

水稻品種コシヒカリの安定多収栽培

2. 栽植密度と基肥施用量の影響

萩原素之・阪野 敬・丸山 悟*・俣野敏子

信州大学農学部 生物資源生態学講座・*信州大学農学部 附属農場

Stable High Yielding Culture of Paddy Rice

Variety “Koshihikari”

2. Effects of planting density and amount of basal dressing

Motoyuki HAGIWARA, Takashi BANNO, Satoru MARUYAMA*
and **Toshiko MATANO**

Division of Ecology of Bio-resources, Department of Crop and
Animal Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

*Research Farm, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Potential for high yield of sparse-planted paddy rice variety “Koshihikari” was investigated. Plots were designed to be based on high yielding top farmer’s culture method with varying planting density and amount of basal dressing. Because of cool weather injury, yield was generally not very high. The highest yield, 671kg/10a, was obtained in a plot designed to be most similar to a top farmer’s method, showing its stability as a high yielding culture method. Although growth was retarded due to cool weather injury, total grain number obtained in sparse planting satisfied that necessary for yield of 700kg/10a, showing the high yield potential of sparse planting. Since the percentage of ripened grain was lower in sparse than in dense planting, however, the yield was higher in dense than in sparse planting. Low percentage of ripened grain in sparse planting was supposed to be due to inferior light environment in canopy after heading stage and smaller difference of an individual culm plus leaf sheath dry weight between sparse and dense planting caused by poor growth under cool weather. These results suggested that high yield could be obtained in sparse planting by revising the time and amount of nitrogen topdressing.

(Jour. Fac. Agric. Shinshu Univ. 31 : 11—19, 1994)

Key words: Amount of basal dressing, High yielding culture, Koshihikari, Planting density.

緒 言

著者らは数年前から、伊那市在住農家のコシヒカリの多収栽培法を信州大学および京都大学の農場水田に導入し、多収農家水田との詳細な生育・収量の比較調査を行なってきた^{7,8)}。この結果、多収農家の栽培法の導入によって、信州大学農場水田で過去の収量水準（およそ600kg/10 a）を大きく上回る700～790kg/10 aの収量がコシヒカリで1990～1992年の3年連続して得られ、多収栽培法の有効性が実証されるとともに、コシヒカリの多収栽培の成立要因の要点がほぼ明確にされた⁹⁾。

収量水準の大幅向上には、収量構成要素のうち籾数を大きく増加させることが必要となる。コシヒカリで700kg/10 a以上の収量を得るには、最低3.5万粒/m²程度以上の籾数が必要であるが、上述の3年間の本学水田における籾数は約3.4～6.0万粒/m²で、平均4.4万粒/m²であった。また、基肥または穂肥の窒素を増施すると5.5～6.0万粒/m²の籾数が得られた（未発表）。したがって、本学水田においては必要な籾数の確保は容易であると判断され、より安定的な多収栽培のためには、登熟を高めることが必要と考えられた。

本実験は疎植によって、より太く充実した茎を得るとともに、登熟期の群落の光環境を改善して登熟を向上させることを狙いとして、多収農家の栽植密度の約1/2の疎植区を設け、その効果を中心に検討しようとした。本来この種の実験は複数年実施すべきものであるが、本実験は記録的な冷害年（1993年）に行われ、いくつかの注目すべき結果が得られたので報告する。

材料および方法

水稻品種コシヒカリの種子を1993年4月5日に稚苗育苗用苗箱に播種し、本学附属農場の圃場に設けたビニールトンネルで育苗した。本学附属農場水田に第1表に示した栽植密度および基肥施用量の2要因を組合せた4試験区を2反復設け、5月15日に1株3本植えとして、手植えした。施肥の方法は第1表に示したように基本的に多収農家の方法に準じて行い、基

第1表 栽植密度および施肥

栽 植 密 度	密植	26.7株/m ² (株間12.5cm×畦間30cm)			
	疎植	11.1株/m ² (株間30cm×畦間30cm)			
施 肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	(成分量/10 a)
基肥施用量	多肥	7.0	32.6	11.2	
	少肥	5.0	29.0	8.0	
追 肥				6.0	
穂肥1回目		5.0			
穂肥2回目		4.0	1.2	2.4	
穂肥3回目		5.0			

