

水稻の冷温登熟性に関する研究 (2)

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	楠谷, 彰人 天野, 高久 佐々木, 右治 小林, 聡
発行元	日本作物學會
巻/号	55巻3号
掲載ページ	p. 321-326
発行年月	1986年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



水稻の冷温登熟性に関する研究

第2報 根系の登熟に対する貢献*

楠谷 彰人・天野 高久**・佐々木右治***・小林 聡***

北海道立北見農業試験場・

***北見地区農業改良普及所

昭和60年10月3日受理

登熟歩合は、出穂前の冷温による稔実歩合の低下や出穂遅延または早冷による稔実歩合の低下ばかりでなく、籾数の多少によっても影響される⁷⁾。このことは、冷害による被害を栽培法の改善によって軽減できる可能性を示唆している。事実、10aあたり収量が45kgという大冷害を被った1983年の網走地方において、北海道全体の平均を上回る360kgの収量をあげた農家が存在した。このような例を検証することは、冷害に耐える栽培技術の開発のみならず新品種の育成に際しても有益な知見を提供するものである。しかしながら、実際農家の圃場において、育苗から収穫までの生育を一貫した方法によって追跡した例は少ない。

本試験は、北海道立北見農業試験場近辺の農家圃場を対象に、栽培条件と水稻の生育ならびに収量との関係を生育解析的手法によって検討したものである。本報では1984年の結果について報告するが、1984年は気象に恵まれ網走地方は史上最高の豊作となった。そのため、冷害による減収回避の実態をみることはできなかったが、試験場内では再現不可能ないくつかの事実を明らかにすることができた。

材料と方法

調査は、1984年に北海道立北見農業試験場水稻試験地ならびに同試験地から20km以内に分布する北見市上常呂地区10戸、訓子府町日出地区10戸の農家水田を対象におこなった。対象農家は地形、土壤条件、微気象等を考慮して、できるだけ異なる環境下に散在するよう選定した。

品種は、当地方の基幹品種である「おんねもち」に統一した。分けつ期、幼穂形成期、出穂期、乳熟期、黄熟期および成熟期に、20株につき主稈葉数(出穂

期まで)、草丈および茎数(成熟期は穂数)を追跡調査した。その平均値をもとに生育中庸の3~5株を選んで採取し、葉面積を測定した後部位別(根、葉、葉鞘+稈、穂)に分け、70℃で72時間乾燥し、その乾物重を秤量した。乾物試料は、後日窒素含有率の測定に供した。

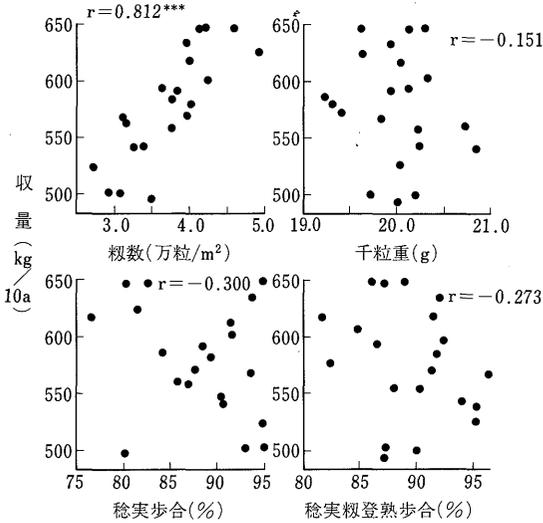
土壤環境として、土壤中のアンモニア態窒素(NH₄-N)量と田面水の降下浸透量を調査した。NH₄-Nの調査は、幼穂形成期頃(7月2日)と出穂期頃(7月30日)の2回おこなった。地表から15cmの畦間土壤を直径約5cmの鉄製円筒により採取し、10%塩化カリで抽出したNH₄-Nをケルダール法で測定した。降下浸透量は、6月20日と7月20日に調査した。直径約30cm、高さ約50cmのポリ塩化ビニル製円筒を、畦間に作土直下まで打ちこみ、円筒内外の水位の変化を連続5日間記録し、円筒内の水位低下を降下浸透量とした。円筒は水位測定後直ちにビニル布で覆い、降雨と蒸散の影響を受けないよう配慮した。2回の調査の平均をその圃場の降下浸透量とした。調査は2反復でおこなった。

