

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

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

信州大学農学部 生物資源生態学講座・*京都大学農学部・

**信州大学農学部 附属農場

Stable High Yielding Culture of Paddy Rice Variety “Koshihikari”

1. Analysis of factors determining high yield

**Motoyasu MIWA, Motoyuki HAGIWARA, Masao OHNISHI*, Kazuya YAMASHITA*,
Naoto INOUE*, Takeshi HORIE*, Satoru MARUYAMA**
and Toshiko MATANO**

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

*Faculty of Agriculture, Kyoto University

**Research Farm, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

High yielding culture of paddy rice variety “Koshihikari” was analyzed for 3 years. Experimental fields were located in Ina (top farmer’s field and research farm of Shinshu University) and in Kyoto (research farm of Kyoto University). By introducing a top farmer’s high yielding culture method to Shinshu and Kyoto University farm, yield was largely enhanced in Shinshu to more than 700kg/10a but not in Kyoto University farm. The comparison between Ina and Kyoto led to the conclusion that the prerequisite for high yielding culture was large amount of topdressed-nitrogen absorption. Lager topdressed-nitrogen absorption in Ina seemed to be due to larger amount of root in surface soil. Yield in Shinshu University was inferior to that in top farmer’s field. This was also attributed to the difference in the performance of nitrogen absorption, partly due to the difference in the size of rooting zone. Enlargement of a rooting zone seemed to lead to higher yield as a result of larger nitrogen absorption.

(Jour. Fac. Agric. Shinshu Univ. 31 : 1—9, 1994)

Key words: High yielding culture, Koshihikari, Root system.

緒 言

コシヒカリは良食味品種であるが倒伏しやすく、いもち病に弱いことなどから、多収の難しい品種とされている。しかし、本学農場水田の立地する長野県南箕輪村およびこれに隣接する伊那市は、コシヒカリの作付が8割程度と多いにもかかわらず、10a当たり収量は650kgを越えており、全国で1, 2位の水稲の多収地域である^{6,7)}。本地域の収量の高さは特筆すべきものといえる。松島^{6,7)}は本地域の水稲の多収栽培に関する調査を行い、伊那市の代表的な多収農家である春日氏については800~900kg/10a水準の多収を安定して挙げていること等を報告している。

本学農場水田は当該地域としてはやや収量水準が低く、コシヒカリの平均収量はこれまで600kg/10a前後であった。また、京都市は全般に収量の低い地域で、コシヒカリの平均収量は500kg/10a前後であり、京都市に立地する京都大学農学部構内農場水田も同様の収量水準であった。

本研究は、従来の収量水準が低かった信州大学および京都大学の水田において、安定多収実績のある上述の農家(春日氏)の肥培管理と水管理の方法を導入し、春日氏の多収栽培法が両水田でも有効かどうかを検討しようとしたものである。また、春日氏のコシヒカリの生育の特徴を信州大学および京都大学のコシヒカリの生育との違いから明らかにすることにより、800kg/10a以上の多収栽培を可能とする生育および多収栽培の成立要因を究明しようとした。本研究の一部は既に報告した^{4,5)}が、その後の試験も加えた3年間の試験期間を通してみられた傾向を抽出することにより、多収栽培の成立要因の概要がほぼ明らかとなったので報告する。

材料および方法

水稲品種コシヒカリを供試し、春日氏水田(長野県伊那市美篤)、信州大学農学部附属農場水田(長野県南箕輪村駒美)、京都大学農学部構内農場水田(京都府京都市左京区北白川)において1990~1992年の3年間実施した。以後、それぞれ春日区、信大区、京大区と呼ぶ。

春日区の苗は3年とも春日氏の育苗したポット苗中苗であった。また、信大区も3年とも春日氏の育苗したポット苗中苗および信大で育苗したマット苗稚苗を供試し、2試験区を設けたが、本報告ではこの2試験区の平均値を用いて結果を述べる。京大区では1990年は信大で育苗したマット苗稚苗、1991年は春日氏の育苗したポット苗中苗、1992年は京大で育苗したマット苗中苗を用いた。移植日および栽植密度は1990年5月13~18日、21.2~26.3株/m²、1991年は5月10~22日、22.2~25.3株/m²、1992年は5月12~26日、22.2~26.7株/m²であり、春日区は機械移植、その他は手植えした。1株植え付け本数はポット苗中苗では平均3.1本であった。マット苗稚苗は1株3本植えとした。