肥のうちの燐酸の一部 (20kg/10 a 分) は BM 溶燐で代かき前に施用したが、その他は代かき後に BB086 で表層施用した。また、追肥として移植後54日に珪酸カリを全区同量施用した。穂肥は、幼穂長が約 2 cm になった時点で第 1 回目 (塩安)、その後の 2 回 (BB136 および塩安) は 5 日おきに、いずれも全区同量施用した。

移植後、各反復の10株について茎数の追跡調査を適時行った。また、生育中庸な10株を各反復から適時サンプリングし、器官別乾物重を調査した。さらに、移植後66日 (最高分げつ期)、移植後96日 (出穂期) および移植後125日 (登熟期) に群落内の相対照度の測定を行った。収穫は各反復の成熟期 (移植後149~151日) に行い、各反復の生育中庸な1箇所から6株×4畦の24株を刈り取って収量調査に供した。なお、収量、単位面積当たり穂数等は、刈り取り株の占有面積を実測して算出した。

結 果

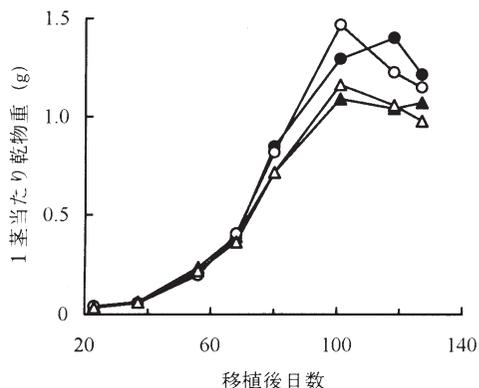
本実験では登熟の向上を図るため、1) 太く充実した茎を確保すること、2) 群落の光環境を改善すること、の 2 点を実現する方法として、疎植が有効であるかを検討しようとしたものである。まずこれらの 2 点について順に結果を述べることにする。

1. 1 茎当たり茎乾物重

1 茎当たり茎 (稈および葉鞘) 乾物重の推移を第 1 図に示した。1 茎当たり茎乾物重は移植後70日頃まで試験区間差がほとんどみられなかったが、穂肥施用後は疎植区が上回るようになった。疎植多肥区を除いて1茎当たり茎乾物重は出穂期直後に最大となったが、疎植多肥区では最大期は出穂約20日後であり、出穂後も茎乾物重の増加がみられた。1 茎当たり茎乾物重の最大値は疎植区、密植区とも少肥区の方がやや大きかった。また、出穂後の減少程度は密植区よりも疎植区の方が大きかった。

