除草に関して、農業生産工学研究会^{20,21,22,23})は初期除草剤としてクロメトキシニル、ピラゾレートなどの粒剤、中期除草剤としてモリネート・シメトリン・MCPBなどの粒剤が有効としている。しかし、いずれも未登録であるので、実用化は今後の課題である。

病虫害防除に関して、当初葉枯病の多発が大きな障害であった。細川^{2,3)}は葉枯病の種子消毒薬剤としてベノミル・チウラム水和剤をあげており、多久田²⁹⁾は葉枯病防除に同剤などの種子消毒とイソプロジオン水和剤などの茎葉散布が有効と報告している。これらの方法で実際に十分な防除効果が得られた。

5. 短稈化

水稲用の収穫機を利用する際にはハトムギの草丈が長い点が問題の一つとなる。水島¹⁵⁾は草丈150cm以上ではバインダーあるいはコンバインのトラブルが多くなると述べている。農業生産工学研究会²³⁾は短稈化に関して施肥による方法と摘心が検討されたとし、追肥重点施肥により基肥を減らす方法が有効としている。

筆者らの検討では草丈短縮の方法として(1)短稈な品種の選定をする(第II章)。(2)作期を遅くする(第III章1節ほか)。(3)栽植密度を低くする(第III章2節ほか)。(4)施肥量特に生育前半の施肥量を少なくする(第III章

3節ほか)。(5)摘心処理を行う(第VI章)の5つが考えられた。しかし、いずれも収量の低下と深い関連が認められた。比較的収量が低下しないと推定されるのは(3)と(4)である。摘心処理はそれ自体労働時間を多く必要とする作業であるので、収穫作業時間が短縮することも割引いて考える必要がある。作期を遅くすることは減収の危険性が高いと考えられる。短稈で多収な品種の育成は今後の課題である。

要するに、条間を75cm程度に広くとることと、出穂始期以後の施肥量を増やし基肥を減らすことが草丈短縮には有効である。

6. 収量性

気象要因についても検討を行い、出穂期から登熟前半にかけての気温が高いほど多収になるとの結論を得た(第VII章)。この時期はハトムギの形態形成が完了しており、炭酸同化量が生育期間中最大であると考えられる。従ってこの期間の気象条件が光合成に促進的であれば収量増加に及ぼす影響も大きくなることは当然考えられる。ともあれ、このことは収量の年次変動を説明するのみでなく、作期についての考察で議論したように、ハトムギの多収栽培法に関して一つの示唆を与えてくれる。

ハトムギの収量性に関して筆者らが検討した要因は気象以外に品種、栽培様式、作期、栽植密度、施肥などがある。既に明らかにしたように、これら栽培上の要因の中からどのような処理を選んで組み合わせるかによって得られる収量は大きく異なる。筆者らの実例を記載しておく。a当り穀実重で最高は70kg以上であり、最低は20kg台であった(第14表)。また第VII章の例では

第14表 栽培要因と収量性の事例(1981~85)

年次	品種	栽培様式	作期	m ² 当り栽植株数	a当り窒素成分(kg)	a当り穀実重(kg)
1985	リオグランデ	直播	5・10播	13.3	1.8	57.0
1985	岡山在来	マルチ直播	5・10播	13.3	1.8	71.3
1984	岡山在来	マルチ直播	5・9播	8.9	1.8	58.4
1983	岡山在来	直播	4・25播	10.0	2.5	59.4
1981	岡山在来	直播	4・22播	10.0	2.0	62.6
1983	リオグランデ	移植	5・12植	10.0	1.5	65.8
1982	リオグランデ	移植	5・13植	10.0	1.5	62.7
1983	岡山在来	直播	4・25播	10.0	0	29.6
1981	岡山在来	直播	4・22播	10.0	0	25.0
1981	岡山在来	直播	6・1播	10.0	1.5	27.9

平年収量の期待値44kgであった。この場合、品種、作期、栽植密度あるいは施肥の条件が、必ずしもこれまでに明らかになった最も良い処理ではない。例えば品種として岡山在来の代わりにリオグランデを選ぶなら第1・2表の品種別平均値の比較から5~6kgの増収が期待できる。第14表の実例を見ても、適切な栽培法の組合せで50kg以上の収量を得ることはそれほど困難ではないと考えられる。

