

NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2009 年度研究報告会

開催日時：2010 年 3 月 14 日（日） 13：00～16：00

会 場：Reimei Hall （京都市左京区吉田神楽岡町）

表題・報告者

1. 小倉水田における 2009 年の水稻栽培試験
………… 家田善太・竹内史郎（無肥研） 1
2. 無施肥無農薬条件での生産性に関するイネの遺伝子型間変異
………… 松山治樹・本間香貴・栗田光雄・白岩立彦（京都大学農学研究科） 6
3. 除草回数の違いが水稻の生育・収量に及ぼす影響
………… 丸田信宏・竹内史郎（無肥研） 12
4. 京都府亀岡市稗田町の無施肥無農薬田における除草回数と雑草量について
………… 芦田 馨（近畿大学農学部） 17
- (休憩)
5. 無施肥無農薬栽培水田、小倉・野洲の土壌分析
………… 森本正則（近畿大学農学部） 20
6. 自家採種トマトの無施肥無農薬栽培 とくにマルチ処理および側芽の切除処理が生育と収量に
およぼす影響 …… 森 誠（無肥研）・水谷信雄（元 近畿大学） 23
7. カボチャ（ほっこり姫）の露地・無施肥栽培による収量・販売収益と含有成分
無施肥無農薬露地栽培法による収量と販売収益及び含有成分………… 田尻尚士（元 近畿大学） 29
8. 無施肥無農薬栽培したクワを用いた養蚕 糸品質におよぼす影響―
………… 栗田光雄（無肥研） 37
9. 異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の推定玄米重の経年変化について（資料報告）
………… 小林正幸（無肥研） 41

小倉水田における2009年の水稻栽培試験

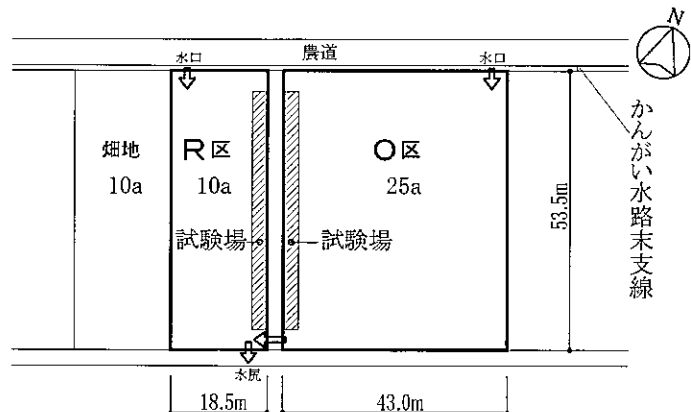
報告者 家田善太・竹内史郎 (NPO無肥研)

1. 小倉圃場の現状

小倉水田および水稻ベニアサヒについては昨年の私どもの報告会資料をご覧ください。

2. 実験方法および結果

2009年には実験区として、O区とR区の境界の畦畔を挟んで両水田に幅約2m、長さ水田全長にわたる実験区をもうけ、栽培密度実験、品種比較および移植時期実験の3実験を実施した。



小倉圃場略図

密度実験にはベニアサヒをもちいた。2008年は株間を16cm, 18cm, 20cmとしたが目立った差が出なかったので、2009年は株間を9cm[33.7株/㎡], 18cm[16.8株/㎡], 27cm[11.2株/㎡]と密度差をひろげて、3区3反復制でおこなった。条間は33cmに一定した。

品種実験にはベニアサヒ、秋の詩、ヒノヒカリの3区を3反復もうけた。

移植時期実験にはベニアサヒをもちいた。早植区(播種日:3/22, 移植日:5/16)と晩植区(播種日:4/5, 移植日:5/30)を条間33cm、株間18cmで3反復もうけた。また、近隣農家の協力を得て慣行栽培(施肥区)のヒノヒカリ(1反復)も計測した。

これらのいずれの実験区においても、各区10株の生育調査株を決めて、移植2週間後から出穂期までは1週間間隔で12~14回、それ以後は品種の早晩性によって3~4回の生育調査をおこなった。

測定項目は草丈、1株茎数および代表葉のSPAD値の3項目とした。

それぞれの株について収穫時の形質を測定した。項目は稈長、穂長、1穂重、1株茎数、1株藁重、1株籾重、1株玄米重、区ごとの玄米千粒重と玄米水分率を計測した。

施肥区の形質調査は生育調査株と異なり、同一農家の別水田のヒノヒカリを10株計測した。

2-1 栽植密度実験

O区では生育期の草丈、SPAD値は、密植区から粗植区まで、ほぼ同様の推移を示した。1株茎数は密植区ほど早く最高分げつに達した(図1)(表1)。

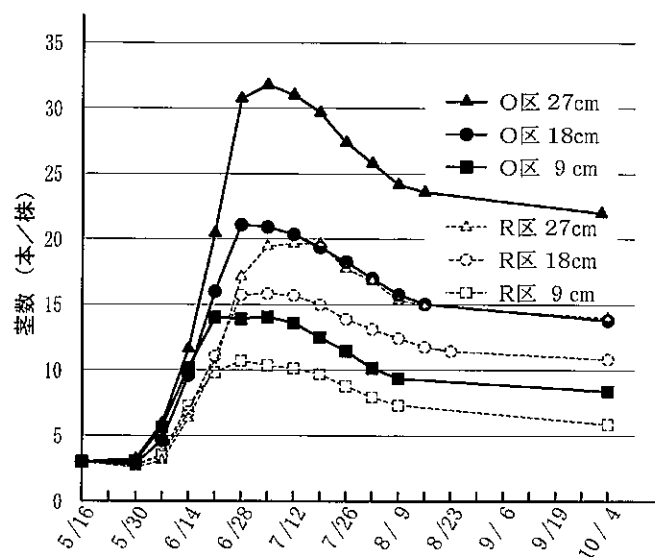


図1 栽植密度が1株茎数の推移におよぼす影響

表1 栽植密度の違いによる収量調査比較

	茎数 (/株)	茎数 (/㎡)	推定 収量 (g/㎡)	平均 1穂重 (g)	最高 分げつ 日
O区 9cm	8.4	282.8	456.3	2.1	6/20
O区18cm	13.8	232.3	445.1	2.5	6/28
O区27cm	21.9	246.2	443.6	2.3	7/5
R区 9cm	6.0	202.0	336.1	2.2	6/28
R区18cm	10.6	179.0	339.0	2.4	7/5
R区27cm	14.1	157.9	308.9	2.5	7/12

密植区では株間が狭い分だけ早い時期に根が養分を効率よく吸収したとも考えられる。粗植区ほど1株茎数は多くなり、1穂重は密植区のみ他の区と比べて10～15%少なかった。推定収量はどの栽植密度区も殆ど差はなかった(図2)。

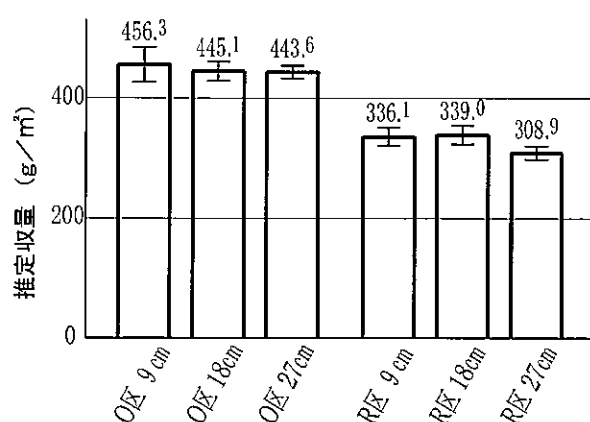


図2 栽植密度の違いによる推定収量の差

このことから吸収利用できる土壌養分量は一定であったとも考えられる。その場合、経済的にはある程度粗植にした方がやや有利ではないかと思われた。

R区では生長期の草丈およびSPAD値に顕著な差はなかった。粗植区が他の区より推定収量が低く、単位面積あたりの茎数も粗植区ほど少なかった(表1)。

R区はO区に比べ最高分げつ時期が遅く、栄養生長期が長くなる傾向がみられるが、その中でも最高分げつが最も遅い粗植区では初期生育の後半の日照不足(図3)が収量の低下に影響した可能性も考えられる。また栗東時代も含め永年、株間18cm×条間33cmでベニアサヒを栽培してきた、この土壌と品種の組み合わせが、その栽植密度に最も適応して変異している可能性も考えられる。

2-2 品種実験

本年は7月上旬～8月上旬に日照時間が少なく(図3)、この無効分げつ期間中の1株茎数の減少が著しかった(図4)。これまでの知見では無施肥無農薬栽培水稻は、最高分げつ期後の分げつ減少が、極めて少ない特徴があることが知られているが、それと反する結果となった。

推定収量はヒノヒカリ、秋の詩は前年(2008年)と比べ減少したが、ベニアサヒはあまり変化がなかった(表2)。

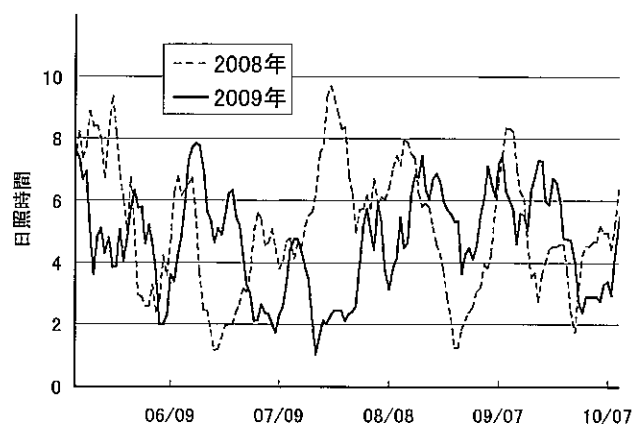


図3 京都市 日照時間 一週平均の比較(気象庁)

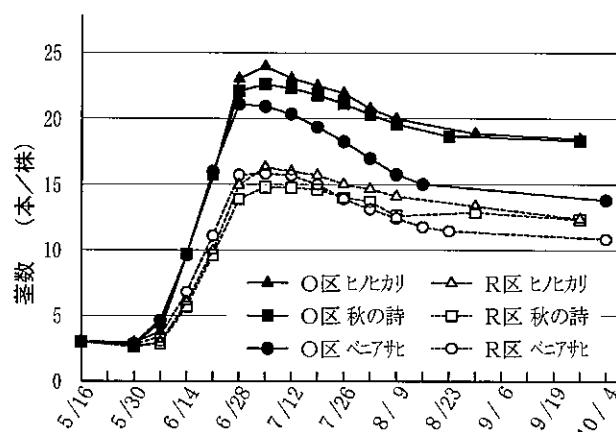


図4 品種の違いが1株茎数の推移におよぼす影響

表2 2008年, 2009年推定収量比較

			推定収量g/㎡	前年度比
ベニアサヒ 18cm区	O区	08年	479.4	
		09年	459.5	95.8%
	R区	08年	318.8	
		09年	316.1	99.2%
ヒノヒカリ 18cm区	O区	08年	479.2	
		09年	406.5	84.8%
	R区	08年	301.8	
		09年	264.8	87.7%
有肥ヒノヒカリ		08年	553.5	
		09年	550.0	99.4%
京都府南部作況指数		08年	103	
		09年	97	

京都府南部の作況指数が08年では103に対し、09年は97であったことを考えると、ベニアサヒのように永年無施肥無農薬で栽培した自家採種品種は気象条件に影響を受けにくい特性に変異していることも考えられる。

2-3 移植時期実験

晩植区は移植後2週間で1株茎数、草丈、SPAD値とも早植区に追いつき、その後はむしろ早植区よりやや高い値をとった。無施肥栽培における生育初期の養分供給不足をおぎなう目的で、従来(晩植区)より2週間早く移植する区(早植区)を設けたが、本年より晩植した昨年度と比較しても栄養生長期における1株茎数の増加などのピークが

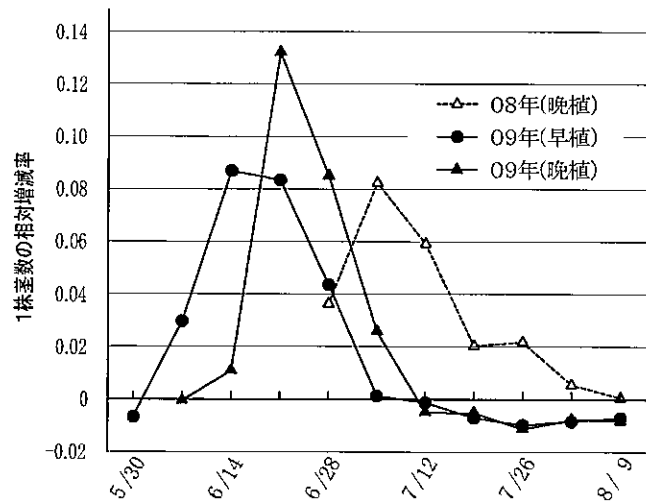


図5 R区 1株茎数の相対増減率の推移

今年度は半月早く(6月後半)見られた。その時期までに日照時間が例年に比べ高い値をとり生長速度が高く生育がやや急速に進んだものと推測された(図5)。

3. 考察

本実験の主な目的の一つはR区がO区よりも収量が少ない原因を究明し、増収を目指すことにある。また、無施肥無農薬栽培作物が施肥栽培のそれより美味であり安全であるのは周知の通りだが、質だけでなく量的な増収も伴う栽培法の確立も目的である。

施肥区は施肥、とくに追肥の効果により収穫時までかなり緑色を濃く残しており、1株茎数も草丈も無施肥区より高い値を取った。土壌からの窒素供給量を表す指針として1株茎数×草丈×SPAD値を示した(図6)が、施肥区と無施肥区(O区ヒノヒカリ)では7月初旬以降に2倍以上の差がある。しかしながら推定収量では20~30%に減少した。そのことから施肥

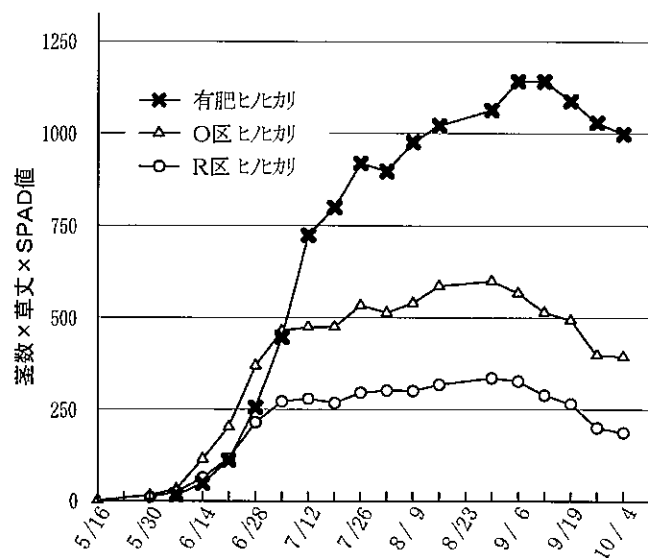


図6 茎数×草丈×SPAD値の推移

区では、無施肥区にくらべ、供給した養分を効率よく収量増加に活用できていないとも考えられる。

また、農林水産省の「作物統計」調べによると、ベニアサヒを用いて無施肥無農薬栽培した1951年当時の日本の平均水稻収量が330kg/10a程度であったが、その後の増産を主眼とした品種改良および施肥技術の改善、により2008年では平均収量が530kg/10a程度に上っている。無施肥無農薬栽培水田において永年自家採種を継続したベニアサヒは、O区で460kg/10aの収穫があり1951年の日本の平均収量より40%程度増収していた。

このことはヒノヒカリや他の品種も無施肥栽培を継続することにより、その地の無施肥栽培に適した遺伝子型に変わり、気候に影響されにくく、しかも少しずつでも増産増収していく可能性も秘めていることも考えられる。

本年もR区はO区に比べ生育量、収量とも大幅に少なかった。R区とO区は水質も気象条件も同じなので、違いは土壌だけのはずである。その移転した土壌が下層土と十分な調和が取れ、小倉の気候風土に適応していない懸念もあったが、昨年度と比べ僅かではあるが相対的には成績が向上した。

本年度の実験ではR区の低収の具体的な要因の究明には至らなかった。今後も新たな視点も加えて実験・調査を継続する必要がある、無施肥無農薬栽培に適した栽培法の探求に努めていきたいと考えている。

無施肥無農薬条件での生産性に関するイネの遺伝子型間変異

松山治樹・本間香貴・桑田光雄・白岩立彦
(京都大学農学研究科)