信大区および京大区では栽培方法を春日区にできる限り近似させた。春日区の施肥量と施肥時期を第1表に示した。

信大区においては1990年のみ使用肥料の違いによる磷酸成分量の微小な違いがあったが、

第1表 春日区の施肥量（成分量/10 a）および施肥時期

	1990年			1991年			1992年			施肥時期
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
基肥	0	20.0	0	0	20.0	0	0	20.0	0	荒代かき前
	7.8	10.2	7.2	6.0	10.8	9.6	7.0	12.6	11.2	植え代かき後
追肥	0	0	6.0	0	0	6.0	0	0	6.0	幼穂形成期直前
穂肥	5.0	0	0	5.0	0	0	5.0	0	0	幼穂長2cm時
	4.0	1.2	2.4	4.0	1.2	2.4	4.0	1.2	2.4	第1回穂肥施用の5日後
	5.0	0	0	5.0	0	0	5.0	0	0	第2回穂肥施用の5日後
合計	21.8	31.4	15.6	20.0	32.0	18.0	21.0	33.8	19.6	

これ以外は春日区と全く同一の施肥とした。京大区では1990年は春日区とほぼ同一としたが、生育過剰となって倒伏を招いた。そこで、1991年以降は荒代かき前の磷酸施用量は同一としたが、基肥窒素施用量を3 kg/10 aに減量し、穂肥窒素施用量を4 kg/10 a（1991年）または7 kg/10 a（1992年）とし、磷酸およびカリの合計成分量をそれぞれ27～28kg/10 aおよび12.4～14.0kg/10 aに減量した。水管理は基本的には移植から6月下旬は浅水管理、6月下旬から2週間程度は深水管理とし、その後は間断灌漑とした。しかし、信大区、京大区とも水利事情等により、水管理を春日区と同様にすることができなかった場合もあった。

各年度とも各区10～20株について適時茎数の追跡調査を出穂期頃まで行った。また、2週間前後の間隔で各区の生育中庸な10～18株を抜き取り、器官別乾物重および稲体窒素成分の分析を行った。窒素分析法は1990および1991年はケルダール法、1992年は近赤外分光光度計（BRAN+RUBBE 社製 InfraAlyzer 500）を用いて近赤外反射光分光分析法¹⁾によった。

1991年には登熟期における根量の深度別分布の調査を改良モノリス法により、春日区は出穂14日後、信大区は出穂15日後、京大区は出穂38日後に行った。調査前日の抜き取り調査の茎数および草丈の平均値にできるだけ近い株を各区1株選んで深さ40cm、幅50cm、厚さ5cmのモノリス板によって根群を採取した。

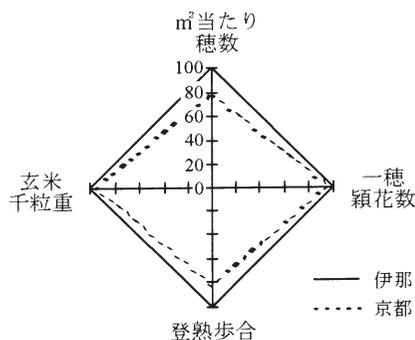
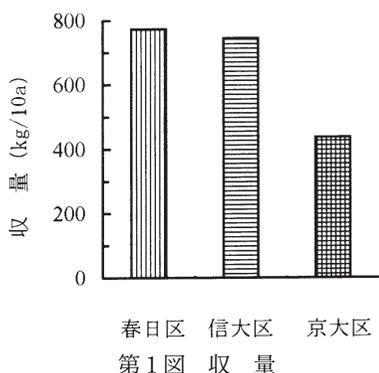
収量調査は成熟期に生育中庸な箇所を選んで4～7畦×7株（1990、1991年）を数箇所、またはランダムに30株×2反復（1992年）を刈り取って行った。収量は1株占有面積を実測して算出した。

結 果

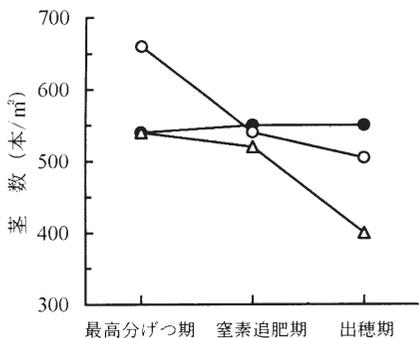
本報告では3年間共通してみられた生育の特徴を中心に、すべて3年間の平均値を用いて述べることにする。