また、直播栽培の施肥についての考察で述べたように、施肥量についてはさらに高い水準で検討する余地が残されている。今後こうした点での栽培法の改善あるいは品種の改良などにより一層の多収が得られる可能性も高い。当面はa当り穀実重60~70kg台の安定多収が次の課題である。

IX 摘 要

水田におけるハトムギの栽培法を確立する目的で、1979年から7年間にわたり、島根県農業試験場の水田において、耕種要因別に体系的な試験を実施した。

1. 品種では、直播および移植栽培においてリオグランデ、マルチ直播栽培において岡山在来が適切であった。

2. 直播栽培に関して、以下の結果が得られた。

1) 当地域での播種適期は4月下旬、晩限は5月下旬であった。

2) 栽植密度については条間75cm、株間12cm、1株2本立を基準に、作業性を考慮して決定すれば良いと考えられた。

3) 施肥について、a当り窒素成分2kgを基肥0.8kg、出穂始期0.5kg、開花期0.7kg程度に分施する方法が適切であったが、さらに施肥量の高い水準での検討が必要である。

4) 水管理では生育の初~中期にpF値1~1.5を保つ程度に灌水することが望ましかった。

5) 除草剤の使用について、アトラジン水和剤の播種後~出芽期、a当り成分量7g土壌処理が適用可能であり、クロメトキシニル粒剤a当り成分量21gなどの3葉期入水後体系処理でさらに除草効果が高まった。

3. マルチ直播栽培に関して作期、栽植密度および施肥は通常の直播と同様で良かった。また黒ポリフィルムマルチによって生育が促進され収量が向上した。

4. 移植栽培に関して、以下の結果が得られた。

1) 育苗では播種密度の低いほど良い苗が得られ、出芽の際に育苗器を使用すると苗質が悪化した。

2) 当地域での移植適期は5月中旬であった。

3) 栽植密度および施肥については直播栽培と同様に考えることができた。

5. 草丈の短縮には、条間を75cm程度に広くとると、出穂始期以後の施肥量を増やし、基肥を減らすことが有効であった。また摘心を行う場合は、出穂前でできるだけ遅く、摘心長もできるだけ短くすることが望ましかった。

6. 出穂期から登熟前半にかけての気温が高いほど多収となった。また、適切な耕種要因の組合せによればa当り穀実重50kg以上の収量を得ることは容易とえられた。

引用文献

- 1) 星川清親 (1980):新編食用作物. 養賢堂, p3-391.
- 2) 細川平太郎, 矢尾板恒雄 (1982):ハトムギ種子消毒と発芽促進法. 農及園57:559-564.
- 3) 細川平太郎, 矢尾板恒雄, 遠藤賢治 (1981):ハトムギの葉枯病に対する種子消毒と発芽促進. 農業術36:552-553.
- 4) 井上浩一郎, 須藤健一, 曳野玄三夫 (1983):但における移植ハトムギの栽培法. 兵庫農総研報31-12.
- 5) 井上隆雄, 井澤敏彦, 中嶋泰則, 沓名吉弘, 加裕司, 谷口学 (1984):ハトムギの機械移植栽培法に関する研究. 愛知農総試研報16:69-72.
- 6) 石橋英二, 平岡正夫 (1985):移植ハトムギの窒素施用量. 農業技術40:80-81.
- 7) 石田喜久男 (1981):ハトムギーつくり方と利用. 農文協, 112pp.
- 8) 石田喜久男, 氏平洋二 (1982):ハトムギ品種の性調査. 農及園57:467-468.
- 9) 石田喜久男, 氏平洋二 (1982):窒素施肥法によるハトムギの短稈多収化. 農業技術37:117-118.
- 10) 石田喜久男, 氏平洋二 (1982):ハトムギの水管理. 農業技術37:222-223.
- 11) 小林甲喜 (1982):ハトムギの利用. 農業技術大作物編7. ハトムギ. 農文協, p基43-48.
- 12) 小林甲喜 (1983):ハトムギ栽培の現状と技術的課題. 農及園58:147-150.
- 13) 小林甲喜, 水島嗣雄 (1978):ハトムギの栽培と利用. 農業技術33:195-197.
- 14) 河本恭一, 名木田武一, 中野幸彦 (1982):ハト

ギ栽培の機械化に関する研究. 近畿中国農研64:37-39.