長期無施肥無農薬水田は、土壌養分の供給ならびに生物的環境において、慣行水田とは異なる。これによく適応する品種の特性も、現在の栽培品種のそれとは異なる可能性が高い。どのようなイネが無施肥無農薬条件に適応しているかを明らかにする目的で、栽培イネの遺伝的変異を可能な限り含んだ実験用品種セットである「世界のイネ・コレクション」ならびに栽培品種の遺伝子の一部を野生イネのものと置換した染色体部分置換系統群を供試し、それらの無施肥無農薬水田における生育・収量を調査した。

材料および方法

基準品種を 8 品種、栽培イネの遺伝的変異を可能な限り含んだ実験用品種セットである「世界のイネ・コアコレクション」(以下、RDRS)を 57 品種、コシヒカリの染色体部分置換系統群(以下 CSSLs)を 130 系統の計 195 系統を用いた。基準品種にはインド型多収品種タカナリ、IR55423-01、B6144-MR-6-0-0、IR72、陸稲在来品種 Mak hin sung、無施肥水田での栽培品種ベニアサヒおよび CSSLs の背景であるコシヒカリとハバタキが含まれる。RDRS に含まれる品種群は *O. sativa* の遺伝的変異を最大限に網羅するように選抜され RFLP マーカーをもとに I1, I2, J の品種群にわかれる。I1 にはアウスを主体とするインディカが 23 品種、I2 には I1 以外のインディカが 22 品種、J にはジャポニカとジャワニカが 12 品種含まれる。また CSSL はコシヒカリの染色体の一部を、野生イネの *O. rufipogon*, *O. nivara* と *O. glaberrima* および栽培品種ハバタキの染色体断片と置換した系統である。

小倉区、栗東区、対照区の 3 つの試験区を設けた。小倉区は宇治市小倉町において無施肥無農薬条件で水稻栽培を 2003 年より継続する水田、栗東区は 1951 年より無施肥無農薬栽培を継続していた栗東町の水田作土を 2006 年に客土された小倉区に隣接する水田であり、小倉区と栗東区は無施肥無農薬条件で栽培した。京都大学農学部附属京都農場において慣行施肥条件で栽培した試験区を対象区とした。

2008 年の 5 月 7 日にペーパーポットに 1 ポット当たり 1 粒を播種した。栗東区および小倉区においては同年 6 月 6 日に栽植密度を 11.1 株/㎡(15cm×30cm)として移植した。対照区においては同じ苗を、同年 5 月 30 日に栽植密度を 22.2 株/㎡(15cm×15cm)として移植した。ただし CSSLs の栽培は行わなかった。

2009 年は 2008 年と同様の方法で 2009 年 4 月 30 日に播種し、栗東区および小倉区においては 5 月 30 日に、対照区においては 5 月 28 日に、ともに栽植密度 22.2 株/㎡として移植した。2009 年においては CSSL についても対照区で実験を行った。

2009 年のみ、RDRS および基準品種を対象にして、対照区は 7 月 9 日、小倉区および栗東区は 7 月 22 日に抜き取り調査を行った。このうち、小倉区においては抜き取り調査時に根の引き抜き抵抗値(Root Pulling Resistance, RPR)の測定を行った。RPR は、Ekanayake ら(1986)の方法をもとに、植物体の地際部を麻ひもで縛り、麻ひもを垂直に引き抜いた際の最大負荷をばねばかりで測定した値を記録した。また、抜き取り個体の試料を対象に、窒素(インドフェノール法)、リン酸(モリブデンブルー法)およびケイ酸(モリブデンブルー法)の各濃度を定量した。ただし、ケイ酸濃度に関しては各試験区 11 品種のみを用いた。

成熟期には各品種 2008 年には 3 株、2009 年には 4 株を刈りし、地上部全乾物重、収量および穂数の調査を行った。ただし、全体の穂の半分が出穂した日を出穂日とし、出穂日の 30 日後を

成熟日とした。

2009 年の栽培終了時には各試験区から土壌を採取し、風乾して 2mm の篩を通したのち、有機物含量(Walkley 法)、可給態窒素含量(リン酸緩衝液抽出法)、リン酸含量(トルオーグ法)、ケイ酸含量(モリブデンブルー法)、カリウム、マグネシウム、カルシウムの各含量(炎光光度法)、および塩基交換容量(インドフェノール法)によりそれぞれ定量した。

結果および考察

1. 土壌条件

各試験区の土壌化学特性を表 1 に示した。無施肥条件下では土壌有機物、有効態リン、ケイ酸、交換性カリウム、交換性カルシウムが低い傾向がみられた。とくに有効態リンが小さくなっていた。栗東区においてはそれらに加えて可給態窒素も低い値を示した。長年無施肥栽培を続けた結果だと思われる。

表 1 各圃場の土壌化学特性.

	土壌有機 物含量(%)	可給態窒素 (mg kg^{-1})	有効態リン (mg kg^{-1})	SiO_2 (mg kg^{-1})	CEC (cmol kg^{-1})	交換性加里 (mg kg^{-1})	交換性苦土 (mg kg^{-1})	交換性石灰 (mg kg^{-1})
対照区	6.06	73.4	417.1	65.9	17.9	168	166	1486
小倉区	3.50	70.7	71.3	46.8	18.3	129	256	872
栗東区	2.34	42.5	29.3	39.7	12.3	125	249	936

2009年の収穫終了時に採取した土壌を供試した。

2. 収量の圃場間差異

基準品種および RDRS について小倉・栗東区の対照区に対する 2 カ年平均収量を、I1, I2, J および基準品種の 4 品種群に分けて図 1 に示した。平均収量は対照区、小倉区、栗東区の順で高くなったが、各条件において収量には著しい品種間差異がみられた。また栗東区または小倉区の収量が対照区のそれを大きく上回っていた品種については、対象区における倒伏による減収が原因だと考えられた。小倉・栗東区で収量が著しく低下した品種は病虫害および鳥害を受けていた。

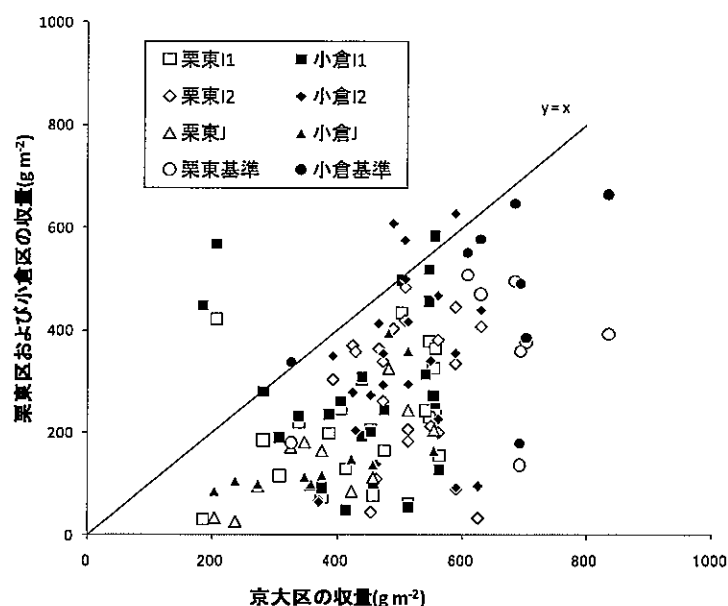


図1. 対照区に対する栗東・小倉区におけるRDRSおよび基準品種の2008, 2009年平均収量

被害を受けている穂が半数以上を占める品種を被害程度大として達観により調査した。被害程度を大とした品種群と小とした品種群のケイ酸濃度を比較したところ、被害大とした品種のケイ酸濃度が低い傾向にあり(表 2)、一般に指摘されている、ケイ酸濃度が高いと病虫害が軽減されるという関係(笹木、1958)がうかがわれた(表 2)。

表2. 病虫害の被害とケイ酸濃度(%)の関係.

	栗東区	小倉区	対照区	全体
虫害小	4.76a	5.12a	4.37a	4.79 a
虫害大	4.39a	4.28b	4.48a	4.37 b

同一列内の同一アルファベット間は5%水準で有意差なし.
生育中期サンプルの中から11品種を分析に供試した.

3. 収量の変動要因

以下、被害程度を大とした品種を除いた 19 品種のみを対象に解析を行った。

3 つの試験区の収量を穂数と一穂粒重から比較した(表 3)。一穂粒重については試験区間の有意差はみられず、穂数が対照区、小倉区、栗東区の順に低下しており、家田ら(2007)が小倉区と栗東区の間で確認した収量低下が主に穂数の減少によるということが、無施肥条件と対照区の間の結果とも一致した。

表3. 収量、一穂粒重、穂数の比較.

	収量(g m^{-2})	一穂粒重(g)	穂数(本 m^{-2})
栗東区	391a	2.21a	180a
小倉区	472b	2.23a	219b
対照区	588c	2.51a	246b

同一列内の同一アルファベット間は5%水準で有意差なし.

表4. 収獲指数、CGR、生育日数の比較.

	収獲指数	CGR($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	生育日数(d)
栗東区	0.43a	9.4a	94a
小倉区	0.43a	12.1b	91a
対照区	0.44a	15.0c	90a

同一列内の同一アルファベット間は5%水準で有意差なし.

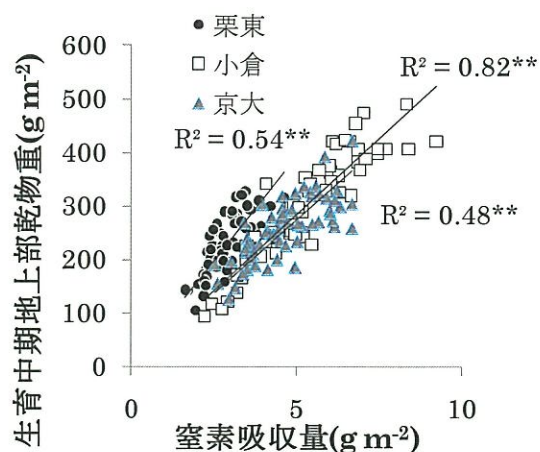


図2. 生育中期地上部乾物重と窒素吸収量.

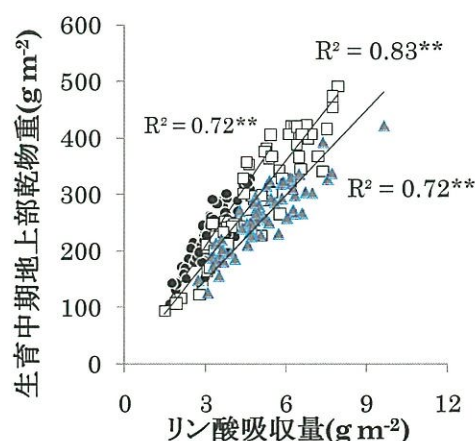


図3. 生育中期地上部乾物重とリン酸吸収量.

三つの試験区の収量を収穫指数、生育日数、個体群成長速度 CGR の三つの要素に分解して解析した(表 4)。収穫指数、生育日数については試験区間で有意差はみられず、小倉・栗東区での収量低下は主に個体群成長速度(CGR)の低下に起因していた。そこで CGR に注目し、CGR の指標として生育中期植物体地上部乾物重を用いて関連形質を解析した。

窒素およびリン酸の吸収量が生育中期植物体の地上部乾物重といずれの試験区においても 0.1%水準の強い相関を示した(図 2, 3)。

窒素およびリン酸の吸収量を、4 品種群の平均値で示した(図 4, 5)。両成分の吸収量は採取時期の違いにより対照区で若干過小評価となっていた。小倉区がどの品種群においても栗東区を上回っていた。対照区においては品種群間の差は小さくなっていたが、無施肥条件では窒素、リン酸ともに J は他の品種群に比べ吸収量を大きく落としていた。

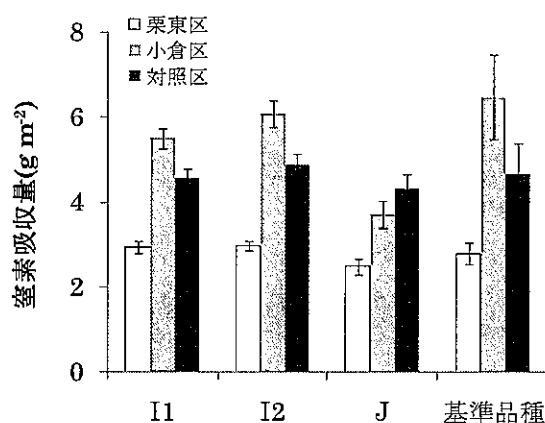


図4. 窒素吸収量の比較。

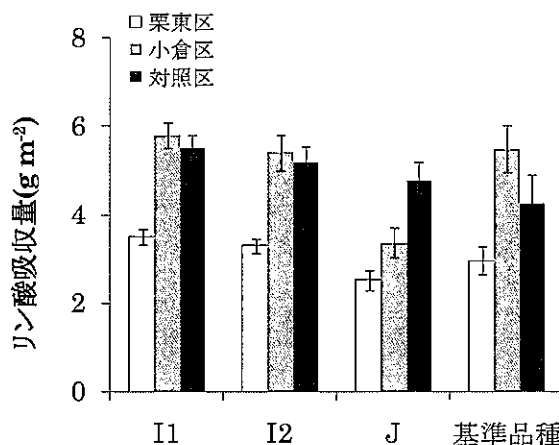


図5. リン酸吸収量の比較。

無施肥無農薬条件での「秋優り」型生育には地下部の発達に関わる可能性が指摘されている(竹内ら, 1979. 奥村, 1988)。そこで、地下部の形質の簡便な測定方法として RPR(Ekanayake et. al., 1985. O'Toole et. al., 1981)を用いた。RPR がリン酸吸収量と強い相関を示した(図 6)。同時に、植物体地上部の乾物重が RPR とリン酸吸収量の両者に強い相関を示した。RPR とリン酸吸収量の直接的な関連性を確認するため、地上部乾物重の影響を除いて RPR とリン酸吸収量との偏相関係数を求めたところ、5%水準で有意であった。RPR で代表される地下部の形質がリン酸吸収量に関わっている可能性が示唆された。

窒素およびリン酸の濃度を比較した(図 7, 8)。試験区間差については、土壌可給態窒素が対照区と小倉区ではほぼ同じ値で栗東区が低い値をとっているのに対応し、植物体の窒素濃度も全品種群で対照区と小倉区がほぼ同じ値を示し、栗東区が低い値を示した。また、土壌リン酸含量が

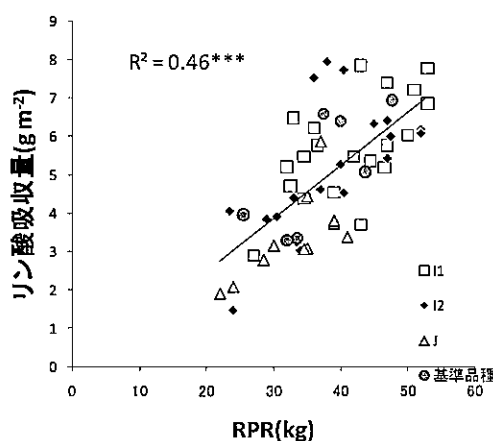


図6. 小倉区のRPRとリン酸吸収量の関係。

対照区、小倉区、栗東区の順で高いのに対応して、植物体のリン酸濃度も全品種群で対照区、小倉区、栗東区の順になった。品種群間差については、栗東区においてはいずれの成分についても有意な差はみられなかったが、小倉区および対照区においては窒素濃度は I1, I2 が低く、リン酸濃度は I2 が低くなっていた。

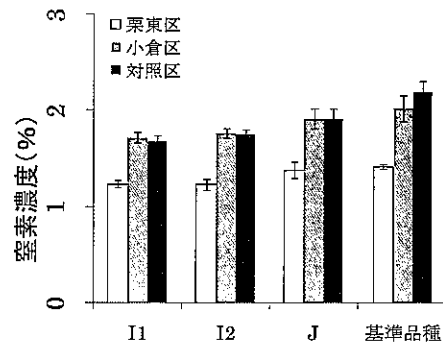


図7. 窒素濃度の比較.

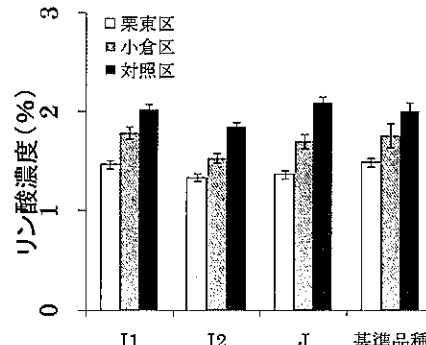


図8. リン酸濃度の比較.