8月13日に、改良モノリス法により根の分布状態を調査した。モノリス(5cm×40cm×50cm)を用いて、地表下約35cmまでの根を掘り取り、形がくずれないようにピンで固定した後、ゆるいシャワーをかけ土をとり除いた。水洗後直ちに写真撮影をおこない、その後地表より5cm間隔の層別に切り分けて、70℃で72時間乾燥しその乾物重を秤量した。

収量調査は、各農家の成熟期に50株を手刈りして水稻試験地に運び、十分風乾させた後一斉におこなった。収量は粒厚1.8mm以上の精玄米重とし、千粒重は収量対象玄米について求めた。稔実歩合は、乳熟期に3株の全穂につき触手で調査した。登熟歩合は、収穫時に採取した3株につき、比重1.06で塩水選をおこなって求めた。稔実歩合および登熟歩合調査時の一穂あたり籾数と成熟期に調査した穂数を基

* 内容の一部は、昭和60年4月4日日本作物学会第179回講演会で発表。

** 現在、北海道立上川農業試験場。

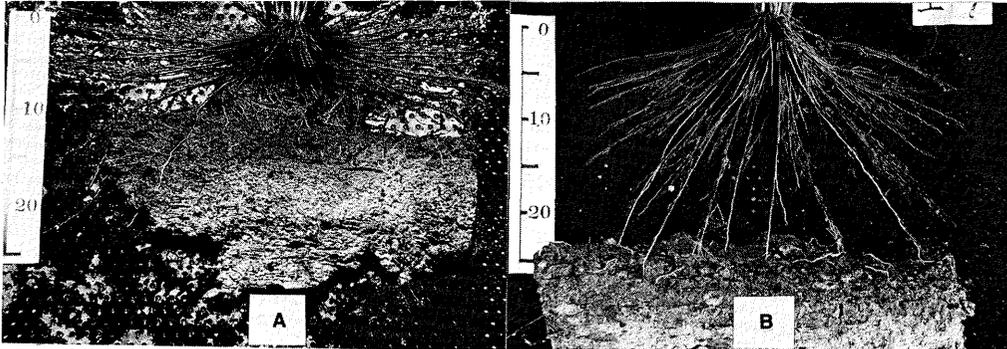


第1図 収量構成要素と収量との関係。
***0.1% レベルで有意。

第1表 収数、稔実収登熟歩合と生長パラメータとの相関。

時期	生長パラメータ	m ² あたり収数	稔実収登熟歩合
II	CGR	0.195	0.079
	MLAI	0.281	-0.025
	NAR	-0.099	0.082
III	CGR	0.720***	-0.526*
	MLAI	0.668***	-0.300
	NAR	-0.091	-0.170
IV	CGR	—	0.334
	MLAI	—	-0.577**
	NAR	—	0.708***
V	CGR	—	-0.317
	MLAI	—	-0.639**
	NAR	—	-0.002

時期II：分けつ期～幼穂形成期。
 III：幼穂形成期～出穂期。
 IV：出穂期～乳熟期。
 V：乳熟期～成熟期。
 * 5% レベルで有意。
 ** 1% レベルで有意。
 *** 0.1% レベルで有意。



第2図 根の層別分布。

に m² あたり収数を算出した。登熟歩合を稔実歩合で除して、稔実した収についての登熟歩合（稔実収登熟歩合）を求めた^{6,7)}。

収穫後、各圃場において深さ約1mの穴を掘り、土壌断面を調査し、北海道農牧地土壌分類第2次案によって土壌の分類をおこなった。その他、6月20日と21日および7月20日と21日の午後1時と5時に気温、灌漑水温、水田水温、暗渠排水温および地温を測定した。