15) 水島嗣雄 (1982):ハトムギの栽培. 農業技術大系作物編7. ハトムギ. 農文協, p基9-40.

16) 水島嗣雄, 小林甲喜 (1977):ジュズダマの飼料化に関する研究. 岡山農試研報2:51-63.

17) 永井威三郎 (1949):実験作物栽培各論. 養賢堂, p449-458.

18) 中村大四郎, 横尾浩明, 百島敏男 (1985):水田におけるハトムギ栽培法確立に関する2・3の考察. 佐賀農試研報23:29-56.

19) 村上道夫 (1982):ハトムギの起源と特性. 農業技術大系作物編7. ハトムギ. 農文協, p基3-6.

20) 農業生産工学研究会 (1981):昭和55年度におけるハトムギ栽培法に関する試験成績概要. 技術参考資料41:162pp.

21) 農業生産工学研究会 (1982):昭和56年度におけるハトムギ栽培法に関する試験成績概要. 技術参考資料48:195pp.

22) 農業生産工学研究会 (1983):昭和57年度におけるハトムギ栽培法に関する試験成績概要. 技術参考資料53:138pp.

23) 農業生産工学研究会 (1984):昭和58年度における

ハトムギ栽培法に関する試験成績概要. 技術参考資料55:120pp.

24) 農業生産工学研究会 (1985):昭和59年度におけるハトムギ栽培法に関する試験成績概要. 技術参考資料61:55pp.

25) 農業生産工学研究会 (1986):昭和60年度におけるハトムギ栽培法に関する試験成績概要. 技術参考資料64:60pp.

26) 農林水産技術会議事務局, 農林水産省農業研究センター (1982):はとむぎ調査基準. 10pp.

27) 大野政典 (1983):ハトムギの生産と需要の動向. 米麦改良 (7);p2-13.

28) 大坪研一, 柳瀬肇 (1984):食品素材としてのハトムギとその特性評価. 農及園59:1274-1252.

29) 多久田達雄 (1985):ハトムギ葉枯病に対する2・3薬剤の防除効果. 島根病虫研報10:7-11.

30) 田村正和 (1986):ハトムギの機械化栽培. 農及園61:430-432.

31) 常松定信, 新田英雄 (1982):ハトムギ栽培における水管理が生育・収量に及ぼす影響. 日作中支研集24:22-23.

32) 渡部富男, 武市義雄, 鶴岡正雄 (1983):水田におけるハトムギの栽培法. 千葉農試研報24:31-34.

Summary

Several cultivation factors had been systematically studied for seven years since 1979 to establish the cultivation method of Job's tears in paddy fields.

1. Variety Rio-Grande for direct sowing or transplanting cultivation, and variety Okayama-zairai for mulched direct sowing were selected to be suitable.

2. The results obtained in direct sowing method were as follows.

1) The best seeding time was the later part of April, and the limit of delayed seeding was the end of May.

2) Spacing 75cm in interrow and 12cm in hill with two plants per hill was good for work efficiency and yield.

3) Fertilizing of nitrogen amount 2kg per are, splitting 0.8kg into basal, 0.5kg into early heading stage, and 0.7kg into flowering stage was adequate, but still heavier fertilization was required to be examined.

4) Keeping soil pF value between 1 and 1.5 through early growing stage to heading was desirable water management.

5) For weeding, pre-emergence application of Atrazine (wetable powder, a.i.7g per are) was effective, and additional application of Chlomethoxynil (granule, a.i.21g per are) or other herbicides in the beginning of irrigation was still more effective.

3. In mulched direct sowing, good results were obtained by the same planting season, planting density, and fertilizer application as those of nonmulched direct sowing. Black polyethylene film was good for the growth and the yield.

4. The results obtained in transplanting method were as follows.

1) Better seedlings were obtained in lower seeding rate. Seedling quality turned wrong by the emergence in the thermostat implement.

2) The best planting time was the middle part of March.

3) The same planting density and fertilizer application as those of direct sowing method, were adoptable.

5. To shorten plant length, proper measures for planting density and fertilizer application were considered to be effective. Top pinching was desirable to be made later before heading and shorter in cutting length as possible, if it was needed.

6. Higher temperature through heading stage to the first half of ripening stage caused higher yield. And it was not so difficult to produce over 50kg yeild per are, when the appropriate cultivation method was applied.