1. 収 量

第1図に収量を示した。10 a 当たり収量は春日区は773kg、信大区は744kg、京大区は438 kgであった。信大区は春日区を30kg程度下回ったものの、ほぼ同水準の多収であったとい



第2図 収量構成要素の比較
伊那は春日区と信大区の平均。
伊那を100とした比数で表示。



第3図 茎数の推移
●：春日区, ○：信大区,
△：京大区

え、従来の収量水準（およそ600kg）を大きく上回った。一方、京大区は春日区および信大区より300kg以上低く、従来の収量水準に留まった。

以下では、多収栽培の成立要因を明確にするため、まず初めに、収量が著しく異なった伊那（春日区および信大区）と京都（京大区）の比較を行ない、次いで、収量水準が近かった伊那の2試験区（春日区と信大区）間の比較を行うことにする。

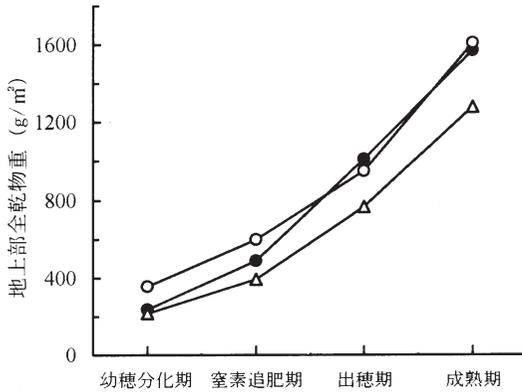
2. 伊那と京都の比較

収量構成要素の比較を第2図に示した。収量構成要素から見ると、伊那と京都の収量差は穂数と登熟歩合の顕著な差によるものであることがわかる。すなわち、伊那は収量キャパシティーと収量内容生産量の両面において優れていたため京都に比べて著しい多収となっていた。

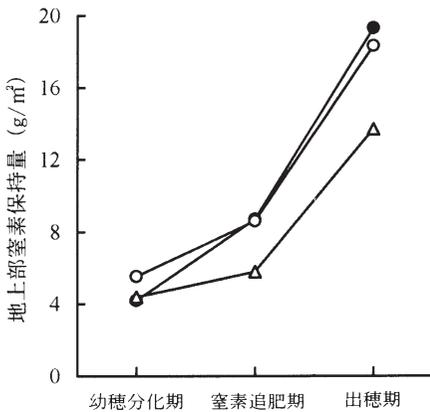
収量キャパシティーおよび収量内容生産物の大小を決定づけたのは、それぞれ穂数および登熟歩合であったので、これらが決定される生育過程について順に比較する。

穂数の決定過程を最高分げつ期から出穂期までの茎数の推移で比較することになると（第3図）、最高茎数は伊那は平均約600本/m²で京都は約530本/m²で伊那の方が多かった。窒素追肥期（第1回穂肥施用期、以後同様）の茎数は伊那と京都で大差がみられなかったものの、その後は出穂期までに京都では茎数が大きく減少したのに対し、伊那では大きな減少はみられなかった。したがって、伊那の穂数（平均約530本/m²）と京都の穂数（400本/m²）の差は窒素追肥期以後の茎数の減少程度の差によるものであった。

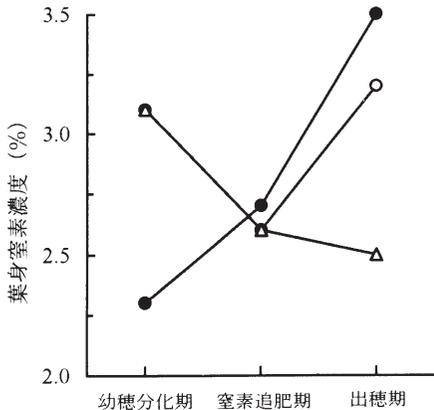
登熟歩合は出穂期前後の乾物生産量によって最も大きな影響を受けるとされている。そこで、幼穂分化期以後の地上部全乾物重の推移（第4図）の比較によって登熟歩合の成立過程を検討することになると、乾物生産量は窒素追肥期あるいは出穂期以後、伊那の方が京都より大きくなる傾向であった。したがって、伊那と京都における登熟歩合の差は窒素追肥以後の乾物生産量の差によるところが大きかったと考えられる。