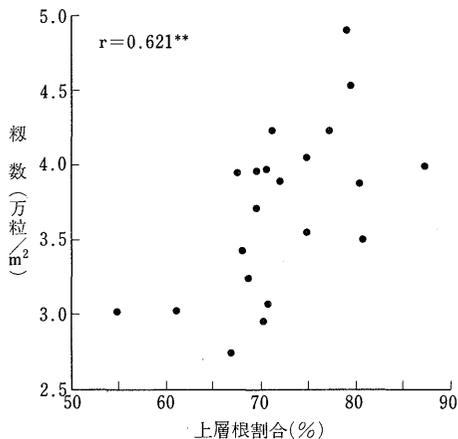
結 果

1. 収量および収量構成要素と乾物生産との関係
 調査の結果、出穂期の最も早い農家は7月21日、最も遅い農家は8月5日で、15日の開きがみられた。21か所の平均出穂期は7月27日であった。全乾

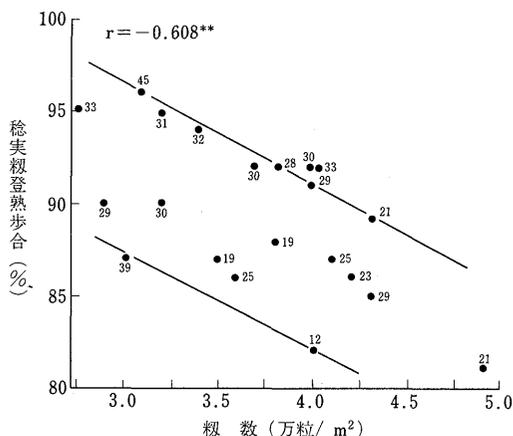
物生産量の最高は1660 g/m²、最低は1160 g/m²であり、最大葉面積指数の最高は5.9、最低は3.0であった。

第1図は、収量と収量構成要素との関係を示したものである。収量は496 kg/10 aから649 kg/10 aの間にあり21か所の平均は578 kg/10 aであった。構成要素のうち収量と有意な相関を示したのは収数のみであった。収数は2.7万粒/m²から4.9万粒/m²にわたり、平均3.7万粒/m²であったが、その変異係数は15%で構成要素中最も大きかった。稔実歩合は76%から95%、稔実収登熟歩合は81%から96%、千粒重は19.2 gから20.8 gの範囲にあったが、収量とは有意な相関を示さなかった。

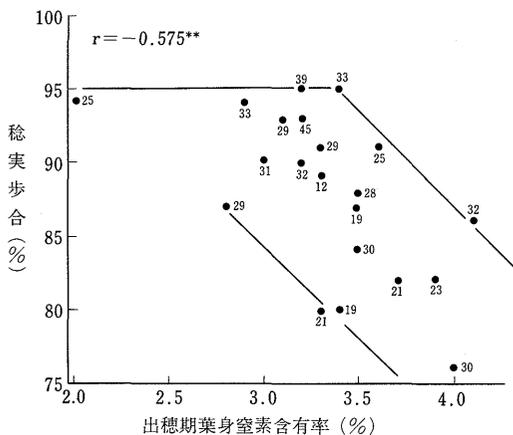
第1表は、収数および稔実収登熟歩合と生長パラメータとの相関係数を示したものである。分けつ期



第3図 上層根割合と籾数との関係。
**1% レベルで有意。



第4図 稔実籾登熟歩合に及ぼす根の分布状態の影響。
図中の数字は下層根割合を示す(%)。
**1% レベルで有意。



第5図 稔実歩合に及ぼす根の分布状態の影響。
図中の数字は下層根割合を示す(%)。
**1% レベルで有意。

から幼穂形成期にかけては、いずれの相関係数にも有意性は認められなかった。籾数は、幼穂形成期から出穂期にかけての個体群生長速度 (CGR) および平均葉面積指数 (MLAI) と密接な正の相関を示した。また、表示しなかったが、籾数と幼穂形成期の葉身窒素含有率との間に $r=0.46^*$ 、出穂期の根乾物重との間に $r=0.47^*$ の有意な正の相関が認められた。一方、稔実籾登熟歩合は出穂期から乳熟期にかけての純同化率 (NAR) と有意な正の相関を示したが、MLAI との間には有意な負の相関が認められた。この時期の NAR と MLAI との相関係数は $r=-0.59^{**}$ であった。籾数と稔実籾登熟歩合との間には $r=-0.61^{**}$ の有意な負の相関が存在した。稔実歩合および千粒重と強い関係を持つ生長パラメータはなかったが、稔実歩合と出穂期の葉身窒素含有率は $r=-0.58^{**}$ の有意な負の相関を示した¹⁾。