窒素およびリン酸の含有量に比べると、明瞭な品種群間差、品種群と試験区の交互作用はみられなかった。しかし、植物体の窒素・リン酸濃度の成熟期地上部乾物重に対する偏相関係数を、生育期間を考慮に入れて求めたところ、栗東区では窒素濃度が負の相関を示した(表 6)。土壌の可給態窒素が少ない栗東区では低い植物体窒素濃度すなわち高い窒素利用効率が重要であると考えられた。一方で、リン酸濃度と乾物生産量との間には相関はみられなかった。

表5. 生育日数の影響を除外した、生育中期の窒素およびリン酸濃度と成熟期の地上部乾物重の偏相関係数

	栗東区	小倉区	対照区
生育中期地上部窒素濃度(%)	-0.62*	-0.13ns	-0.32ns
生育中期地上部リン酸濃度(%)	-0.06ns	-0.18ns	0.27ns

病虫害および鳥害を受けた品種は除外した

生育期間の長さの違いによる影響を取り除いた。

4. 遺伝資源としての野生イネの評価

一方、遺伝資源の評価として収穫期の地上部乾物重、収量およびCGRについてCSSLsも含めて評価したところ、RDRSではI2に分類される品種に高い収量を示す品種が多くみられた。また、高い乾物生産性を持つ系統がCSSLsの中にもみられ、野生イネの遺伝資源の有用性が示唆された(表 7)。2008年においては特に *O. rufipogon* のCSSLsが、2009年においては *O. nivara* のCSSLsが高い乾物生産性を示した。

表6. 2009年の栗東区と小倉区の平均値に基づく成熟期地上部乾物重(1)、収量(2)およびCGR(3)の順位

項目	順位	品種・系統名	備考
項目(1)	1	Padi Kuning	RDRS(I2). インドネシア原産
	2	R16	CSSL(<i>O. rufipogon</i>)
	3	Bei Khe	RDRS(I2). カンボジア原産
	4	N09	CSSL(<i>O. nivara</i>)
	5	N07	CSSL(<i>O. nivara</i>)
項目(2)	1	B6144	基準品種(インディカの改良陸稲)
	2	IR72	基準品種(インディカの改良水稲)
	3	Puluik Arang	RDRS(I2). インドネシア原産
	4	R16	CSSL(<i>O. rufipogon</i>)
	5	Naba	RDRS(I2). インド原産
項目(3)	1	N07	CSSL(<i>O. nivara</i>)
	2	Padi Kuning	RDRS(I2). インドネシア原産
	3	R16	CSSL(<i>O. rufipogon</i>)
	4	R11	CSSL(<i>O. rufipogon</i>)
	5	N01	CSSL(<i>O. nivara</i>)

6. 結論

慣行条件に対する無施肥条件での収量の低下は主に穂数および CGR の低下に由来し、一穂
籾重、生育日数および収穫指数には大きな変化はみられなかった。無施肥条件において生産性
を維持するには、土壌からの供給量の小さい窒素もしくはリン酸の吸収量と利用効率がともに重要
であった。I2 に分類される品種群に窒素およびリン酸の吸収量とその利用効率の高い品種が多く
みられた。また、リン酸吸収量評価の指標として RPR が有用である可能性が示唆された。

引用文献

- Ekanayake, I. J., Garrity, D. P and O'Toole, J. C, 1986. Influence of deep root density on root
pulling resistance in rice. *Crop science* 26: 1181-1186
- Ekanayake, I. J., Garrity, D. P., Masajo, T. M and O'Toole, J.C, 1985. Root pulling Resistance in
rice: inheritance and association with drought tolerance. *Euphytica* 34: 905-913
- 家田善太・小林正幸・竹内史郎 2008, 小倉水田における 2008 年の水稻栽培試験.
<http://www.muhiiken.or.jp/t/hokoku/08/08-ieda.pdf>
- 川村三郎・中島照夫 1979, 長期無施肥水田土壌における二三の植物養分の動態について. 近畿
大学農学部紀要 12:157-169
- 小林正幸 2008, 異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の推定玄米重の経年変化について.
<http://www.muhiiken.or.jp/t/hokoku/08/08-kobayashi.pdf>
- Kojima, Y., K. Ebana, S. Fukuoka, T. Nagamine and M. Kawase, 2005. Development of an
RFLP-based rice Diversity research set of germplasm, *Breeding Science*. 55: 431-440
- 奥村俊勝 1988, 水稻の栄養窒素の動態から見た無施肥田と施肥田の比較栽培学的研究. 京都
大学大学院農学研究科博士論文
- O'Toole, J. C and Soemartono, 1981. Evaluation of a simple technique for characterizing rice root
systems in relation to drought resistance. *Euphytica* 30: 283-290
- 笹木馨 1958, 水稻珪酸と害虫. 日本応用昆虫学会誌 2: 88-92
- 史秀華・浮田正夫・樋口隆哉・今井剛・関根雅彦 2002, 面積負荷としての土壌の富栄養化ポテン
シャルに関する研究. 水環境学会誌 25:112-118
- 竹内史郎・奥村俊勝・長谷川浩 1979, 無施肥田と施肥田における水稻の生育反応の差異. 近畿
大学農学部紀要 12: 135-140
- 柘植利久・松本貞義 1979, 水稻の長期無施肥栽培田の土壌に関する知見. 近畿大学農学部紀
要 12: 171-188

除草回数の違いが水稻の生育・収量に及ぼす影響

報告者 丸田信宏・竹内史郎（NPO 無肥研）

水田稲作において、稲の生育に影響を及ぼす要因は、育苗条件、日照時間、灌水状況、品種など様々考えられる。無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培）においては、施肥・農薬による病虫害防除などの管理を行わないため、除草を行うことが稲の生育に大きく影響する。この調査は、京都府亀岡市にある無施肥栽培を 1993 年から続けている水田と、隣接する本年度より無施肥栽培を始めた水田で除草回数が水稻の生育に及ぼす影響を調査した。

1、栽培概要

品 種	秋の詩
播 種	3 月 22 日にポット育苗箱に、1 ポットあたり 3 粒ずつ播種
育 苗	水田苗代で育苗（4 月 29 日まで保護育苗）
移 植	5 月 20 日に機械植えて田植え
雑草管理	機械除草（回数は下の試験概要参照）
水 管 理	収穫半月前まで常時湛水状態を維持
収 穫	10 月 1 日にコンバインによる収穫

2、試験概要

試験区は、両水田とも下記の 4 区とし、その他の管理は、上記の概要どおりに行った。除草はスクリュースで稲の下から土を掻きあげ、雑草を浮かせる動力式歩行型除草機を使用して行った。計測は、下図のように定めた各区の連続する 10 株について、1 株茎数・草丈・最上位葉の SPAD 値（単位葉面積当たり葉緑素量に比例する数値）を 2 週間毎におこなった。またそれぞれの区内で、下図に示す 1 m² から各除草時に、該当除草区内（2 反復）に生えている全ての雑草を採取し、種類と量を調査した。さらに収穫後、生育調査株の 1 株茎数、稈長、穂長、穂重、などを測定した。

① 試験区（4区3連制）

○は除草実施

×は除草なし

A区 5回除草
B区 4回除草
C区 3回除草
D区 0回除草

区	除草日				
	5/30	6/9	6/19	6/29	7/9
A	○	○	○	○	○
B	○	○	×	○	○
C	○	×	○	×	○
D	×	×	×	×	×

② 土壌の違い（2種類）

連作水田（K1） 無施肥栽培 17年目の水田

初年水田（K2） 無施肥栽培初年の水田

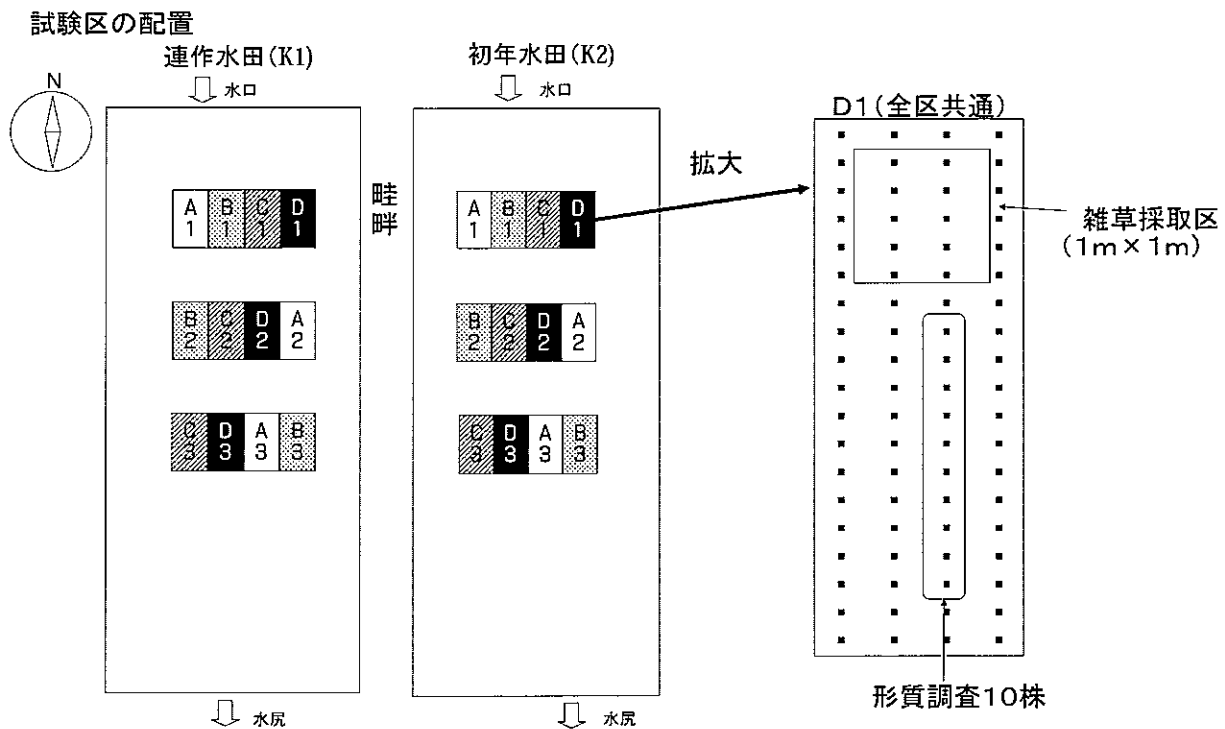


図1: 試験区の配置と1試験区の拡大図

3、 試験結果

① 除草回数の違い

1 株当たり有効茎数（図 2）をみて見ると、連作水田 K1 では一定の傾向は認められなかった。初年水田 K2 では、ABC 区間に大差はないが、ABC 3 区と D 区ではやや差が大きかった。

単位面積当たりの全乾物重に及ぼす除草回数の影響（図 3）では、K1 水田においても、K2 水田においても一定の傾向は認められなかった。

単位面積当たりの穂重に及ぼす除草回数の影響（図 4）では、K1 水田では一定の傾向は認められなかった。K2 水田では、AB 2 区と C 区 D 区ではその差がやや大きかった。このことは、単位面積当たりの推定収量に及ぼす除草回数の影響（図 5）についても同じことがいえた。K1 水田では、無除草区（D 区）は、単位面積当たり穂重が少なく、推定収量も少ない傾向が見られた。

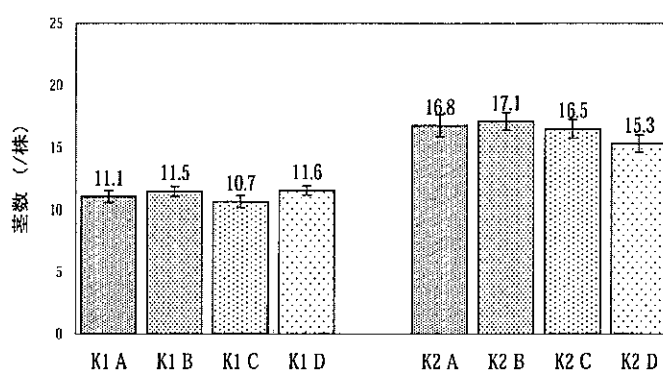


図2: 1株当たり有効茎数に及ぼす除草回数の影響

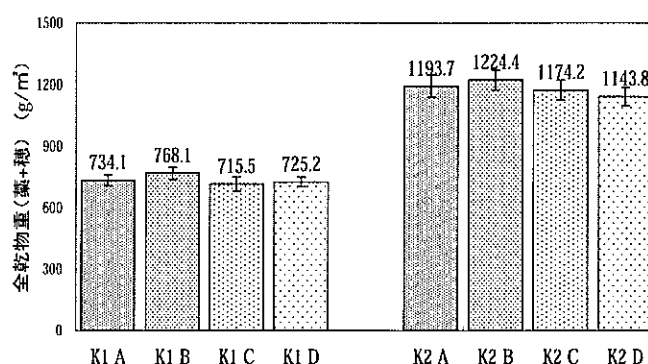


図3: 単位面積当の全乾物重に及ぼす除草回数の影響

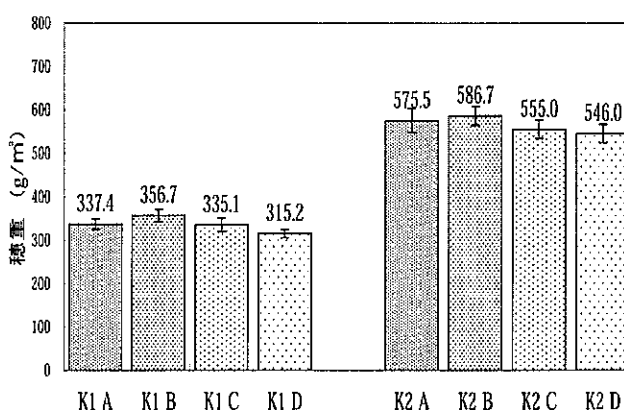


図4: 単位面積当たり穂重に及ぼす除草回数の影響

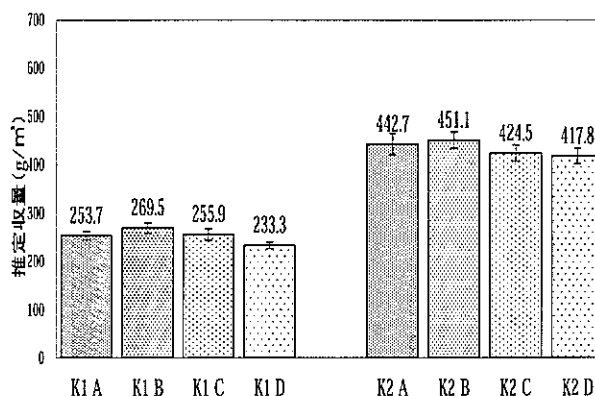


図5: 単位面積当たりの推定収量に及ぼす除草回数の影響

次に、稲の生長について考えてみる。K1 水田の 1 株茎数の推移（図 6）では、最終的な茎数は除草回数との関係性は認められなかった。しかし、第 3 回の除草日以降、K1 においては B 区と D 区の茎数は A 区と C 区よりも増加率が高い。B 区と D 区に共通して言えることは、両区とも第 3 回の除草日に除草を行わなかったことである。第 3 回の除草日あたりは、K1 水田の稲の分けつ最盛期にあたっている。このことから、この時期に行った除草が稲の根を傷めるなど、稲の生育に悪影響を与えたと考えられる。

しかし、同じことは K2 水田にはあてはまらない（図 7）。

② 土壌の違い

K1 水田と K2 水田の大きな違いは収量の差である。K1 と K2 は畔ひとつ挟んで隣同士にあり、同じ水を使っていることから、土壌の違いがこの差を生んだと考えられる。昨年まで施肥などを行ってきた K2 水田に