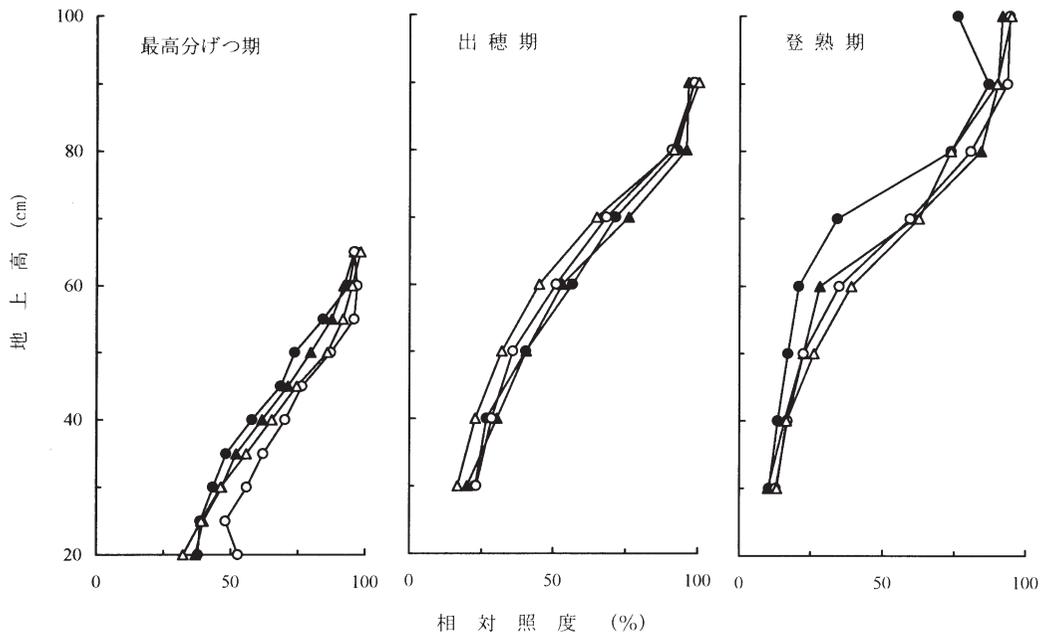
2. 群落の光環境

第 2 図に最高分げつ期、出穂期および登熟期の群落の光環境を示したが、いずれの測定時期においても各試験区の群落の草高にはほとんど差がなかった。まず最高分げつ期についてみると、疎植少肥区が群落の全層において相対照度が高く、群落内への光の透過状態が最も優れた。他の 3 区の差は顕著ではないが、疎植多肥区および密植少肥区の光透過が優れる傾向で、特に群落上層では疎植少肥区に近い光環境であった。次に、出穂期をみると、最高分げつ期には最も光透過の劣った密植多肥区の光透過が最も優れ、次いで疎植多肥区であった。最高分げつ期に最も光透過の優れた疎植少肥区は光透過が最も劣った。また、出穂期には疎植少肥区および密植多肥区の群落上層における光透過が優れたが、群落中下



第 1 図 1 茎当たり茎乾物重の推移

●：疎植多肥区，○：疎植少肥区，
▲：密植多肥区，△：密植少肥区



第2図 群落内相対照度の推移

●：疎植多肥区，○：疎植少肥区，▲：密植多肥区，△：密植少肥区

層では密植少肥区あるいは疎植少肥区の光透過が優れた。疎植多肥区は群落の全層において相対照度が最も低く、光透過が最も劣った。

以上のように、疎植区では1茎当たりの茎（稈および葉鞘）乾物重が密植区を上回った。また、観察からも、疎植区の茎は密植区よりも太く、疎植で太く充実した茎を得るという目標は達成されたといえよう。一方、群落の光環境については、最高分げつ期では疎植の方が光透過が優れる傾向であったが、出穂期には密植区との差が明瞭ではなかった。また、登熟期には疎植少肥区では密植区とほぼ同様であり、疎植多肥区は明らかに光透過が劣る結果であった。つまり、疎植による群落の光環境の改善が認められたのは、出穂期頃までであり、登熟期の群落の光環境の改善はみられなかったといえよう。

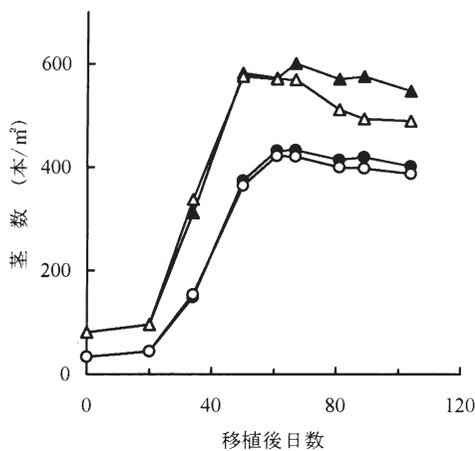
このように疎植は所期の目標をある程度まで達成したが、このことが収量にどのように関連したかを検討するため、以下では収量および収量関連形質の結果を述べる。

3. 収量および収量構成要素

結果を第2表に示した。穂数は疎植区では300本/m²台、密植区でも400本/m²台と全般に少なかった。1穂粒数は疎植区では100粒前後、密植区では80粒あまりで、疎植区の方が多かったが、m²当たり粒数は疎植区の方が少なかった。目標としたm²当たり粒数3.5万粒を確保したのは、疎植、密植とも多肥区であった。少肥区は目標粒数をやや下回ったが、これは穂数の不足によるものであった。登熟歩合は全区とも70%台で低く、冷害による登熟不良が明らかで、疎植多肥区が最も低かった。玄米千粒重は全般にやや小さめで、多肥区より少肥区の方がやや大きかった。精玄米収量は密植多肥区が616kg/10aとなった以外は