第4図 地上部全乾物重の推移
●：春日区，○：信大区，△：京大区



第5図 地上部窒素保持量の推移
●：春日区，○：信大区，△：京大区



第6図 葉身窒素濃度の推移
●：春日区，○：信大区，△：京大区

以上のように、伊那と京都の収量差を決定づける生育上の差異が顕著となる時期は、茎数の推移においても乾物生産量においても窒素追肥期以後であった。茎数の増減、乾物生産はいずれも稲体の窒素吸収量に大きく支配される。そこで次に、地上部稲体の追肥窒素の吸収量および乾物生産の場である葉身の窒素濃度をみることにする。

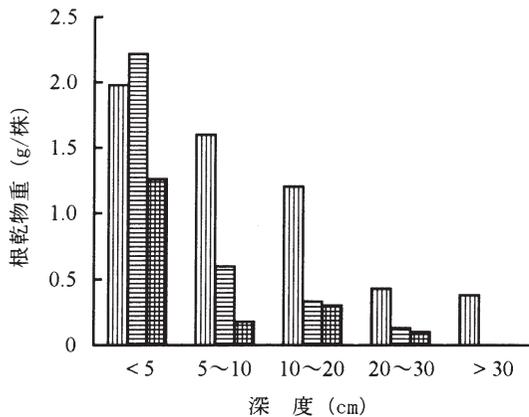
窒素は出穂期までの吸収が大半であったので、出穂期までの地上部窒素保持量（第5図）で窒素吸収量を比較すると、出穂期までの吸収量は伊那が京都をかなり大きく上回っていた。また、葉身窒素濃度（第6図）は伊那では幼穂分化期以降あるいは窒素追肥期以降は上昇したのに対し、京都では上昇がみられなかった。

追肥窒素の吸収に影響する要因として窒素追肥時期に土壌表層に分布する根量の大小が考えられる。根量は出穂期頃までにほぼ最大に達することから、窒素追肥期と登熟期の根量に著しい違いはないと考えることができよう。登熟期における根量の深度別分布を第7図に示した。追肥窒素の吸収に最も関係すると考えられる土壌表層の深度5 cmまでの根量についてみると、京都は伊那に比べて40%程度も少なかった。

3. 春日区と信大区の比較

茎数の推移（第3図）をみると、窒素追肥期には両区の茎数に大差はなかったが、出穂期には春日区の茎数が上回っており、信大区では窒素追肥期以後に茎数の減少が認められた。しかし、春日区と信大区で最も顕著な差がみられたのは窒素追肥期以前であり、信大区では最高茎数が春日区より100本/m²以上多く、最高分けつ期後の茎数の減少が著しかった。

地上部全乾物重（第4図）は、窒素追肥期以前は春日区の方が低く推移したが、幼穂分化期から窒素追肥期までの乾物生産量



第7図 根乾物重の深度別分布

□ 春日区, ▨ 信大区, ▩ 京大区

は、茎数の減少の著しかった信大区と同程度であった。しかし、窒素追肥期以後は春日区の乾物生産量が急激に増加し、出穂期には地上部乾物重が信大区を上回った。出穂期以後は信大区の方が乾物生産量がやや大きかったため、成熟期の地上部乾物重は信大区がやや上回った。

地上部窒素保持量(第5図)は最高分けつ期直後の幼穂分化期には春日区の方が少なかった。しかし、幼穂分化期以後は春日区の窒素吸収が上回り、窒素追肥期には地上部窒素保持量は両区ともほぼ同じになり、出穂期には春日区の方が上回った。葉身窒素濃度(第6図)も幼穂

分化期には春日区の方が低かったが、窒素追肥期には春日区がやや上回り、出穂期には信大区との差がさらに拡大した。

根量の深度別分布(第7図)をみると、前述のように土壌表層の根量は信大区がやや上回っていたものの、5 cm以上の深度での根量は春日区の方が著しく多く、春日区のイネの根域の深さが明瞭であった。なお、春日区と信大区の根を比較した場合、春日区の根は分枝根が非常に多いことが観察で認められた。