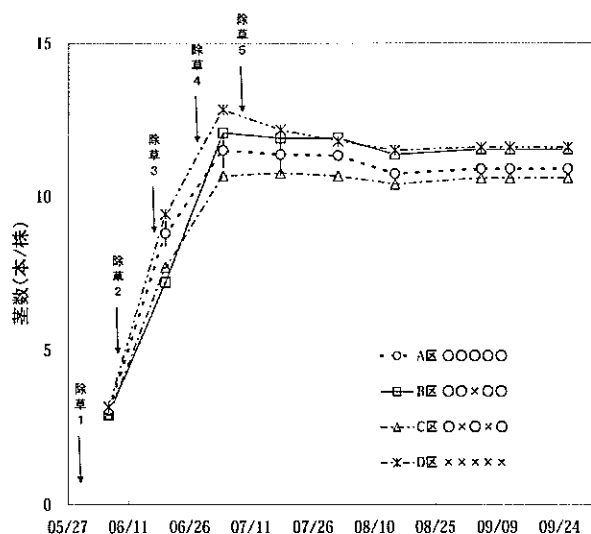


図6 K1水田における1株茎数の推移

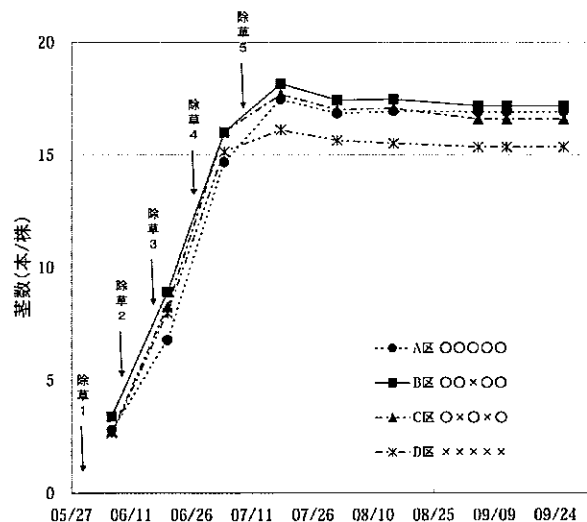


図7 K2水田における1株茎数の推移

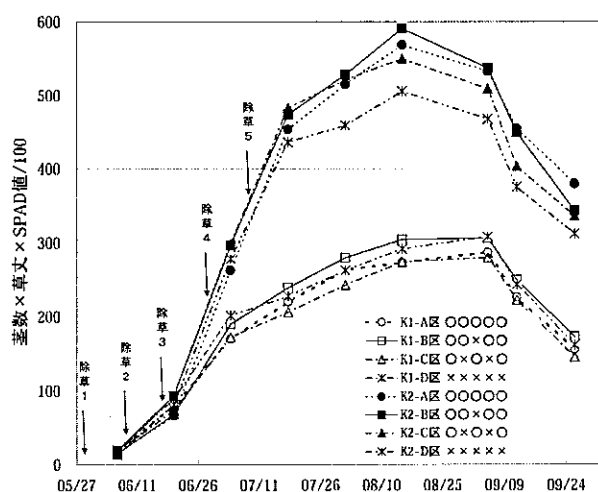


図8 1株茎数×草丈(cm)×SPAD値/100

は、まだ施肥養分などが残っていると思われる。窒素供給量を表す指針として1株茎数×草丈×SPAD値を示した(図8)では、値はK2の方が高いが、K1の方がより長く生長し続けたと読み取ることができる。

4、 考察

除草の回数と収量との関係はハッキリしたことが言えなかったが、稲の生長の様子から除草の時期を考えていくことは重要であると考えられた。同時に、稲を傷めない除草の方法であることも大切である。また、除草回数が収量に及ぼす影響は、K1ではABC区では差

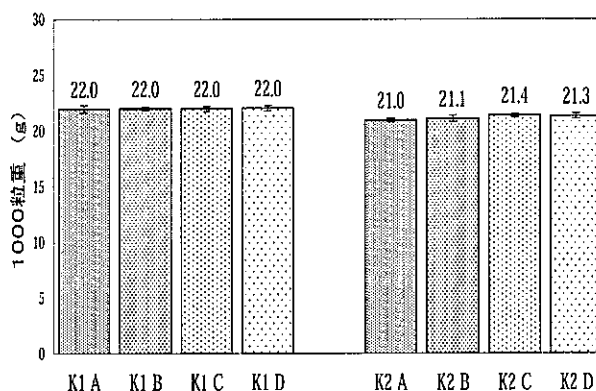


図9:1000粒重(g)に及ぼす除草回数の影響

が小さく、K2においてもAB区で差が小さかった。このことから、除草の労力と収量を考えれば、除草回数は5回ではなく、4回か3回程度で十分だと思われる。米の質に関しても、1000粒重(図9)で比較してみるとほとんど差はないので、問題ないと思われる。

亀岡水田は山間地の気候条件にあり、去年の夏の日照時間が短かったことが平野部よりも大きく影響し、収量が思ったように上らなかった。日照時間が確保され、生育条件が整った時には、除草の効果はさらに表れると考えられるが、それは今後の調査で検証していきたい。

なお、連作水田の絶対収量が少なかったことは、天候の影響のほかに、イナゴによる食害が考えられる。連作水田は、初年水田よりもイナゴによる被害が大きかったように思われる。今後は、どのように防除していくかも検討していかなければならない。

平成 22 年 3 月 14 日

京都府亀岡市稗田町の無施肥無農薬田における

除草回数と雑草量について

報告者

近畿大学農学部 芦田 馨

はじめに

本年度は、京都府亀岡市稗田町における無施肥無農薬田、17 年継続 (K-1 水田) と初年度 (K-2 水田) の 2 つの水田での除草回数と雑草量および雑草種についての調査を行った。なお、除草などの現場の作業については、全て NPO 無施肥無農薬栽培法調査研究会の方々によって、実施していただきました。

調査方法

調査区は、除草回数の違いによって、次の 4 区を設定した。

A 区：田植え終了後 10 日目から 10 日毎に 5 回。

B 区：田植え終了後 10 日目、20 日目、40 日目、50 日目 4 回。

C 区：田植え終了後 10 日目、30 日目、50 日目の 3 回。

D 区：田植え終了後 50 日目の 1 回 (無除草区)。

田植えは、5 月 20 日に行われた。除草区の模式図は、図-1 に示した。

試験区

	A 区	B 区	C 区	D 区
5月30日	○	○	○	×
6月9日	○	○	×	×
6月19日	○	×	○	×
6月29日	○	○	×	×
7月9日	○	○	○	○

図-1 除草試験区の模式図

除草方法は、該当除草区内の 1 m × 1 m (2 反復) に生えている全ての雑草を引き抜き、水洗い、生重の測定後、近畿大学農学部に送付していただきました。到着後、雑草を種類別に分け、各種類別の生重を測定した。その後、65℃ 48 時間、通風乾燥機にて乾重を測定した。

結 果

K-1 水田、K-2 水田における雑草量の生重の推移を図-2、図-3 に示した。乾重の図は、生重とほぼ同じ傾向を示したために省略した。各除草日とも K-1 水田の雑草量が多い傾向を示した。無除草の D 区の K-1 水田が

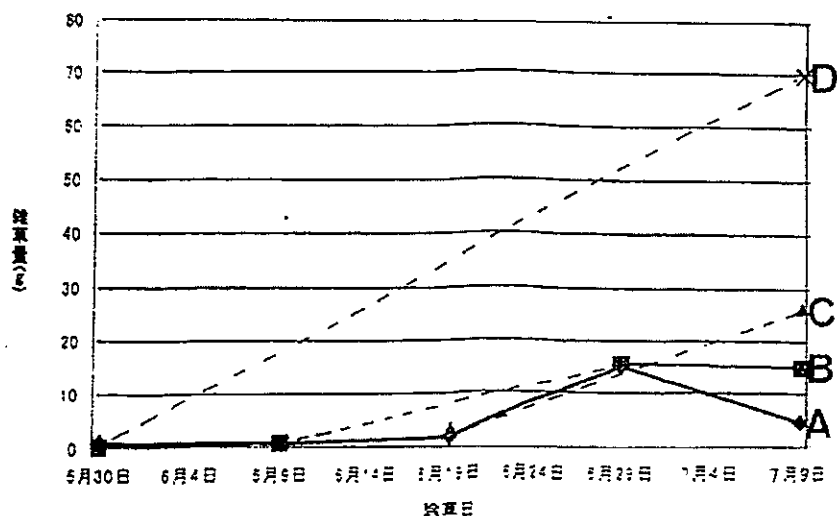


図-2 K-1水田の各除草日における生重雑草量

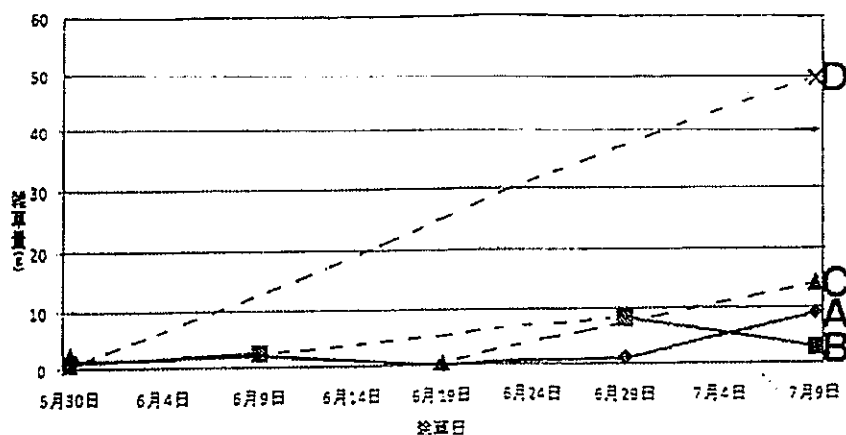


図-3 K-2水田の各除草日における生重雑草量

69.8g/m²、K・2水田が 49.0g/m² と最も多くなった。最終除草日には、K・1水田で D>C>B>A、K・2で D>C>A>B となり、どちらの水田でもほぼ同じ傾向であった。これらの結果より田植え後に、A 区の毎 10 日の除草でなく、B 区の 30 日を除いた前後 4 回か、C 区の飛び飛びの 3 回が、稲の生育や収量に影響がなければ、少しでも労働の軽減になるのではないかと考えられた。ただし、今回の 1 年だけの調査で結果を出すのは、早計の感もある。

次に 50 日間の除草での、雑草量の総重量は、図・4 に示した。この図からも B、C 区の K・1 水田が約 31.0g/m²、K・2 水田が約 16.5g/m² であった。この事から B 区または C 区での除草方法も考えられた。また、雑草量は、17 年継続の K・1 水田が K・2 水田よりも約 1.5 倍も多く除草された。

表・1 に雑草の発生種類数を示した。K・1 水田は平均 12.0 種、K・2 水田は 16.8 種と 29% も多く発生していた。総発生本数は、K・1 水田が 22 種、K・2 水田が 34 種であった。調査期間中に K・1 水田の全ての区で見られた

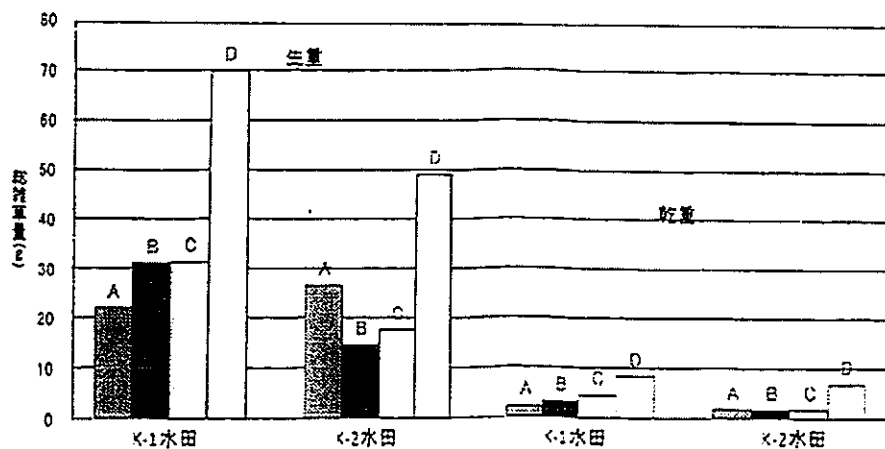


図-4 各試験区の総乾草量

表-1 雑草の発生種類数

	A区	B区	C区	D区	平均	総種類数
K-1水田	14	12	13	9	12.0	22
K-2水田	17	20	20	10	16.8	34

種は、クログワイ、コナギ、マツバイ、ウキクサの 4 種であった。また、K-2 水田では、タイヌビエ、アゼナ、チョウジタデ、シャジクモの 5 種が見られ、特にタイヌビエが多く発生していた。水田雑草以外が K-1 水田では 5 種、K-2 水田では 12 種と倍以上の出現であった。この事は、初年度の K-2 水田においては、今までの慣行栽培時に土壤中に多くの埋土種子が蓄えられたのではないかと考えられた。

謝 辞

今回の調査では、NPO 無施肥無農薬栽培法調査研究会の皆様除草作業や水洗、送付など、いろいろとご協力をいただきました事に、深く感謝致します。

無施肥無農薬栽培水田、小倉・野洲の土壌分析

近畿大学農学部応用生命化学科 森本正則

小倉と野洲の無施肥無農薬栽培水田土壌の無機成分の定量ならびに全炭素全窒素定量を実施し、無施肥無農薬栽培における水田土壌に関する知見を得ることを目的とした。さらに対象土壌についての有害金属分析も併せて実施した。

〔材料・方法〕

NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会より採集、提供いただいた用水は、フィルターで浮遊物を除去後、イオンクトマトグラフィー（PIA1000, 島津製作所製）を使用したイオン分析を行った。水田土壌は、正確に 3g 秤量後、0.1 N 塩酸-超純水 30 ml を加え 27 度、135 rpm で 24 時間振盪抽出を行った。抽出試料は、ろ紙を用いて自然濾過し、それらを 10 倍（マグネシウム：Mg, ケイ素：Si, 鉄：Fe）有害金属測定には抽出液を無希釈（ヒ素：As, 水銀：Hg, 銅：Cu, カドミウム：Cd）で、プラズマ発光分析装置（ICPS-7500, 島津製作所製）を用いて測定した。土壌中の全炭素（TC）全窒素（TN）は、200mg 程度の土壌試料を CN コーダー（SUMIGRAPH NC-22A, 住化分析センター）に導入し、その重量パーセントを測定した。

〔結果・考察〕

各水田に関わる灌漑用水のイオン分析では、特に目立つ肥料成分は認められなかった。栗東水路の用水では、ナトリウム（Na⁺）、塩素（Cl⁻）硫酸（SO₄²⁻）イオン濃度が高かった（表 1）。これは生活用水（上水）などの混和が考えられる。

表 1 各水田の灌漑水のイオン濃度（ppm）

	小倉水路①	小倉水路②	栗東水路	野洲水路
Na ⁺	9.3	8.7	20.6	9.0
K ⁺	2.1	2.0	3.1	2.7
Mg ⁺⁺	2.6	2.7	3.5	1.9
Ca ⁺⁺	14.5	15.0	18.3	17.9
Cl ⁻	10.4	10.5	25.8	6.8
NO ₃	---	0.8	2.0	0.8
SO ₄	9.9	10.7	15.8	9.1

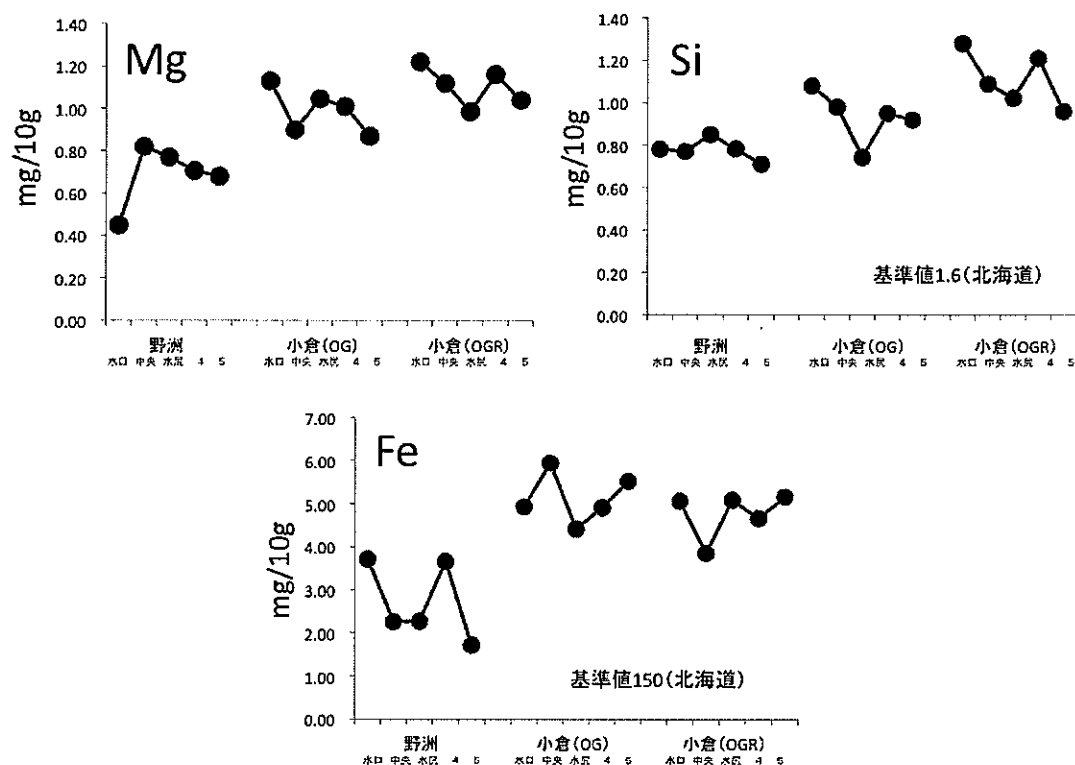


図1 水田土壌中の無機成分量の比較

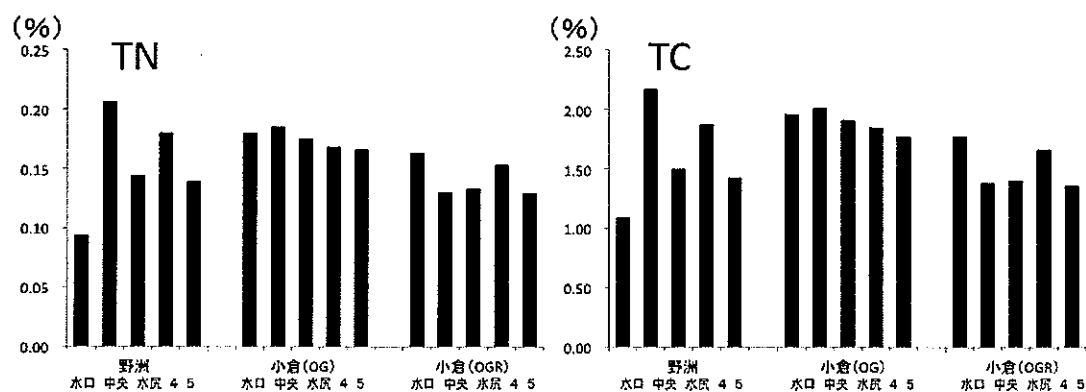


図2 水田土壌中の全窒素・全炭素量の比較

ICP 分析から供試土壌中のヒ素、水銀、銅、カドミウムは、環境基準以下であった。また、水田土壌中のマグネシウム、ケイ素量は各水田で異なり、野洲が最も少なく、小倉（OG）、小倉（OGR）の順となった。イネの生長や草姿さら