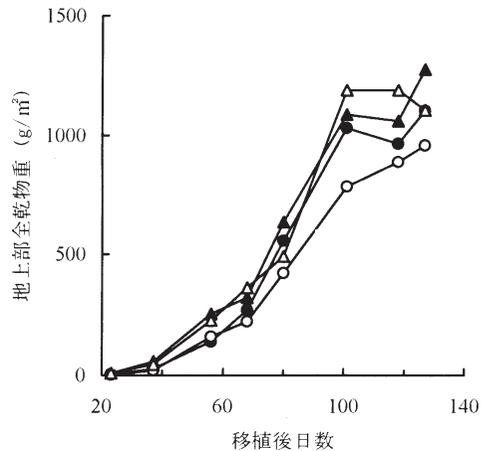
第2表 収量および収量構成要素

	疎 植		密 植	
	多 肥	少 肥	多 肥	少 肥
穂 数 (本/m ²)	374	318	474	414
1 穂 粒 数 (粒)	95.3	101.5	82.4	81.0
粒 数 (粒/m ²)	35,600	32,000	38,900	33,500
登 熟 歩 合 (%)	71.8	75.3	74.3	75.3
玄米千粒重 (g)	21.1	21.7	21.4	21.6
精玄米収量 (kg/10 a)	538	521	616	544
屑玄米収量 (kg/10 a)	61.9	60.1	55.3	58.7
粗玄米収量 (kg/10 a)	600	581	671	603



第3図 茎数の推移

●：疎植多肥区，○：疎植少肥区，
▲：密植多肥区，△：密植少肥区



第4図 地上部全乾物重の推移

●：疎植多肥区，○：疎植少肥区，
▲：密植多肥区，△：密植少肥区

520~540kg/10 a で大差がなかった。屑玄米収量はいずれも60kg/10 a 前後で、密植多肥区を除いて屑玄米収量の精玄米収量に占める割合は10%を越えており、登熟不良がここでも認められる。密植多肥区の登熟歩合は他区に比べて高くはなかったが、屑玄米収量の精玄米収量に占める割合は最も低く、他区に比べて玄米生産の無駄が少なかった。精玄米収量と屑玄米収量を合わせた粗玄米収量は最も多かった密植多肥区でも700kg/10 a に及ばず、他区では600kg/10 a 前後であった。これは、過去3年の本学で実施した多収栽培実験の結果と比べて低く、玄米生産量が全般に少なかった。

4. 茎数および地上部全乾物重の推移

茎数の推移を第3図に示した。最高茎数は疎植多肥区433本/m²，疎植少肥区422本/m²で、密植多肥区587本/m²，密植少肥区560本/m²であった。このように、疎植区、密植区とも基肥施用量による最高茎数の違いはわずかであったが、茎数の減少程度は多肥区の方が少な

った。

地上部全乾物重の推移を第4図に示した。移植後60日ころまでは疎植区は密植区を下回ったが、その後疎植多肥区は密植区に近い推移となった。各区の出穂期は移植後94日ころであったが、疎植少肥区を除いて出穂後に乾物重増加の停滞がみられた。このため、地上部全乾物重は過去3年の1400~1500 g/m²以上に比べてかなり低かったが、その中では、密植多肥区が最も大きかった。

考 察

本年は全国平均の作況指数が74となる記録的な大冷害に見舞われた。また、大不作による米不足とともに、米の輸入の部分自由化が決定されたという意味でも、我国の米作史上きわめて重大な年であった。本実験の結果を検討するに当たって、本年が著しい冷害年であったことを強調しておく。

過去3年に本学で実施した多収栽培実験の収量は平均744kg/10 aであり、本年の収量はこれに比べると17~30%低かった。最大の減収要因は言うまでもなく冷害であるが、いもち病は葉節いもち病の発生がみられたものの、葉いもち病および穂いもち病は散見される程度であった。また、低温に経過したため虫害は少なく、病虫害による減収は重要ではなかった。したがって、減収の主な要因はイネの生育そのものにあったと考えてよい。イネの収量決定過程は、穂数および1穂粒数の増大によって粒数の増大が図られる過程(粒数獲得過程)および、生産した乾物を粒に転流させて玄米生産の増大が図られる過程(玄米生産過程)の2つに分けて考えることができる。そこでこれらの過程について順に考察する。

1. 粒数獲得過程

粒数に関して注目すべき点は、密植区の1/2以下の栽植密度の疎植区で、700kg/10 a程度以上の収量に必要な3.5万粒/m²の粒数が冷害年においてもほぼ得られた点である。疎植少肥区では3.2万粒/m²とやや少なかったが、密植少肥区と大差ない粒数が得られた。粒数から見る限り、疎植でも700kg/10 a以上の多収をあげる可能性が充分あるといえる。