2. 根の層別分布

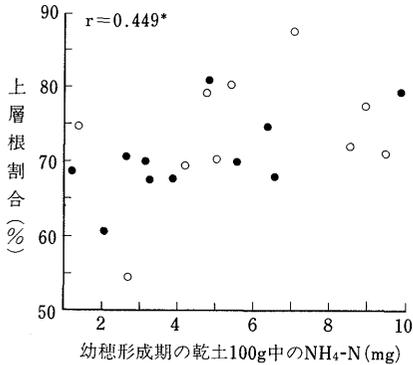
第2図は、登熟期 (8月13日) における根の分布状態を示したものであるが、農家間で作土の深さや根の分布に著しい差がみられた。A 水田は、作土が浅く心土はグライがかかっていて透水性は良くなかった。そのため、根は下層への伸長が阻まれ表層近くに浅く分布していた。また、株直下の根は褐変し、その機能は著しく低下していると推察された。一方、B 水田は作土が深く透水性も良く、淡褐色の太い根が耕土層全体に密に分布していた。また、分枝根の形成も良く、その活力も高いと推察された。

3. 根の層別分布と収量構成要素との関係

根の分布を表わす場合、種々の方法がとられている^{4,5,8)} が、本報では地表下 5 cm 以内に分布する根を上層根、それ以下の根を下層根とし、その乾物重比率を上層根割合、下層根割合とした。したがって、上層根は川田^{4,5)} のいう「うわ根」にほぼ相等し、その割合は 55% から 87% にわたり平均 72% であった。

第3図は、上層根割合と籾数との関係を示したものであるが、上層根割合が高くなるほど籾数は増加した。

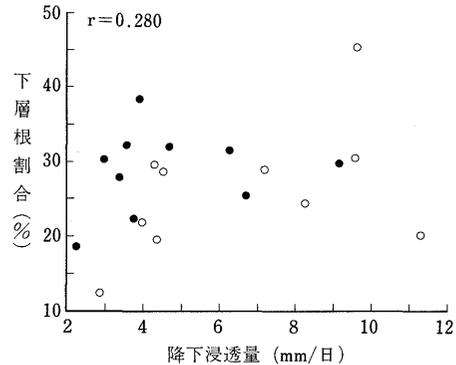
第4図は、籾数と稔実籾登熟歩合との関係を示したものである。図中の数字は下層根割合を示している。前述のように、籾数と稔実籾登熟歩合の間には有意な負の相関関係が存在したが、同じ籾数であれば下層根割合が高いほど稔実籾登熟歩合が高くなる傾向がみられた。そこで、籾数を固定した時の下層根割合と稔実籾登熟歩合との偏相関係数を求めた



第6図 幼穂形成期の土壤中のアンモニア態窒素量 (NH₄-N) と上層根割合との関係。

*5% レベルで有意。

○：上常呂地区，●：日出地区。



第7図 降下浸透量と下層根割合との関係。

○：上常呂地区，●：日出地区。

結果、 $r=0.56^{**}$ という 1% レベルで有意な値が得られた。

第5図には、出穂期における葉身窒素含有率と稔実歩合との関係を示した。図中の数字は下層根割合である。葉身窒素含有率が高くなるほど稔実歩合は低下し不稔が多くなった³⁾が、窒素含有率が等しければ、下層根割合の高い農家群で稔実歩合も高くなる傾向がみられた。葉身窒素含有率を固定した時の、下層根割合と稔実歩合との偏相関係数は $r=0.48^*$ であった。