には倒伏防止に関わるケイ酸量は、慣行水田の存在量よりも若干少ないが、大きく欠乏しているとも考えにくい。一方で、今回分析した試料においては、検出された鉄分は少量であった。この様に水田土壌の可溶性鉄量が少ないことからイネ生長への影響も考えられる。しかし、植物自身の作る有機酸の分泌や微生物の作用（シデロフォアの生産）によって不溶性の鉄をイネが吸収可能にすることも知られていることから、その様な環境であれば良好な生育を維持できると考えられる。3種の無機成分は共に、野洲の水田で少なく、小倉（OGR）で比較的多かった。

水田の全窒素（TN）・全炭素量（TC）は、その水田の有機物量含有の目安になると考えた。全く有機物のない土壌であれば、これらの値は限りなくゼロに近づくはずである。しかし、肥料の投入がなくとも作物の植栽や水田環境に生息する生き物に由来する炭素窒素があることから、ある程度の数値が予想された。結果、慣行の水田よりも低値ではあるものの、それほど大きく低下せず。この状態で、単純に全炭素全窒素量からは、通常の水田（TN:0.2 %前後、TC:2.0 %前後）同様の土壌環境であると言える。実際は十分な窒素含有量であってもそのほとんどが有機体窒素である場合、直接イネが利用できる窒素として機能するわけではない。3箇所の水田土壌を比較すると野洲の土壌で、これらの数値は低値であるが、各水田、採集地で大きな差は認められなかった。

今回の調査では、3つの水田土壌に大きな差は認められなかった。これは一般的に言われることであるが、自然、人為に関わらず農地に投入された物質は畑地で停滞、蓄積しやすいが、水田のように水の出入りが多い農地においては、その物質が移動。流亡しやすい。今回もその様な要因によって大きな差が認められなかったのではないかと考えられる。

自家採種トマトの無施肥無農薬栽培

とくにマルチ処理および側芽の切除処理が生育と収量におよぼす影響

森 誠（無肥研）・水谷 信雄（元近畿大学）

1 はじめに

本試験は京都市山科区日ノ岡にある日ノ岡試験圃場で行ったが、同圃場は 1972 年 10 月より無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培とする）を継続して、37 年目（2009 年）になる。本試験圃場においては、これまでトマト・キュウリ・ナス・トウガラシなどについて、それらの生育や収量、品質などの調査を行ってきた（1997～1999）。またトマトの生育については気孔との係わり（2001）、トマト・キュウリ・ナスの花粉の調査（2003）、トマト・キュウリの収量調査（2004）、トマトの紙マルチ処理などによる 5 段階摘芯栽培と無摘芯栽培の比較調査（2006）、トマトのマルチ処理（紙・藁）の有無および自家採種と市販種との比較（2007 および 2008）の調査を行ってきた。本年は 2007、2008 年の調査を継続し、自家採種のトマトを用い、マルチ処理および、側芽の切除処理を行わないことが個体あたり葉面積の増加をとおして、生育と収量にどのような影響を比較した。これらの調査は自家採種トマトの無施肥栽培に適した栽培法を確立する研究の一環として行ったものである。

2 実験材料及び方法

実験には 2006 年より自家採種を続けているトマト（品種：タキイ桃太郎 T-93）を用いた。2008 年の調査結果よりトマトの無施肥栽培には、自家採種を継続しているトマトの方が市販種よりも、収量と品質において、適していることが示唆されていたので、本年は自家採種した種子を用いた。2009 年 1 月 30 日に苗床（ビニールハウス内にビニールトンネルをして夜間はさらにその上に遮光保温シートで覆った。地表下 10 cm に電熱線を張り昼 30℃夜 20℃で温度管理した）に播種し、3 月 5 日（本葉 4 葉時）にビニールカップに移植し同じ苗床で育苗した。A ハウス（縦 12.4m、横 4.3m、高さ 2.7m）、B ハウス（縦 9.0m、横 4.5m、高さ 2.0m）2 棟のビニールハウスに 4 月 9 日（第 1 花房開花期）に定植した。

マルチ処理実験は A ハウスを用い、ハウス内の並列した畝（各 1.0m×11.6m）に株

間 50cm、条間 60 cm でトマトの苗を 1 条あたり 18 本で 2 条植えにした。また二畝のうち一方の畝は紙マルチ処理を行い、もう一方の畝は無マルチとした。なお図 1 に示したようにそれぞれの区から 9 株ずつを選んで調査対象株 (●) とした。

側芽切除処理は B ハウスを用い、ハウス内の並列した畝 (各 1.0m×7.4m) に株間 50cm、条間 60 cm でトマトの苗を 1 条あたり 15 本で 2 条植えし、両畝とも稲藁マルチ処理を行った。また畝の一方は無側枝区とし側芽が発生すると全て切除し、もう一方の畝の苗は側芽が発生しても切除しないで栽培した。なお図 1 に示したようにそれぞれの区から 7 株ずつを選んで調査対象株 (●) とした。

それぞれの調査株については草丈、葉数 (有側枝区は主茎から出た葉数のみ計測)、SPAD 値 (下方から 5 葉毎に葉の先端部を測定) を 5 月 6 日 (定植後 27 日目) から 8 月 5 日 (調査対象株が半数以上枯死し収穫物がなくなった時期) まで概ね 1 週間ごとに測定した。

収量 (各区に定植した全株から収穫した果実の個数と重量を計測し着果花房と形状を記録した)、糖度 (各調査株の初収穫物についてそれぞれの果実の上段・中段・下段に注射針を挿入し、吸い出した果汁をそれぞれ糖度計で測り、一果毎に平均した値)、および調査株からの全収穫物の果径 (縦径×横径) を測定した。なお調査株の花房毎の開花日、枯死の日時と状況、ハウス内の気温と地温なども記録した。

3 実験結果および考察

マルチ処理実験

5 月 6 日 (定植後 28 日目) の第 1 回目の測定時には無マルチ区の草丈が 67.7 cm、葉数が 16.2 枚に対し、紙マルチ区の草丈が 60.3 cm、葉数が 15.4 枚と無マルチ区で生育が優っていた (図 2-1 および図 2-2)。草丈の伸長については、この傾向は 6 月上旬まで

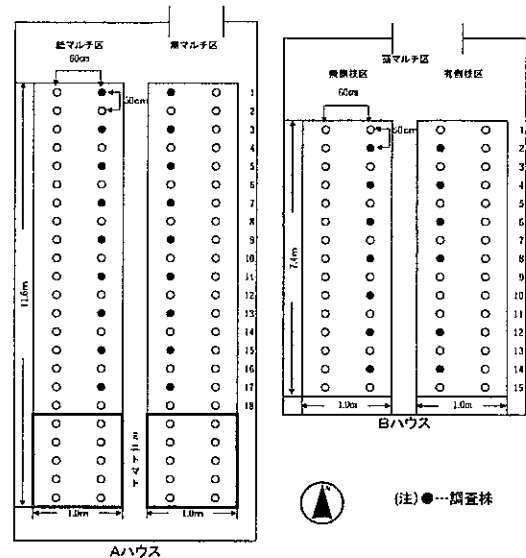


図 1 試験区および各区調査株配置

続いたが、その後は両区の差が徐々に縮まり、6月18日（定植後70日目）では無マルチ区が142.4 cmに対して、紙マルチ区が140.4 cmとほぼ同じになっていた。そしてそれ以後、調査終了時までには両区に生育の差は見られなかった。一方、葉数は6月24日（定植後76日目）には紙マルチ区が28.1枚であったのに対して、無マルチ区は26.2枚と紙マルチ区が多く、その傾向は調査終了時まで続いた。

日時別 SPAD 値は、5月から6月迄は無マルチ区が紙マルチ区よりも高いが、7月になると紙マルチ区が無マルチ区より高くなった（図2-3）。また、最上位葉では6月以降、紙マルチ区が無マルチ区よりも高くなった。葉位別 SPAD 値は、第5葉では無マルチ区が紙マルチ区より高かったが、第15葉では6月中旬以降、紙マルチ区が無マルチ区より高くなっていた（図2-4）。このことは、紙マルチ区の上位花房で無マルチ区よりも収量が多かった要因の一つとも思われた。

7月に入ると枯死する株が出始め、中旬には無マルチ区で多くの枯死株が見られた（図2-5）。これはハウス内の日中の気温が7月以降、30℃以上になり、さらに地温も無マルチ区では25℃に上がったことが影響しているものと思われた。

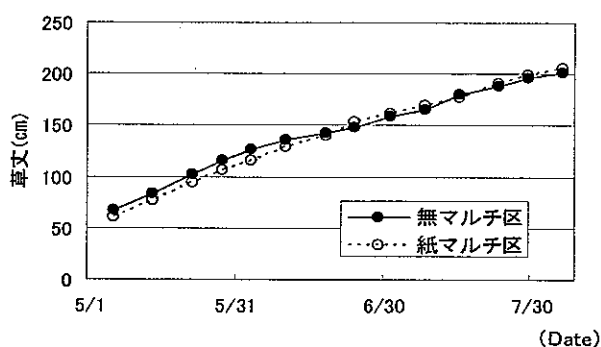


図2-1 マルチの有無による均草丈の推移

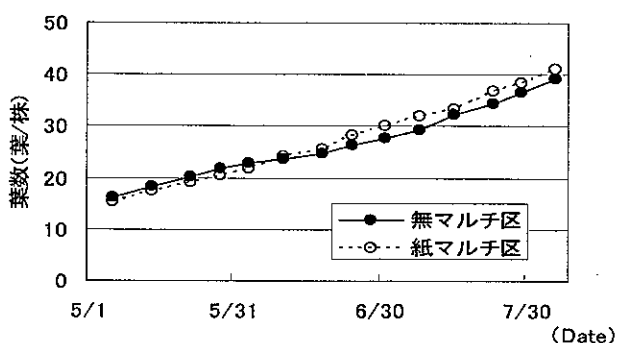


図2-2 マルチの有無による平均葉数の推移

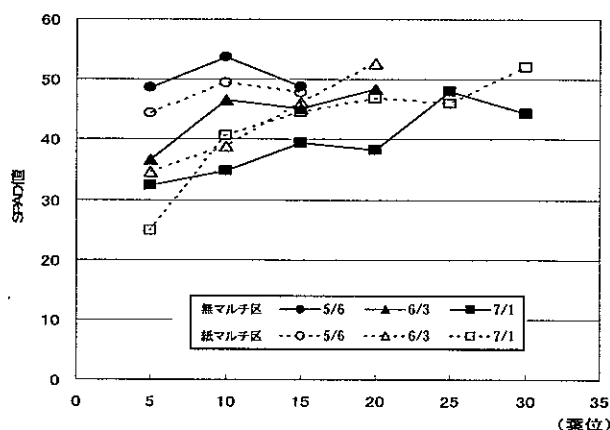


図2-3 マルチの有無による日時別SPAD値の推移

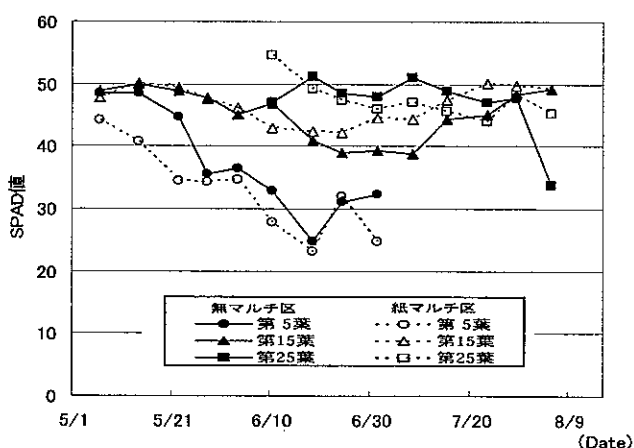


図2-4 マルチの有無による葉位別 SPAD 値の推移

なお紙マルチ区ではマルチによる地温の抑制効果により日中の最高地温は 23℃であった。

総収穫量は無マルチ区が 198 果 (17.3 kg)、紙マルチ区は 168 果 (15.3 kg) であり、紙マルチ区が 15%少なかった。花房別

に見ると、第 1 花房から第 4 花房までの収穫量は、無マルチ区が 175 果 (15.8 kg)、紙マルチ区は 130 果 (11.9 kg) となり、この部位の収量が無マルチ区では全収穫量の約 88%であったのに対して、紙マルチ区は約 77%であった(図 2-6 および図 2-7)。これはおおむね 7 月中旬ま

での収量(図 2-8)と等しく、無マルチ区の 7 月までの生育が紙マルチ区のそれよりも良かった結果である(図 2-3 および図 2-4)と思われる。しかし紙マルチ区は 7 月以降においても無マルチ区よりも活発な生育を続けるので、第 5 花房から第 7 花房の収穫量は無マルチ区が 23 果 (1.4 kg) で全収穫量の約 13%、紙マルチ区では 37 果 (3.4 kg) で約 28%になり紙マルチ区が上回っていた。

これらから増収するためには、紙マルチ区では 7 月までの生育を促進させる方法を検討する必要がある、また無マルチ区では 7 月以降の生育を継続させ、枯死株を減らす方法を検討する必要があることが示唆された。

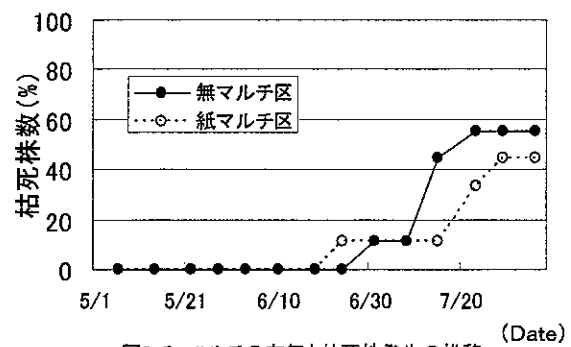


図2-5 マルチの有無と枯死株発生率の推移

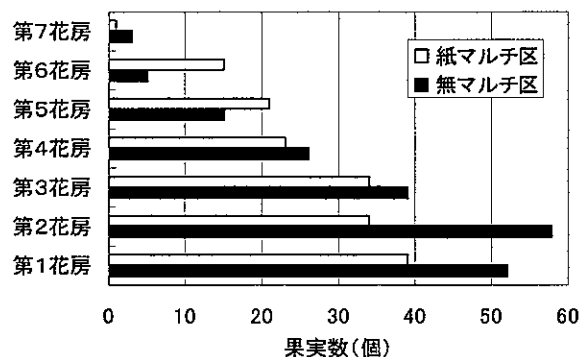


図2-6 マルチの有無別にみた収量個数

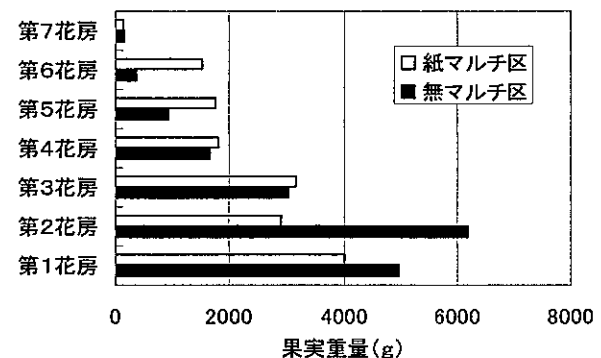


図2-7 マルチの有無別にみた収穫重量

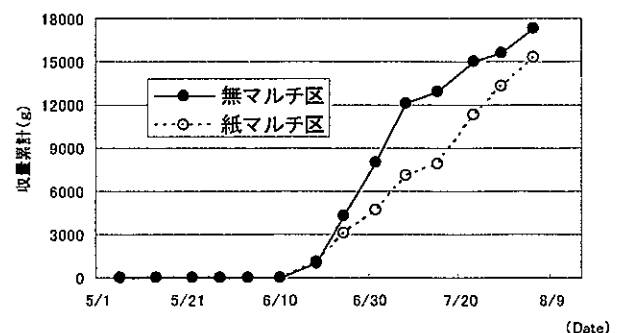


図2-8 マルチの有無別にみた収量累計の推移

側芽の切除処理実験

無側枝区、有側枝区の両区では生育に大きな差は認められず、7月中旬の無側枝区の草丈は153.6 cm、葉数が32枚に対して、有側枝区では、それぞれ155.9 cm、32枚であった（図3-1および図3-2）。また枯死株の推移（図3-3）を見ると、7月中旬以降に有側枝区で枯死株が多く見られ、無側枝区では7月下旬から枯死株が発生した。