次に、粒数の決定要因である茎数および1穂粒数についてみることにする。疎植区については比較データがないが、密植区の茎数増加経過を過去3年のデータと比較すると、最高茎数は過去の平均値650本/m²を下回っていた。また、昨年と同様の実験では、基肥窒素施用量が5 kg/10 aと7 kg/10 aとで茎数増加に明らかな差がみられたのに対し、本年は疎植区、密植区とも基肥施用量の違いは分けつ増加にほとんど影響しなかった。施肥と分けつ増加の関係については、窒素の影響が大きいとされる⁹⁾が、本年はリン酸の影響が大きかったのではないかと推察される。本年は低温であったため、リン酸の有効化が遅れたり、有効態リン酸の溶解度が低下し、リン酸の吸収が抑制されたことが考えられる。冷害年の3要素の養分吸収を平年と比較すると、リン酸の吸収抑制が最も大きかったとの報告¹⁰⁾や、リン酸は分けつ増加速度に大きな影響を与えるとの報告¹¹⁾などを考慮すると、本年の最高茎数が少なかったことにはリン酸の吸収抑制が関った可能性が高い。1穂粒数は過去3年の密植区の平均の90粒より10%ほど少なかった。これは、本年は全乾物重が低く推移した、つまり、小出来な生育であったことが主な原因であろう。また、過去3年は手作業で脱穀したのに対し、本年は脱穀機を使っ

たため不登熟粒の一部が回収されなかったことも一因と考えられる。

密植区については、本年の籾数は1穂籾数よりも m^2 当たり穂数の減少の影響を大きく受けて過去3年よりも少なくなったと考えられる。一方、疎植については、莖数確保に不利であった冷害年において、必要な籾数が確保されたことには、コシヒカリが偏穂数型品種であることの影響が大きいといえよう。しかし、同一基肥施用量では疎植区の籾数は密植区の籾数を下回っており、莖数（穂数）確保において疎植が不利であったことは否定できない。

2. 玄米生産過程

玄米生産の多少は登熟歩合と乾物生産量によって決定される。既に述べたように、本年は冷害の影響で登熟歩合が低かった。また、冷害のために登熟歩合の試験区間差が出にくかったと考えられる。しかし、登熟期に群落の光環境の最も劣った疎植多肥区は登熟歩合が最も低かった。

一方、乾物生産量を地上部全乾物重の推移で見ると、本年は生育全期間を通じて乾物重が過去3年より小さく推移した。特に、移植後100日ころからの約20日間の、通常は穂への乾物の移行が最も盛んとなる時期に乾物重の停滞がみられ、過去3年間との乾物重の差が拡大した。これはこの時期の天候不良による日射量不足の影響であることは明らかである。本年の収量が低かったことの最大の要因は、出穂期以降の乾物生産量が少なかったことといえる。冷害年における減収は、全乾物生産が減少するためではなく、全乾物生産は平年並みであるが、炭水化物の穂への移行が低温のために阻害されて登熟が順調に進まないため³⁾ともいわれるが、本実験はこれとは異なる結果であり、多収イネにおいては全乾物生産の低下が重要な減収要因となることを示す1事例として注目の必要があろう。

3. 安定多収のために

本実験の基礎となった多収農家の栽培法は基肥窒素量（6～7 kg/10 a）に若干の差があるものの、本実験の密植多肥区が相当する。松島省三氏らは毎年この多収農家の収量調査を行っており、著者らもその作業に参加した本年の調査結果ではコシヒカリで767kg/10 aの多収であった。本実験で密植多肥区が他区を大きく上回る収量をあげたことおよびこの調査結果から、多収農家の栽培法の安定性は非常に高く評価できるものといえる。特に、冷害年において多収をあげた鍵の一つとして基肥での燐酸の多量施用が指摘できると思われる。

群落の光環境は光合成に影響するものであるから、乾物生産や登熟歩合に係る重要な要因である。本実験は疎植により群落の光環境を改善して登熟を高めようとしたが、疎植による光環境の改善は出穂期ころまでで、登熟期にはむしろ密植区の方が群落内への光透過が優った。これは、疎植区では上位葉の葉身長が長く、水平葉型の葉群構造をとったため、上位葉を直立的に変えるためには、穂肥の施用量および時期を改善する必要がある。疎植でも必要籾数が確保できているので、このような改善により疎植での多収の可能性がある。本田は、疎植イネが密植イネに比べて分けつが旺盛で、草丈伸長や莖重増加がまきり、莖が太く強靱であること、栽培管理を適切にすれば穎花数が収量制限要因にならないことを指摘している²⁾。また、橋川は、疎植イネは一穂穎花数が多く、2次枝梗上の穎花数が増加しているが、登熟の低下程度は軽く、疎植イネの多収性を認めている¹⁾。これらの報告からも疎植稲における登熟力の高さが多収性に結び付くことが分かるが、本実験では疎植イネの持つ登熟力の高さが見られなかった。本年は、1茎当たり莖乾物重の疎植と密植との差が小さかった