4. 根の分布に關する要因

以上のように、根の分布状態は収量構成要素と密接な関係を持つ^{4,5,6)} ことが明らかになったので、根の分布を規制する要因について検討した。

第6図に、幼穂形成期頃の乾土 100 g 中の NH₄-N 量と上層根割合との関係を上常呂地区と日出地区に分けて示した。NH₄-N 量の最高は 9.9 mg、最低は 1.0 mg で約 10 倍の差がみられたが、上層根割合とは 5% レベルで有意な正の相関を示した。すなわち、NH₄-N 量が多いほど根は表層近くに浅く分布する傾向にあったが、上常呂地区と日出地区との差は明らかではなかった。

第7図は、降下浸透量と下層根割合との関係を上常呂地区と日出地区に分けて示したものである。降下浸透量は 11.3 mm/日から 2.2 mm/日の範囲にあり、平均 5.6 mm/日であった。全体としては有意な相関関係は認められなかったが、同じ降下浸透量での下層根割合は日出地区で高くなる傾向がみられた。この傾向は、降下浸透量が 6 mm/日以下の場合に顕著であった。日出地区の土壤はほとんどが褐色

低地土に分類されたが、上常呂地区では、褐色低地土の他に灰色低地土、グライ土、泥炭土、褐色森林土等多様な土壤が含まれていた。これらは、降下浸透量と根の分布との関係に土壤の差が影響することを示唆している。したがって、今後は土壤の差を考慮したより詳細な検討が必要と思われる。

他に、気温、水温、地温等との関係も検討したが、いずれも変異幅が小さく、根の分布との間に意味のある関係を見出すことはできなかった。

考 察

北海道立北見農業試験場水稻試験地周辺の農家圃場を対象に、栽培環境と水稻の生育、収量との関係を調査した。調査を実施した圃場間の出穂期、乾物生産量、降下浸透量、NH₄-N 量、根の分布等に著しい差がみられ、このような変異を同時に得ることは場内試験では不可能と考えられた。川田ら^{4,5)} も、栽培環境および自然環境の異なる全国 150 の農家水田を対象に、うわ根と収量との関係を調査した。その結果、収量が 600 kg/10 a 前後までは、収量とうわ根形成量との間に高い正の相関関係があることを認め、うわ根による増収を後期追肥重点主義による増収と呼んだ。すなわち、幼穂形成期から出穂期にかけて伸長する根のほとんどがうわ根となり、この時期の追肥が多いほど根の分布域は浅く表層近くに集中すると述べ、窒素追肥がうわ根の形成を促進し収量を増すことを明らかにした。

本調査の場合、地表下 5 cm 以内に分布する根 (上層根) の割合は、幼穂形成期頃の土壤中の NH₄-N 量と有意な相関を示すとともに、収量とも密接な関係を示した。また、収量は、上層根割合自体とは有意な相関を示さなかった ($r=0.25$) が、収量構成要

素の中では粒数とのみ有意な相関関係にあった。これらから、幼穂形成期前後の土壤中の窒素が多いほど、表層近くに分布する根が増すとともに、乾物生産にも連動して粒数増加に寄与すると考えられた。すなわち、上層根による増収効果は、主に土壤中の窒素条件を反映した粒数増加に基づくものと推察された。

1984年の場合、当地方における水稻収量は粒数の多少に支配されたが、障害型冷害年には稔実歩合が、遅延型冷害年には稔実粒登熟歩合がそれぞれ収量を支配する⁷⁾。すなわち、限界地帯における安定稲作にとっての必須条件は、粒数の増加ではなく登熟の良化である⁷⁾。本調査の結果、根の分布は登熟の良否とも密接に関係していることが明らかになった。地表から5cmを超える下層に分布する根(下層根)の割合が高いほど、同粒数での稔実粒登熟歩合が高く、また同葉身窒素含有率での不稔が少なくなった。岩田ら³⁾も、冷害であった1983年の北陸地方において、収量が根群の発達に関係する作土層の深さや心土層の硬さに強く影響されたと報告している。このように、冷害年の登熟の良化をはかるうえで、下層根の持つ役割はきわめて大きく、下層根の発達を促すことは、障害型冷害ならびに遅延型冷害軽減のための共通の技術になるものと考えられる。