日時別のSPAD値（図3-4）は両区とも第5葉を除いて、ほぼ同様の値であった。第5葉では、6月のSPAD値が有側枝区より無側枝区の方が高く、7月には逆に有側枝区が無側枝区よりも高くなっていた。葉位別のSPAD値（図3-5）をみると無側枝区では生育後半に有側枝区よりも高い値を示していた。これは無側枝区における枯死株の発生遅延や7月以降に有側枝区で収量が7月以降に減少（図3-6）した要因となったのではないかと考えられた。

総収量は無側枝区が122果（10.0 kg）、有側枝区は101果（8.1 kg）と有側枝区が無側枝区よりも17%少なかった。また花房別にみると、無側枝区では第1花房から第4花房まで、上位に行くほど収量が多くなったのに対して、有側枝区では

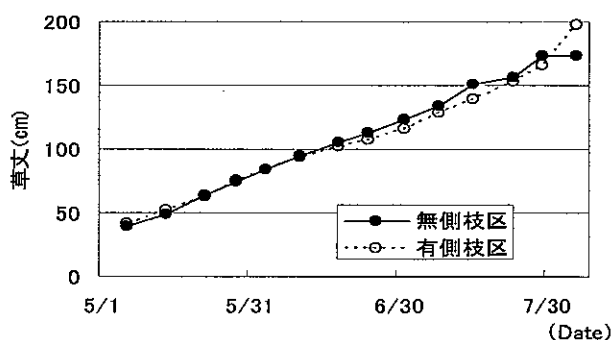


図3-1 側芽の有無による平均草丈の推移

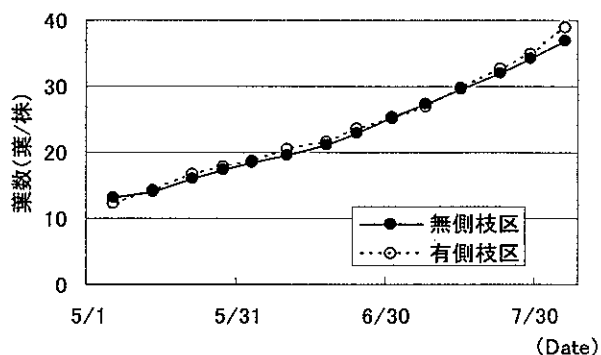


図3-2 側芽の有無による平均葉数の推移

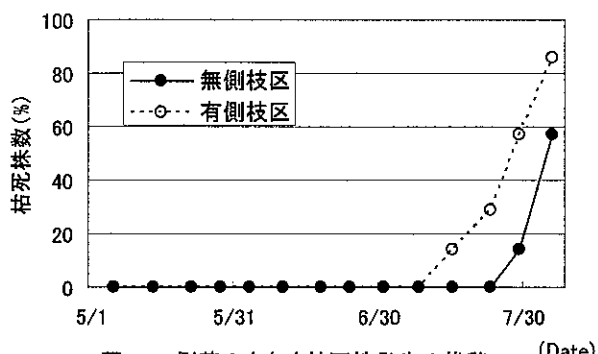


図3-3 側芽の有無と枯死株発生の推移

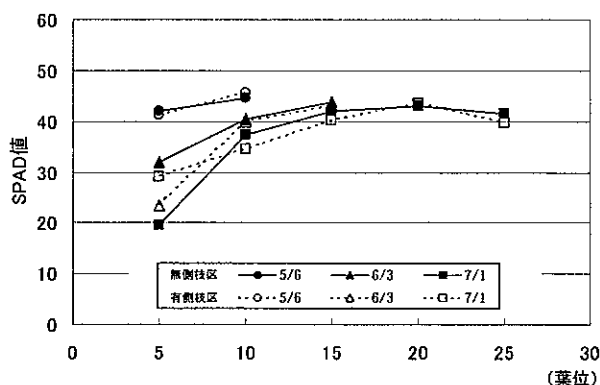


図3-4 側芽の有無による日時別 SPAD 値の推移

第1花房の35果(3.2 kg)が最も多く、上位に行くほど収量が少なかった(図3-7および図3-8)。

以上のことから無側枝区では、草丈の伸長を計り、また有側枝区では、7月以降、株の枯死を防ぎ、養分吸収力を高めることによって、それぞれの区においても増収の可能性があることが示唆された。

本実験に用いたBハウスはAハウスよりも面積が狭く、またハウスの天井が低い為か、2008年に行った栽培では7月中旬の平均草丈が120 cmと生長が抑制され、収穫個数もAハウスより30%も少なかった。そのため本実験ではBハウスでのトマト栽培では、生育中に発生する側芽を切除せず、そのまま伸ばし、葉面積を増やすことで、収量を増加させることができないかを試みたが、本栽培では、側枝には着果は見られず、収量の増加にはつながらなかった。今後は、いわゆる2本仕立てや3本仕立てのような栽培法を行って、着果数の増加を図ることも視野に入れて検討したい。

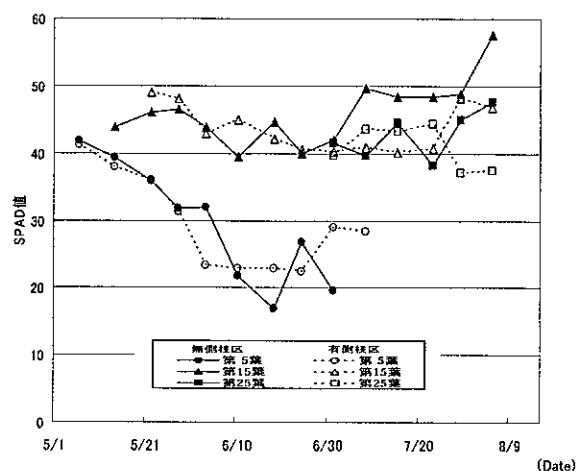


図3-5 側芽の有無による葉位別 SPAD 値の推移

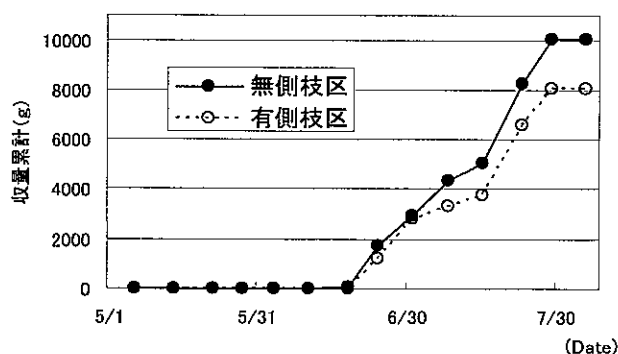


図3-6 側芽の有無別にみた収量累計の推移

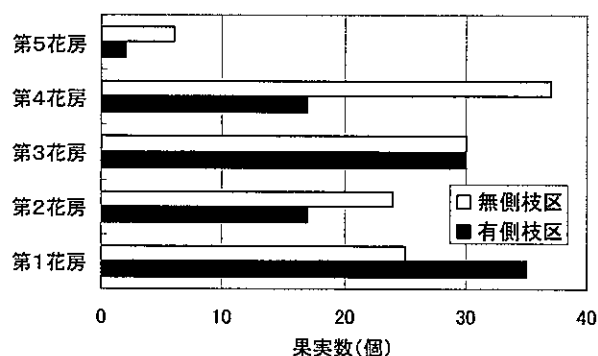


図3-7 側芽の有無別にみた収穫個数

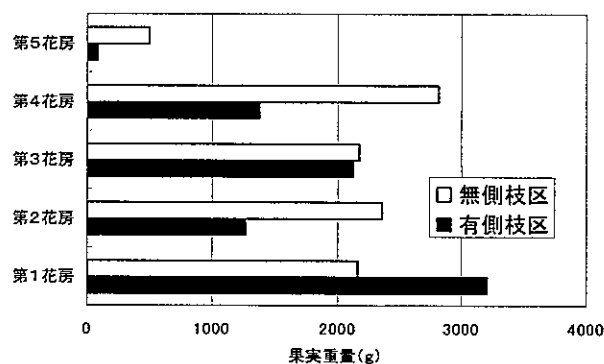


図3-8 側芽の有無別にみた収量重量

カボチャ（ほっこり姫）の露地・無施肥栽培による収量・販売収益と含有成分

無施肥・無農薬露地栽培法による収量と販売収益及び含有成分

田 尻 尚 士

<はじめに>

近年、少人数家族の増加に伴い、種々の小型野菜が多用される様相が認められ、タマネギや白菜及び西瓜やカボチャなどにこの傾向が顕著となっている。

これらに注目し、とくに最近人気の高い拳大果実のカボチャ「ホッコリ姫（タキイ種苗）」種を通常の化成肥料施肥栽培法（C 区）・有機コンポスト施肥栽培法（Y 区）・無施肥栽培法（N 区）の 3 区で無農薬下で直播き露地栽培とし、収穫果実を京都市（有）ハセガワ酒店（本会会員）に販売依頼し、販売収益及び含有成分につき比較検討した。

カボチャは典型的な緑黄色野菜（果菜類）であり、カロチンを多含し、ビタミン A、C 及び無機質の K、Ca、Fe など豊富で細胞粘膜の強化に優れ、風邪などの疾病への抵抗性を高め、消化吸収性に優れ胃腸疾患患者や高齢者の食材として有効であり、とくに冬季の緑黄色野菜の少ない時季に貴重な食材である。

<栽培特性と生理特性>

ウリ科カボチャ属でアメリカ及び熱帯アジア原産 16 世紀に伝来、日本カボチャ（やや小型で表面に深い縦皺を有する）・西洋カボチャ（大型で表面が滑らか）・ペポカボチャ（飼料及び観賞用で種々の形状を有する）の 3 種に大別、発芽温度は 25-30℃、生育適温は 17-25℃、雌雄異化性で雌花は 9 節前後に着生・開花、概ね 4-5 節毎に雄花が着生、関西では 4-5 月に移植、家庭菜園では播種が可能な露地栽培が多い。

実 験 方 法

[実験圃場]：実験時の比較のため非常時用として各栽培区に 2 株試料用を付加栽培した。各栽培法区毎の施肥量は次表の如くとした。

1、無施肥無農薬栽培区（N 区）：兵庫県加東市岡本字殿垣-1999 年より無施肥無農薬圃場として 540m² 設定、4 月上旬に荒鋤、中旬に呉れ返し、5 月 3 日に調製鋤き、内 100 m² = 約 1 畝 に 30 床（1 坪に 1 株 = 30 本）を設けて播種（播種床 = 直径 40cm・高さ 25cm・畝幅 200cm。直播き種子 2 粒播種 = 発芽後 2 週前

後で成長の良好な株を残して1株を切断除去)、生育初期に日照時間が長いと雌花の着生が遅延・劣化するため本葉2～3枚時に底に穴の開いた植木鉢で覆い、日照時間を10時間以内に調節して雌花の着生を促進した

2、化成肥料（配合肥料）栽培区（C区）：兵庫県加東市岡本字西山-2002年まで自給用野菜畑として耕作、2003~2008年まで休耕田。約150m²を上記と同様に耕耘し100m²に30床作成し、同様に播種並びに日照調節処理などを行った。

3、有機コンポストSSボーン施肥栽培区（Y区）：兵庫県加東市岡本字西山西-2002~2008年までの休耕田の100m²を上記と同様に耕耘し、30床を作成し上記2区と同様の栽培処理を行った。

栽培区別施肥量一覧 (g/m²)

栽培区	土造り施肥	元 肥	追 肥
化成肥料 栽培区 (C区)	完熟堆肥 1000 石灰窒素 30 (多木肥料社製)	ベジ太郎 50 苦土石灰 40 (多木肥料社製)	第1回ベジ太郎 20 第2回ベジ太郎 20 (多木肥料社製)
有機コン ポスト栽 培区(Y 区)	SSボーン 1000 石灰窒素 30	SSボーン 450 (山陽三共社製) 苦土石灰 40	第1, 第2回とも SSボーン 400
無施肥栽 培区 (N区)	[圃場内	の雑草の除去]	

完熟水肥：刈り取り雑草を切り替え2ヶ月積堆して腐植

ベジ太郎：N=14・P=10・K=10；畑作専用肥料

山陽三共有機SSボーン=微量成分と腐朽菌を含有する生菌体有機肥料=含有

成分概要：窒素=2.8%、リン酸=5.0%、加里=0.5%、苦土=1.0%、珪酸=11.2%、
石灰=8.0%、マンガン=0.007%、硼酸=0.02%、pH=7.2、腐植=3%、
放線菌=10⁷⁻⁸/g、硝酸化成菌（アンモニア態窒素代謝促進）
=10⁴⁻⁵ug/100g

*第1回施肥＝蔓が40~60cmに伸長した時期に床周辺に施肥・混合・覆土し
同時に蔓を平均的に整備・拡散し、日当たりの平均化を図る。

第2回施肥＝実留まりが始まった時期に床周辺に施肥、混合・覆土し、無
用な雄花の除去及び伸長過度な蔓の切除。

[栽培管理]

- 1) 初期管理：本葉 5~6 枚で 13~16 節前後で花芽が分化・着果及び生育促進のため茎葉の重なりを防ぎ蔓の伸長と拡散を行い、茎葉の日当たりを図り着果の肥大を促進。
- 2) 整 枝：側枝仕立て法とし、主枝を 4 葉で摘心し子蔓 3 本を伸長、腋蔓及び 7~9 節以下の着果は奇形となりやすいため除去。
蔓の伸長幅は畝幅一杯の 200cm とし出来る限り平均的に拡散して日当たりを図った。
- 3) 人工授粉：近年は訪花昆虫が少ないことから、午前 8 時頃に開花した雄花を摘み取り蕊（ずい）を雌花の柱頭に軽く転が受粉処理。
- 4) 乾燥防止と玉直し処理：稲藁を用いて蔓の伸長に合わせて敷き詰め乾燥防止に努め、同時に果実を藁上にまっすぐとなるよう整置。
- 5) 除 草：敷き藁中より繁茂する雑草は全て抜き取り除草した。
- 6) 摘 果：1 番着果は 8 節位以上とし、果実全てを残し成長に伴い奇形や着虫果を除去した。
- 7) 病虫害駆除：カボチャは比較的病虫害が少なく栽培が容易であったが、6 月下旬頃からうどん粉病が僅かに発生、果実の生長には差ほど影響ないが茎葉の生育を阻害するため逐次被害茎葉は切除。
- 8) 収穫・追熟：収穫適期は開花・着果後 35 日前後で果実表面がやや硬化し爪が立ち難くなった頃。、収穫後の果実は風通しの良い庫内（25~27℃）で 10~15 日前後放置風燥して完熟（追熟完了：水分 86%前後）。

実 験 結 果

[栽培法と収量]

施肥栽培法と収量を第 1 表に示した。

第 1 表 栽培法と収量		(30 床/100m ² : kg)			
栽 収	第 1 回	第 2 回	第 3 回	総 量	総量比較
化成(C)区	55.5			55.5	± 0
有機(Y)区	41.5	12.0	44.4	97.9	+ 76.3%
無施肥(N)区	49.5	41.5	39.0	130.0	+ 134.2%

収量重は収穫後 10 日間放置乾燥後の重量 %=比較増減率

収：収穫日（第 1 回：7/27、第 2 回：8/28、第 3 回：9/20） 栽：栽培区

小果：150~250g 平均果：250~300g 大果：500~650g (何れも完熟重)

収量比較は総収量比較で行い、C区を基準±0としその結果を第1表に示した。C区では8月中旬よりうどん粉病と害虫が多発し、病葉を撤去したが茎葉の回復かなわず枯死し、1回の収量のみとなったが、その時点での比較では栽培法間で大差を生じた。以後、非常時用に栽培した2株を試料とし病虫害予防布を用いて栽培を継続し、成分などの比較検討に供した。