考 察

1. 伊那と京都の比較からみた多収栽培の成立要因の解析

伊那と京都の著しい収量差は、両地域の収量キャパシティーおよび収量内容生産物の両者の違いによるものであった。また、収量キャパシティーおよび収量内容生産物の大小を決定づけたのは、それぞれ穂数および登熟歩合であった。したがって、穂数を増大させ、登熟歩合を向上させる要因が多収栽培の成立要因として第一義的に重要と考えられる。

茎数の推移からみて、伊那の穂数が京都より多くなったのは最高茎数よりも窒素追肥期以後の茎数の減少の違いによるところが大きい。茎数の消長は稲体内窒素濃度との関連が密接とされる^{2,9)}が、窒素追肥期以後の窒素保持量および吸収量は伊那の方が多く、葉身窒素濃度も伊那の方が大幅に高く推移した。伊那の穂数が上回ったのは主としてこのような窒素の吸収動態の違いに起因すると考えられる。一方、登熟歩合の差に関しても窒素の吸収動態が関与したと考えられる。すなわち、伊那では葉身窒素濃度が高まったことが光合成能の向上を通して乾物生産の増大につながり、ひいては登熟歩合を向上させたと考えられる。また、本報告では触れなかったが、出穂後に再転流されて収量内容生産物の一部を構成する非構造的炭水化物の蓄積量の最大値が伊那の方が大きかったことも、伊那の光合成能および乾物生産が高かったことの結果であり、登熟歩合を高めた要因と考えられる。

以上のことから、穂数および登熟歩合のいずれにおいても伊那と京都の差を決定づけた要

因としては窒素追肥期以後の窒素の吸収動態が重要といえる。すなわち、窒素追肥期以後の窒素吸収量が多くなるのが伊那における多収栽培の最も重要な成立要因と考えられる。京都で窒素追肥期以後の窒素吸収量が少なかった原因としては、京都では1991年以降は窒素追肥量が伊那より少なかったことおよび、根量の違いが考えられる。伊那と窒素追肥量を同じにした1990年は窒素追肥期以後明らかに過繁茂状態にあり、著しい倒伏を招いた。したがって、京都では単に窒素吸収量を増加させるだけではだめで、いかにして適正な生育を保ちながら窒素吸収量を増加させるかが問題である。一方、登熟期の根量は伊那と京都で著しい違いがみられた。京都の根量のデータは登熟後期のものであるため、根腐れによって登熟初期に比べて根量が減少している可能性を考慮する必要があるが、伊那と京都で根量に大きな差があったことは否定できないであろう。特に土壌表層の根量の違いが追肥窒素吸収量の違いにつながったことが十分考えられる。では、京都において土壌表層の根量を増大させることによって追肥窒素吸収量を増大させることができれば、収量の向上が望めるであろうか。既に述べたように、京都では追肥窒素吸収量の増大は単純には収量増につながらない。しかし、根量の増大は乾物分配の変化、すなわち根への乾物分配の増大を必要とするから、窒素追肥期頃に根量が増大しているとすれば、一方で地上部の生育は抑制されていることになるはずである。したがってこの場合、追肥窒素吸収量の増大によっても生育が過剰とならず、収量が向上することが期待できる。

2. 春日区と信大区の比較からみた多収栽培の成立要因の解析

春日区と信大区の収量差は大きくはなかったが、3年間を通して春日区が信大区を上回る傾向であった。両区間に認められる生育の差異は多収栽培の第二義的な成立要因と捉えられよう。

両区の収量構成要素には3年間を通して一定の傾向は認められず、収量構成要素から両区の収量差を説明することは困難であった。両区の生育で3年間を通してみられた特徴は、最高莖数は信大区の方が多いが、穂数には大差がなかったことである。春日区で無効莖の発生が少なく、乾物生産の無駄が少なかったことは多収の一要因であろう。春日区で無効莖の発生が少なかったのは、幼穂分化期（最高分げつ期直後）頃までの窒素吸収が少なかったためと考えられる。また、春日区では遅れ穂の発生が比較的多く、遅れ穂も登熟して収量に寄与したことも付け加えておく必要がある。幼穂分化期以後は春日区の窒素吸収が信大区を上回るようになり、窒素追肥期以後は窒素保持量も信大区を上回った。さらに葉身窒素濃度も春日区が上回るようになった。この結果、窒素追肥期以後、春日区の乾物生産が信大区を上回る傾向となった。これも春日区が多収の一要因であろう。