ことに見られるように、あつまりの生育をする疎植稲の生育特性が冷害による生育抑制のために発揮されず、本来の疎植イネの登熟力が十分に発揮されなかったことも疎植区で多収が得られなかった一因であろう。

コシヒカリのように倒伏しやすい品種で多収を狙う場合には、倒伏を防ぐことが重要であるが、稈や葉鞘に炭水化物の蓄積の多い充実した茎は倒伏抵抗性が高い。金らは、多収農家のコシヒカリでは節間重／節間長の値が大きく、耐倒伏性が高い⁴⁾ことおよび、節間重／節間長の値は耐倒伏性と関係が深い⁵⁾ことを報告している。疎植は茎の充実を図り、耐倒伏性を高める最も容易な方法の1つであること、疎植イネの潜在的な登熟力の高さ、疎植に伴う育苗と移植の労力・経費の軽減を考えると、コシヒカリのような品種では疎植栽培の生産性を高める研究を進めることの意義は大きいといえよう。

要 約

コシヒカリ多収篤農家の栽培法を基本として、基肥施用量および栽植密度を異にした試験区を設け、特に、疎植栽培の有効性を検討しようとした。冷害年であったため収量は全般に伸び悩んだが、最も多収となったのは篤農家の栽培法に最も近い試験区の671kg/10aで、篤農家の栽培法の安定性が示された。冷害による生育抑制にもかかわらず、疎植でも700kg/10a水準の収量に必要な総穂数がほぼ確保され、疎植による多収の可能性が認められた。しかし、疎植は登熟歩合が密植より低かったため、収量は密植が上回った。疎植で登熟歩合が低かったのは、出穂期以降の群落の光環境が劣ったこと、冷害による生育抑制のために1茎当たり乾物重の密植との差が小さかったことなどによるものと考えられた。これらのことから、穂肥施用量および施用時期の改善により疎植による多収の可能性があると推察した。

キーワード：基肥施用量，コシヒカリ，栽植密度，多収栽培。

引用文献

- 1) 橋川 潮 1984. 極端な疎植水稻にみられる多収性. 滋賀県立短大学術雑誌 25:47-51.
- 2) 本田 強 1976. 水稻の多収性に関する研究 (1) 乾物および種実生産に対する栽植密度と施肥との相互関係. 東北大農研彙報 27:125-142.
- 3) 石塚喜明・田中 明 1963. 水稻の栄養生理. 333. 養賢堂, 東京.
- 4) 金 忠男・児嶋 清・古賀野完爾・鳥山和伸 1992. 高水準稲作農家におけるコシヒカリの生育・収量. 北陸作報 27:19-22.
- 5) ———・山口弘道 1993. 水稻の節間充実度と倒伏との関係. 北陸作報 28:25-27.
- 6) 玖村敦彦 1955. 水稻における葉身の窒素濃度が水稻の収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 24:177-180.
- 7) 俣野敏子・稲葉 伝・丸山 悟・春日昭夫・山下和也・大西政夫・堀江 武 1992. 水稻の多収稲栽培の実態(1). 信州大学農学部農場報告 6:137-145.
- 8) ———・萩原素之・三輪素康・丸山 悟・春日昭夫・山下和也・大西政夫・井上直人・堀江

- 武 1992. 水稻の多収穫栽培の実態(II). 信州大学農学部農場報告 6:147-153.
- 9) 三輪素康・萩原素之・大西政夫・山下和也・井上直人・堀江 武・丸山 悟・俣野敏子
1994. 水稻品種コシヒカリの安定多収栽培. 1. 多収栽培の成立要因の解析. 信州大学農学部紀
要 31(1):1-9.
- 10) 大山信雄 1985. 地力増強施肥改善による水稻冷害軽減効果 [1]-[3]. 農及園 60:1269-
1274, 1385-1389, 1499-1504.
- 11) Yoshida, S. and Y. Hayakawa 1970. Effects of mineral nutrition on tillering of rice. Soil Sci,
Plant Nutr. 16: 186-191.