C区は約6年間休耕田としたため、草刈り後の放置雑草の腐植堆肥中の病虫害が一気に繁殖・増加したためと考えられる。

一方、Y区とN区との比較ではN区が優れ+33%となり、茎葉の繁茂も無駄なく着果状況も良好であり、蔓の伸長が平均的で2.5m前後となった。

Y区は茎葉の繁茂が盛んで蔓の伸長も旺盛で平均4.5m前後なり、茎葉が重なり、日当たり性に劣り着果性が低下し、奇形果や着果後に腐敗落果する様相が多く認められた。この結果より、カボチャ栽培には多肥は厳禁で、蔓の伸長や茎葉の繁茂状態を見極め、果実への日当が良好となるよう茎葉及び蔓の拡散に留意し、無駄な茎葉の切除が不可欠である。同時に比較的病虫害に強いがうどん粉病や蔓枯病の発生時は、速めの蔓及び茎葉の切除や株元への風通しを図り、着果7日前後に玉直しや果実の汚れの除去に留意し、幼果の腐敗・落果を防止することが重要であった。

[栽培法による果実の生育と澱粉・蔗糖・全糖含有量]

カボチャ果実の生育と澱粉・蔗糖・全糖含有量を第2表に示した。

第2表カボチャ果実の生育と澱粉・蔗糖・全糖含有量 (n=5)

含有成分		果実中の全糖・澱粉と蔗糖の含量(%)				貯蔵時	完熟時
着後日数		10	20	30	S10	増減 %	水分%
C区	澱粉	1.7	1.5	1.8	7.5	±0	85.7 (±0)
	蔗糖	∞	0.2	0.3	0.1	±0	
	全糖	1.6	2.0	2.5	3.1	±0	
Y区	澱粉	1.9	1.7	2.0	7.7	+2.6	86.4 (+0.8)
	蔗糖	0.1	0.2	0.3	0.1	±0	
	全糖	1.7	2.2	2.7	3.4	+9.6	
N区	澱粉	1.9	2.0	2.2	8.0	+6.6	85.3 (-0.4)
	蔗糖	0.1	0.3	0.4	0.4	+400	
	全糖	1.4	1.7	2.2	2.5	-8.0	

着後日数：着果後の日数 S10：収穫後10日間(25~27℃)放置乾燥完熟果

∞：極めて微量 貯蔵時増減率：C区を基準に貯蔵 10 日完熟時での比較%
 分析法：日本食品工学会食品分析マニュアル＝高速液体クロマトグラフ分析

総合的に着果直後より幼果は水分含有量が極めて高く軟弱で水分 90%強であり、全栽培区とも蔗糖は殆ど含有されず、澱粉は僅かに含有し、生育が進むにつれて漸次両成分とも含有量は増加し、栽培法間で含有量に差を有し始め、全体的に生育が進み着果後日数の増加とともに澱粉・蔗糖含有量差は拡大し、最終的にN>Y>Cの順に含有量が高い結果となった。

一方、全糖含有量は着果直後より含有し、生育と共に全栽培区で増加するがその様相は蔗糖・澱粉と異なり最終的な含有量はY>C>Nの順となった。

澱粉・蔗糖・全糖などの総含有量はY>N>Cとなり、収穫後での完熟時点ではC区に比してN区+2%、Y区+3.7%となり、無施肥栽培では施肥栽培に比して含有量が僅かに劣る結果となった。水分含有量は、生育の進行につれ全栽培区で減少し、収穫直後では全栽培区で 90%弱であり、収穫後の風乾放置後の完熟時での水分含有量は、86%前後と大きく減少し、C区に比してY区が+0.8%、N区 -0.4%と極めて微差であり、収穫後での放置乾燥後の完熟時ではY>C>Nの順の含水量となった。

なお、煮付け食味感ではC・N両区はほくほく感を有し極めて良好であったが、Y区はややほくほく感に乏しく僅かに歯切れ感に欠け食品物性が劣った。

[栽培法による収量と販売収益]

栽培法による収量と販売収益を第3表に示した。

第3表 栽培法による収量と販売収益 (100m²= 30 株総量)

収量と販売価格		第1回	2回	第3回	総計	比較率
C区	収量 kg	55.5	〔50〕	〔50〕	55.5 [150]	± 0
	販売単価円	167	〔186〕	〔121〕	167 [158]	± 0
	販売収益円	8741	〔9,400〕	〔6050〕	8,741 [24,300]	± 0
Y区	収量 kg	41.5	12.0	44.4	97.9 [- 53]	+ 76.3
	販売単価円	173	196	124	Av162 [+2.5]	- 3.0
	販売収益円	7189	2356	5544	15,089 [- 61]	+ 72.6
N区	収量 kg	49.5	41.5	39.0	130 [- 15]	+ 134.2
	販売価格円	188	214	138	av180 [+14]	+ 7.7
	販売収益円	9355	8887	5397	24,139 [- 0.6]	+ 176.1

〔 〕：非常時用に栽培した試料などを基に予想算出比較%

前述の如く、C区は病虫害の多発により1回の収穫で次年度のために収穫を終了し直ちに植栽茎葉を抜き取り、栽培耕地外に搬送し乾燥・焼却したため、他の2栽培区との比較は厳密には困難となったが、[]内にC区の第1回収穫を基準に予備試料から予想算出して比較%を示した。単純に比較すれば第3表の如く販売収益比較では $N > Y > C$ の順に多収益となるが、予想比較では $C > N > Y$ となると思われた。実際の販売単価は $N > Y > C$ の順に有利で、各栽培法間で10%前後の差を有し高価となった。

単価が安価でもY区栽培では収量が極めて多くC区を上回り、C区では病虫害の危険性があることから無農薬栽培下では留意する必要があるが、N区栽培では病虫害の発生が少なく、作柄概要は肉眼的には極めて貧弱な様相を呈するが、着果率や生育度が安定的で無駄な蔓の伸長や繁茂がなく、蔓全体の日当たりが良く、果実の生育もY区に比してやや緩慢であるが良好で腐敗や落果が少なく、販売単価が全販売時を通してC区に比して約2割程度高価で極めて有利であった。C区では比較的早く収穫が終了するが、自家製として予備的に栽培延長したY・N区では10月中旬でも着果、最終的に11月中旬まで少量であるが収穫が可能となり、果皮が薄く水分の少ないほくほく感を有した美味な果実が収穫可能であったが、やや外観の色彩感が最盛期に比して劣る様相が認められた。

[栽培法によるカボチャ果実の主要成分と無機成分含有量]

栽培法によるカボチャ果実の主要成分と無機質含有量を第4・5表に示した。

第4表 カボチャ果実の主要成分含有量 (n=5: g/100g)

栽 成	水 分	蛋 白 質	脂 肪	炭水化物	灰 分
C 区	85.71(±0)	1.57(±0)	0.23(±0)	10.22(±0)	0.72(±0)
Y 区	86.42(+8.0)	1.77(+13)	0.27(+17)	11.43(+12)	0.81(+13)
N 区	85.35(+0.5)	1.55(-1.3)	0.21(-10)	11.71(+15)	0.84(+17)

*炭水化物=糖質+粗繊維

第5表 カボチャ果実の無機質含有量 (n=5: mg/100g)

栽 成	Ca	P	Fe	Na	K	総 計
C 区	17(±0)	34(±0)	0.6(±0)	0.9(±0)	345(±0)	397.5(±0)
Y 区	19(-12)	36(+6)	0.5(-17)	1.0(+11)	387(+12)	443.5(+12)
N 区	17(±0)	35(+3)	0.5(-17)	0.9(±0)	376(+9)	429.4(+8)

Ca: カルシウム P: リン Fe: 鉄 Na: ナトリウム K: カリウム

成: 成分 栽: 栽培法 (): C区基準比較増減%

分析法(表4・5): 日食工分析法=高速液クロ分析

水分は第 2 表に示したが栽培区間で $C < Y = 8\%$ 、 $N > C = 0.5\%$ となり、総合的に全栽培区で収穫後の風乾完熟時では 86 前後となり、最終的には完熟時で $Y > C > N$ の順となり、含有量自体は極めて小差であった。

タンパク質はカボチャ果には野菜としては比較的多く含有し、C 区で 1.57g (± 0) 含有し、Y 区は +13%、N 区は -1.3% となり、Y 区が顕著に多含し有機肥料によるタンパク質の合成が促進され、無施肥区では合成が低調となり $Y > C > N$ の順に多含した。

脂肪含有量は極めて微量であり食味時でも差ほど期待されないが、栽培区間での格差は数値的に 17% と顕著であるが含有量自体では 0.04 g の微差であり、含有量は $Y > C > N$ の順となった。

炭水化物では第 2 表で示した澱粉・蔗糖及び全糖で示したが、これらの糖以外の糖や粗繊維などを総合しもので、Y・N 区が C 区を顕著に上回り、成分的にも食味時での甘味性の源であり、粗繊維含有量との関係も若干は影響するものと考えられる。含有量は $N > Y > C$ の順となり、カボチャ果実の呈味性の決定要素として極めて重要である。

灰分含有量は N・Y 区が含有量が顕著に高く、第 5 表に示した如く無機成分の含有量も C 区に比して Y・N 区高いことから、無機成分及び繊維成分が多含される結果によると推察され、含有量は $N > Y > C$ の順となった。

無機成分比較では栽培法により Ca・Fe・K で顕著な差 (%) を呈したが、他の P・Na では差はないが総計では顕著な差異を示し $Y > N > C$ の順に含有量が高くなった。カボチャ果実の食味時に栄養的に重視される K は Y 区が顕著に多含し有効であった。次いで N 区は Y 区に比して - 3.2% と極めて小差で C 区に比しては有利であった。全般的に差ほど無機質含有量は大差なく、食味時に成分的に重視される K の含有量は $Y > N > C$ の順に多含された。

[栽培法によるカボチャ果実のビタミン含有量]

第 6 表に収穫後 10 日間風乾完熟カボチャ果実のビタミン含有量を示した。

第 6 表 カボチャ果実の主要ビタミン含有量 (n=5: 100g)

栽 含	Car (ug)	V B ₁ (mg)	V B ₂ (mg)	Nai (mg)	V C (mg)
C 区	625 (± 0)	0.08 (± 0)	0.06 (± 0)	0.07 (± 0)	17 (± 0)
Y 区	702 (+12)	0.07 (-12)	0.08 (+33)	0.07 (± 0)	18 (+6)
N 区	682 (+9)	0.09 (+13)	0.06 (± 0)	0.08 (+14)	18 (+6)

Car: カロチン Nai: ナイアシン=ビタミン群の 1 つで補酵素 (ニコチン酸アミド)、トリプトファンから生成

() : C区基準比較%

分析法 : 日食工分析法 = 高速液クロ

ビタミンの総合含有量から見れば $Y > N > C$ の順となり、栄養成分として期待されるカロチンでは $Y > N > C$ となり、C区とN区間では殆ど差はなくY区間とで顕著な差を有した。VB₁、VB₂、Na_i、VCでは含有量自体には殆ど差はなく比率%は若干の差を有した。ビタミンの総合含有量差ではC区 = 17.8 を基準(± 0) とすればY区とN区は+ 6%となり比率%及び含有量ともに極めて小差とあった、生鮮時での切り口の彩色や果皮の着色感ではY区が最も彩色性に富み、C区が最も濃厚の様相を呈し、N区は両者の中間様であった。

以上の結果からビタミン含有量と外観色調では、 $Y > N > C$ の順に良好でカボチャ果実特有の色調を呈した。

[おわりに]

最近人気の高い小型で拳大の日本カボチャ「ホッコリ姫(タキイ種苗)」を無施肥無農薬栽培法(N区)及び化成肥料施肥無農薬栽培法(C区)並びに有機肥料施肥無農薬栽培法(Y区)の3区を栽培し、収量及び販売収益と含有成分につきC区を基準(± 0)に比較検討した。

栽培土壌は放置田や休耕田を利用する場合は、放置された茎葉や雑草の除去などに留意し、畦周りの雑草の刈り取り撤去が重要であり、これらを放置すればうどん粉病や病虫害の発生源となる。

収量では、施肥量過多となれば着果率が低下し、雄花の着花が多く実留まり性に劣り、茎葉の繁茂が激しく日当たり性が劣化してカボチャ果の生育・肥大性に劣り収量低下因となる。カボチャの栽培には施肥過多が最悪であり、「昔からの土溜めで放置栽培」が最良と言われる如く、無施肥栽培で地力に依存する栽培が最良の結果となり、栽培法N区は良好であった。

販売収益ではN区は、収量は若干少なくとも販売期間中一貫して販売単価が概ね 20%前後C区より高価であることから、 $N > Y > C$ の順に販売収益が高く有利であり、採算性を充分有する結果となった。

成分含有量(栄養価)についても、主要成分でカボチャに最も期待される炭水化物の含有量はN区が最高あり、無機質でもKが最も多く優位であり、ビタミン類でも%では差を有するが、含有量自体では殆ど差が無く、鮮色感や食味時のほくほく感及び物性もC区及びY区と変わらず良好であり、無施肥・無農薬である安心感と安全性なる付加価値を有し、極めて経済的にも有利で良好な栽培法となった。

無施肥無農薬栽培したクワを用いた養蚕 — 糸品質におよぼす影響 —

栗田 光雄（無肥研）

蚕糸業は栽桑、育蚕、製糸の3つの異なる分野から成り立っている。栽桑分野では、クワの生育と収量を最適に保つために、桑園土壌の管理や桑樹の生理生態の解明ならびに桑栽培技術の改良に取り組んでいる。育蚕分野では、カイコの形態・生理・遺伝の研究とカイコ飼育技術の改善を通して、収繭量が多く高品質な繭生産を目標としている。さらに製糸分野では、良質の生糸を高能率に生産することを目的として改良を重ねている。このように多岐にわたる蚕糸研究が行われているが、本研究では、これまで長期にわたり無施肥および化学肥料施用栽培を継続してきた桑園について、桑園土壌の長期動態、クワの生育と収量、蚕児の誘引性と健康性について比較し、長期無施肥栽培が養蚕におよぼす影響を報告してきた。一方で蚕糸業の最終の生産物である絹は優雅な光沢と豊富な染色性、程よい弾性と強靱性ならびに保湿性、吸・放湿性を持ち、衣料繊維として優れた特性を備えている。そこで本報告では、無施肥および化学肥料を施肥して栽培したクワで飼育したカイコが生産する生糸の品質について、これまでに得たいくつかの知見をまとめて示した。

材料・方法

1. 生糸取扱い業者による感応試験

実験には、長野県松本市の試験桑園に1984年から設けた無施肥区と施肥区からそれぞれ収穫したクワで飼育した蚕が生産した繭を、長野県繭検定所（当時）において検定法に基づき製糸した生糸を用いた。供試した生糸は、1984年春、夏、秋および晩秋ならびに1985年春および晩秋の各蚕期に生産した繭を用いて製糸したものである。感応試験は1986年1月に京都西陣の豊栄繊維株式会社において行い、長年生糸の買い付けを専門にしている担当者が光沢、色沢、風合、触感などを総合した品質を比較し、6蚕期のそれぞれについて、盲検法によって無施肥および施肥区いずれか良品質な生糸を選別する方法により行った。

2. 生糸検査および生糸の物理的性状調査

1987年および1988年秋蚕期に生産された生糸について、神戸農林規格検査所（当時）に生糸検査を依頼した。生糸は、長野県繭検定所において、検定法にもとづく条件で

繰糸した。検査項目は繊維度、糸むら、節、強力、伸度、抱合および分岐繊維であった。

また生糸検査に用いた生糸と同じ蚕期の生糸を用いて物理的性状を測定した。測定項目は剛性度（stiffness）、降伏点応力、降伏点伸度、ヤング率、圧縮率、圧縮弾性率であった。

さらに1999年および2000年のそれぞれ春蚕期に生産された生糸を用いて、蚕糸昆虫研究所製糸研究グループ（当時）に、上記と同様に生糸の物理的性状の計測を依頼した。生糸は蚕糸昆虫研究所において検定法に準じた条件で繰糸した。

3. 生糸の結晶領域の計測

1987、88年の秋蚕期産の生糸（長野県繭検定所で繰糸）を用い、神戸農林規格検査所（当時）に依頼して、酸加水分解残渣率を計測し、生糸の非晶、準結晶および結晶領域のそれぞれについて施肥・無施肥区間の差異を比較した。加水分解には3% HClを用いた。なおこの試験には生糸そのものを供試しており、セリシンを除いたフィブロインだけで測定する場合よりも小さい値になっている。

結果および考察

1. 生糸取扱い業者による感応試験

生糸の買い付けを専門にしている担当者による感応試験の結果、生糸の優劣をつけられなかった2組の例を除いて、無施肥区の生糸が施肥区のそれよりも良品質として選別された。