以上のことから、春日区と信大区の比較においても、窒素の吸収動態が重要と考えられる。春日区と信大区は3年も施肥は共通といえるので、窒素の吸収動態に差が生じた原因としては以下のようなことが考えられる。春日区と信大区では水系が異なり、春日区の水系（三峰川由来）は信大区の水系（諏訪湖由来）より窒素濃度が低いとされており、灌漑水由来の窒素供給が春日区の方が少なかった可能性がある。また、春日区は信大区より減水深が大きかったため、窒素肥料成分の溶脱が多かった可能性も考えられる。幼穂分化期以後の窒素吸収の差には、根量の違い、特に土壌深層の根量の違いが関与したことが考えられる。春日区では根域が深かったために地力窒素の吸収が信大区に優り、窒素吸収量を増大させた可能性

がある。600kg/10 a を越える高水準の収量と関連深いのは土壌表層のうわ根だけでなく、深層に分布する根であり³⁾、多収イネでは根系はより深層に分布する⁸⁾といわれる。信大区においても根域をより拡大することにより、さらに収量の向上が図れる可能性があろう。

3. まとめ

信大区では従来の収量水準を大きく越える700kg/10 a 以上の多収が3年連続して得られ、春日氏の多収栽培法は有効であった。一方、京大区では春日氏の栽培法は有効ではなかった。この差は追肥窒素を多量に吸収し、窒素追肥期以後に旺盛な乾物生産を行えるイネが作れたかどうかの違いによるものであった。追肥窒素を多量に吸収できるイネは窒素追肥期前に地上部の生育を抑制ぎみにして根量の拡大を図るイネと考えられた。また、このような生育には最高分け時期頃までの窒素吸収動態が重要であり、窒素吸収が抑制ぎみであることが関与しているとみられた。一方、春日区と信大区の比較から700kg/10 a 以上の多収レベルで多収上重要な要因を検討すると、やはり窒素の吸収動態が重要であることが示唆された。幼穂分化期ないし窒素追肥期以後の窒素吸収量を増大させ、乾物生産をさらに増大させるためには、根量だけでなく根域の拡大が重要とみられた。

要 約

コシヒカリの多収栽培について、伊那市の篤農家水田、信州大学農学部水田および京都大学農学部水田の3ヶ所で、3年にわたって比較実験を行った。篤農家の多収栽培法の導入により、信州大学農学部水田では収量が大幅に向上し、700kg/10 a 以上の多収となったが、京都大学農学部水田では収量の向上は見られなかった。伊那（篤農家と信州大学農学部）水田と京都大学農学部水田との比較から、多収栽培の第一義的な要件は追肥窒素の吸収量が大いことと考えられた。また、伊那で追肥窒素の吸収量が大いのは、土壌表層の根量が多いためと考えられた。信州大学農学部水田の収量は篤農家水田の収量に及ばなかったが、これも窒素吸収動態の差に起因すると考えられた。窒素吸収動態の差をもたらした要因の1つとして根域の違いが考えられ、根域の拡大が窒素吸収量の増大を通して収量の増大につながることが示唆された。

キーワード：コシヒカリ，根系，多収栽培。

引用文献

- 1) 井上直人・浅井貴之・山田和議・樋口太重 1991. 近赤外反射分光分析法による土壌中の全窒素，全炭素および抽出有機態窒素の測定. 北陸作報26：105-108.
- 2) 石塚喜明・田中 明 1963. 水稻の栄養生理. 235-237. 養賢堂，東京.
- 3) 川田信一郎・副島増夫・山崎耕宇 1978. 水稻における“うわ根”の形成量と玄米収量との関係. 日作紀47：617-628.
- 4) 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. 水稻の多収栽培の実態(Ⅰ). 信州大学農学部農場報告6：137-145.
- 5) ———・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.
- 6) 松島省三・小林仁志・亀石雄一・石崎義之・神山雅之・森丘直人 1985. 理想稲稲作の真価の実証(1), (2). 農及園60:661-667, 755-760.
- 7) 松島省三 1989. 理想稲による単収全国1位と2位の村と市. 農及園64:1241-1250.
- 8) 森田茂紀・菅 徹也・山崎耕宇 1988. 水稻における根長密度と収量との関係. 日作紀57:438-443.
- 9) 高橋成人・岡島秀夫・高城成一・本田 強 1956. 水稻分蘖の発生機構 I. 要素欠除下に栽培した水稻の分蘖発生について. 東北大農研彙報8:91-117.