ここでは無施肥栽培に移行後初年と2年目の生糸を比較しており、無施肥栽培移行直後から施肥の有無による差がみられたことは興味深い結果であった。特にクワは永年性の樹木であり、本試験に供試したクワは試験開始まで20年以上慣行の施肥栽培を続けられていた。これまでの試験結果では、無施肥栽培移行後2年から5年ほど経ないと土壌やクワの生育・収量において無施肥区と施肥区との間に差異が認められていない。このことから無施肥栽培の影響は、土壌やクワの生育・収量などの量的な変化が可視化するよりも早く、クワ葉品質の変化、またはそれを食したカイコの質に先に現れることが示唆された。

2. 生糸検査および生糸の物理的性状

1987年および1988年秋蚕期の生糸では、無施肥区は節、伸度、分岐繊維の点で施肥区よりもやや高い値をとる傾向が見られた（表1）。

表 1 施肥の有無が生糸検査成績におよぼす影響

蚕期	区	繊度(d)	糸むら 2類(個)	糸むら 3類(個)	節(点)	強力 (g/d)	伸度 (%)	抱合 (回)	EX(点)
1987年	無施肥	28.7	0	0	100	4.00	21.6	144	71.25
秋蚕期	施肥	27.1	0	0	90	3.90	21.0	169	70.37
1988年	無施肥	23.8	0	0	98	3.97	21.5	146	71.50
秋蚕期	施肥	25.2	0	0	100	4.01	21.3	148	71.37

物理的性状（表 2）では，無施肥区は降伏点伸度が大きいこと、衣服にした場合に人の動きにそって伸び、繊維として好ましいこと、またヤング率がやや小さいことから柔軟性があることが示唆された。

表 2 施肥の有無が生糸の物理的性状におよぼす影響

蚕期	区	stiffness (%)	降伏点応力 (g/d)	降伏点伸度 (%)	ヤング率 (kg/mm ²)	圧縮率 (%)	圧縮弾性率 (%)
1987年	無施肥	18.5	1.37	1.55	1091.2	8.53	22.71
秋蚕期	施肥	18.6	1.32	1.36	1190.8	8.29	25.94
1988年	無施肥	18.5	1.34	1.44	1140.8	7.04	26.14
秋蚕期	施肥	18.8	1.34	1.45	1127.9	7.67	27.45

1999年，2000年の春蚕期の場合には，破断点伸度は無施肥区がやや大きい傾向が見られたが，初期引張抵抗度（ヤング率と対応）は無施肥区が施肥区よりも大きくなっていた（表 3）。これまでに長期化学肥料連用栽培が土壌や桑樹に負の影響を与えることがわかっており，この差は，無施肥区が柔軟性を失ったことよりも，施肥区の生糸にコシがなくなり，柔らかくなってしまった可能性も考慮する必要がある。

表 3 施肥の有無が生糸の物理的性状におよぼす影響

蚕期	区	最大点応力 (gf/d)	破断点伸度 (%)	初期引張抵抗度 (gf/d)	強力 (g/d)	伸度 (%)
1999年	無施肥	4.88	29.1	131.8	—	—
春蚕期	施肥	4.52	29.6	125.1	—	—
2000年	無施肥	4.40	25.4	129.3	3.96	26.7
春蚕期	施肥	3.65	23.8	110.3	3.90	21.4

—は測定していないことを示す。

異なる蚕期や異なる無施肥処理継続期間においても，生糸の物理的性状に同じような差異を示したことは興味深い結果であった。特に無施肥処理を長期間（17年間）継

続した場合には、施肥の有無が大きく影響する秋蚕期だけでなく、差異の表れにくい春蚕期でも差異が認められた。このことは、長期無施肥栽培が、土壌やクワの生育・収量ならびにカイコの強健性に影響したように、生糸の物理的性状にも影響をおよぼした可能性が示唆された。

3. 生糸の結晶領域

生糸の準結晶および結晶領域は無施肥区が施肥区よりも多く、特に1987年秋蚕期の結晶領域について顕著な差異が認められた（表4）。繭糸繊度は無施肥区が施肥区よりも細いことが長野県繭検定所の鑑定結果から得られており、同じ太さの生糸を作るのに繭糸が細いと多くの繭糸が必要となることから、無施肥区の生糸が光沢良く、風合が良好となる理由として、結晶質が多いことと繭糸繊度が細いことが要因として考えられた。

表4 施肥の有無が生糸の酸加水分解残渣率(%)におよぼす影響

処理時間		20分	60分	120分
1987年 秋蚕期	無施肥	58.42	38.46	25.85
	施肥	51.73	33.07	20.39
1988年 秋蚕期	無施肥	57.95	36.31	23.12
	施肥	58.17	34.72	22.46
領域		非晶	準結晶	結晶

なおカイコが吐糸する糸が細くなる原因については、蚕体の大きさや動作の敏捷さなどの物理的な原因があるといわれており、それらのカイコの生態の差異におよぼすクワの品質の影響については現在調査方法を検討中である。

繭糸から生糸さらに織物へと、カイコの生産する繭糸は、それぞれの用途に合わせた製品へと機械的に加工されていく。その中で、無施肥および化学肥料連用栽培の差異や特徴は限定的なものとなることは否めない。無施肥無農薬栽培法で生産された生糸に適した絹製品を開拓していくことも、今後の養蚕経営に必要な方向性であるかもしれない。

しかし本試験を通して、無施肥無農薬栽培法が、転換初年から特徴ある食品としてカイコに摂取され生産物を生み出した可能性が示唆されたことは興味深い結果であった。無施肥栽培作物を対象として調査する場合、質と量との両面を視野にいて計測する尺度を確立する必要もあると思われた。

資料

異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の推定玄米重の経年変化について

小林 正幸

本会が認証する無施肥無農薬栽培水田（以下単に水田という）は各地に点在し、その立地条件は様々である。そこで各水田における水稻の生育・収量をできるかぎり調査し記録を残す努力をしている。しかし投入可能な労力に限度があるため、全水田において生育調査法ならびに坪刈り法・株刈り法による推定収量の算出を実施することは困難である。したがって調査水田は無肥研管理水田をはじめ比較的京都に近い水田に限られ、水田により調査方法や調査項目が異なっている。

2009年は毎年行っている坪刈り法による5か所の水田のうち転作により水稻栽培が出来なかった水田を除く4か所で収量調査を行った。また7か所の水田で株刈り法による推定収量の算出及び形質調査を行いそれぞれ表1および表2に示した。また6か所の水田では坪刈り法で得た過去11年間の収量の推移を表3に、6か所の水田では株刈り法で得た過去6年間の収量の推移を表4に示した。

表1 2009年水稻収量調査(坪刈り法による)

生産者	実施場所	実施 開始年	自家採 種年数	品種	全乾重 (g/m ²)	莖乾重 (g/m ²)	精籾重 (g/m ²)	精玄 米重 (g/m ²)	推定玄米重 (kg/10a) 注1	備考
無肥研	宇治市小倉	(1951)	58	ベニアサヒ	989	605	384	308	319	注2
無肥研	宇治市小倉	2003	58	ベニアサヒ	1183	761	422	336	347	
上田修一	京都市山科区	1965	38	農林16号	633	326	307	250	260	注3
上田修一	京都市山科区	1965	58	ベニアサヒ	567	307	260	211	218	注3
上田修一	京都市山科区	1972	18	新羽二重	467	230	237	191	198	注4
無肥研	京都府亀岡市	1993	6	秋の詩	787	452	335	263	271	
無肥研	滋賀県野洲市	1990	18	新羽二重	706	353	353	279	287	注4
無肥研	滋賀県野洲市			転作						
丸山茂子	福井県越前市			転作						

注1 推定玄米重は水分15%で補正した値

注2 2003年より無施肥栽培していた小倉水田(10a)の表層土約15cmをスキ取り、其処へ2006年12月に1951年より無施肥栽培を継続してきた栗東水田(10a)の表層土約15cmを客土(入れ土)した

注3 市街地にあり生育期間中、住宅の陰になることが多い

注4 もち米

表2 2009年水稻収量調査(株刈り法による)

生産者	無肥研	黒瀬 修	中村孝太郎	牧野太平	坪田宗隆	木戸口利雄	中道唯幸
実施場所	野洲市	綾部市	大野市	福井市	滋賀県大中	東近江市	野洲市
実施開始年	1995	1998	2003	2009	2000	2003	2007
自家採種年数	6	6	6	6	9	6	2
稈長(cm)	64.3	61.5	70.1	73.8	72.4	66.7	74.0
穂長(cm)	18.5	15.3	18.9	18.5	18.0	16.4	18.0
1穂重(g)	1.6	1.6	2.8	2.7	2.3	1.8	2.1
1株穂数(n)	16.0	13.5	13.2	13.5	21.8	16.3	9.6
1株藁重(g)	21.0	16.3	24.2	32.8	40.2	22.0	18.5
1株穂重(g)	25.8	21.1	37.6	36.2	50.5	29.1	20.6
1株全重(g)	46.9	37.4	61.8	69.0	90.7	51.1	39.1
1株籾重(g)	24.8	20.5	36.5	33.6	47.6	28.3	19.3
1株玄米重(g)	19.3	16.2	28.9	28.2	39.2	22.8	15.5
推定玄米重 (kg/10a)注1	340.1	284.8	406.1	394.0	411.1	408.9	291.3
栽植密度 (m ² /株)	0.0583	0.0595	0.0733	0.0715	0.0984	0.0576	0.0549

品種はすべてコシヒカリ

注1 推定玄米重は水分15%で補正した値

表3 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)11年間の推移(坪刈り法による)

圃場	栗東	小倉(OGR)	小倉(OG)	山科上田Ⅰ	山科上田Ⅱ	山科上田Ⅳ	亀岡	野洲Ⅴ	福井今立
実施開始年	1951年	(1951年)	2003年	1965年	1965年	1972年	1993年	2003年	1997年
99年	408.1A			251.7B	190.4A	256.1F	360.5A		382.0D
00年	453.8A			352.1B	320.5A	334.5F	297.8A		402.0D
01年	454.2A			270.0B	260.8A	163.2F	332.2A		転作
02年	417.6A			178.3B	177.3A	155.8F	281.2A		407.4D
03年	332.4A		353.6C	349.2B	262.3A	162.0F	294.0A	545.1D	331.5D
04年	442.9A		420.5C	304.4B	273.0A	314.2F	394.1A	520.8E	415.6D
05年	390.5A		365.5C	344.6B	302.7A	329.6F	315.2A	502.6E	転作
06年	356.2A		309.0C	282.9F	214.4A	213.0F	223.4E	転作	463.5D
07年		333.6A	413.0A	316.3B	228.3A	210.4F	280.3A	508.6E	417.8D
08年		271.0A	391.0A	275.2B	242.0A	-----	384.3E	501.6E	424.8D
09年		318.5A	347.4A	260.0B	217.9A	198.0F	270.8E	転作	転作

表中のアルファベットは品種を示す(Aベニアサヒ、B農林16号、Cヒノヒカリ、Dコシヒカリ、E秋の詩、F新羽二重モチ)

小倉(OGR)は栗東水田より表層土を2006年12月に小倉水田に客土(入れ土)した水田

表4 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)6年間の推移(株刈り法による)

圃場	中村孝太郎	牧野太平	坪田宗隆	木戸口利雄	中道唯幸	黒瀬 修
実施開始年	2003年	2009年	2001年	2003年	2007年	1998年
04年	352.4		514.9			
05年	265.6		418.3	376.1		344.8
06年	542.3		—	378.7		—
07年	421.8		—	337.6	326.4	272.2
08年	305.6		418.9	308.3	273.2	249.7
09年	406.1	394.0	411.1	408.9	291.3	284.8

品種はすべてコシヒカリ

—は株間条間未測定のため推定できず

《結果》

表3（坪刈り法）の収量結果から小倉（OGR）を除くどの調査水田においても減収が見られた。これらの原因として梅雨明けが遅く8月の1週まで天候不順が長く続いたことが考えられる。ことに亀岡水田では大幅な減収となった。そこで亀岡に比較的近い園部の気象庁の観測データを基に6、7、8月の日平均気温と日照時間と収量の関係を過去15年に渡って調べ、結果を図1に示した。7月の日照時間の不足が収量に大きくマイナスに影響する相関が見られた。光の強さは光合成と密接な関係があり、一般に光の強さが増すにしたがって光合成速度が速くなり、その結果生長量が大きくなる。イネの光合成量は晴天の日が多く、曇天では約1/2となり、雨混じりの曇天の日には約1/3に低下すると言われ、7月の分けつ盛期から幼穂分化期に日照不足となればイネの光合成量は低下し生長に大きく影響すると考えられる。

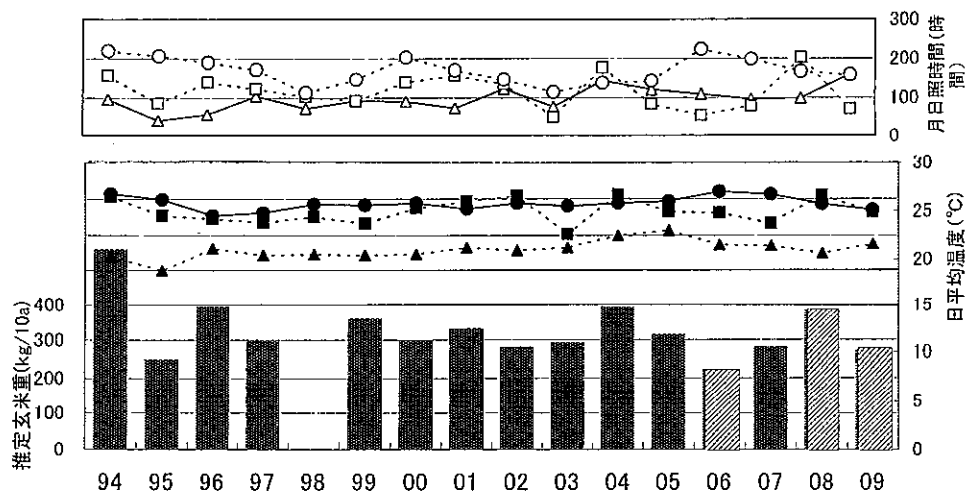


図1 日平均気温および日照時間が推定玄米重におよぼす影響
(亀岡試験水田)

	6月	7月	8月
日照時間	94～09年 -0.033	0.623※	0.078
	00～09年 0.011	0.816※※	-0.455
日平均気温	94～09年 -0.021	0.421	0.010
	00～09年 0.136	0.540	-0.419

※※ : $p < 0.01$
※ : $p < 0.05$

■ 亀岡推定玄米重(ベニアサヒ)

▨ 亀岡推定玄米重(秋の詩)

---△--- 園部日照時間(6月)

---□--- 園部日照時間(7月)

---○--- 園部日照時間(8月)

---▲--- 園部日平均気温(6月)

---■--- 園部日平均気温(7月)

---●--- 園部日平均気温(8月)

表5 2009年産 無施肥無農薬栽培玄米食味分析値

生産者	実施場所	実施 開始年	自家採 種年数	品種	品質評価 値(点)	蛋白 (%)	水分 (%)	アミロース (%)	脂肪酸 (mg)
無肥研	京都府宇治市	2003	58	ベニアサヒ	88	4.1	16.6	20.0	25.7
無肥研	滋賀県野洲市	1995	20	コシヒカリ	83	4.9	15.8	19.9	25.3
無肥研	京都府亀岡市	1993	6	秋の詩	84	4.6	15.4	20.5	27.9
無肥研	京都府亀岡市	2009	6	秋の詩	81	5.0	14.9	20.7	29.5
中井正巳	三重県松阪市	2007	2	コシヒカリ	68	7.2	14.5	20.2	27.1
中井正巳	三重県松阪市	2009	0	ハツシモ	76	5.8	14.5	20.1	26.5
畑段和子	京都市右京区京北	2009	0	コシヒカリ	81	5.3	16.0	19.8	25.1
坪田宗隆	滋賀県蒲生郡	2001	8	コシヒカリ	65	7.8	14.9	19.5	25.0
木戸口利雄	滋賀県東近江市	2003	6	コシヒカリ	85	4.6	15.8	20.0	25.5
木戸口利雄	滋賀県東近江市	2006	6	コシヒカリ	68	7.3	15.1	19.6	25.1
湯ノ口孝生	滋賀県野洲市	2000	不明	コシヒカリ	69	7.2	15.0	19.4	24.2
井上正人	滋賀県蒲生郡	2009	0	コシヒカリ	80	5.5	15.7	19.6	23.9
松井多喜男	滋賀県蒲生郡	2009	0	コシヒカリ	77	6.0	15.6	19.6	24.0
藤沢雄一郎	長野県安曇野市	2009	0	コシヒカリ	81	5.2	15.7	19.8	25.1

食味分析器はケットAN-700を用いた