根の分布と乾物生産との関係につき、李・太田⁸⁾は根が耕土深くまで分布することにより、生育後期の下葉の枯れあがり、葉緑素含量の減退、葉の下垂等が抑制されると述べている。すなわち、根の分布と光合成関連形質との関係について考察したが、本調査においても、下層根割合と出穂期から乳熟期にかけてのNARとの間に $r=0.55^{**}$ の有意な正の相関が認められた。また、第1表に示したように、同時期のNARと稔実粒登熟歩合との間にも有意な正の相関があり、出穂後、とくに登熟前期の乾物生産効率が稔実粒登熟歩合に影響すると推察された。したがって、下層根の発達は生育後期の光合成関連形質に作用し乾物生産効率を高め、稔実粒登熟歩合の向上に効果を示すものと考えられる。

根の分布状態は、土壌条件を含めた栽培環境の影響を受けるものと考えられるが、本調査の範囲内では根の分布を強く規制する条件について十分明らかにすることはできなかった。しかしながら、土壌の透水性と水稻の生育、収量との関係について、本谷ら²⁾は、透水性の良い状態では根の活力が高く維持され、葉は直立して枯れあがり少なくなり、稔実歩合

および千粒重が増すと述べている。また村上⁹⁾は、透水量が多いと根が下層に伸び、活力の高い根の割合が増して登熟が良くなると指摘している。これらは前述した下層根の効果と同じであり、透水性の良否は根の分布に大きく影響するものと推察される。本調査の結果では、降下浸透量と根の分布との間に有意な関係はみられなかったが、今後は土壌条件を考慮した解析が課題となろう。また、気象要因の間にも意味ある関連はみられなかった。1984年の5月~9月の積算平均気温は2702°Cで、平年値(1956年からの25年間平均値、2398°C)を約300°C上回っていた。このため、気象条件は水稻生育の制限要因にならなかったと考えられるが、今後この点に関しては冷害年を含めての検討が必要である。

摘 要

北海道立北見農業試験場水稻試験地ならびに近辺の農家圃場を対象に、登熟の良否に影響する栽培条件および環境条件を明らかにしようと試みた。調査は、「おんねもち」を供試して1984年におこなった。

1. 10aあたり収量の最高は649kg、最低は496kgであった。m²あたり粒数は2.7万~4.9万、稔実歩合は76%~95%、稔実した粒の登熟歩合(稔実粒登熟歩合)は81~96%で、収量は粒数とのみ有意な相関を示した。

2. 粒数は、幼穂形成期から出穂期にかけての個体群生長速度および平均葉面積指数と正の相関を示した。稔実粒登熟歩合は、出穂期から乳熟期にかけての純同化率と正の相関を示した。

3. 根の層別分布に顕著な差がみられた。地表より5cm以内に分布する根(上層根)の割合が高いほど粒数が多かった。地表より5cmを超える下層に分布する根(下層根)の割合が高いほど同粒数での稔実粒登熟歩合が高く、同葉身窒素含有率での不稔が少なかった。

4. 上層根割合は幼穂形成期頃の土壤中のアンモニア態窒素量と正の相関を示した。根の分布を規制する他の要因については、十分明らかにすることはできなかった。

謝辞：本調査の遂行にあたり、北見市上常呂農業協同組合および訓子府町農業協同組合から全面的な御支援と御協力をいただいた。調査対象農家の方々からは、圃場を拝借したうえ、調査の際には多大な御助力をいただいた。窒素分析に際しては、北見農

業試験場小麦科の自動窒素分析装置を使っていた。以上の各位に対し、銘記してここに深謝の意を表す。

引用文献

1. 天野高久 1984. 水稻の冷害に関する作物学的研究. 北海道立農業試験場報告 **46**: 1-67.
2. 本谷耕一・速水昭彦 1964. 水稻の生育調整に関する栄養生理的研究. 東北農試研報 **30**: 13-93.
3. 岩田忠寿・湯浅佳織・井上健一 1984. 昭和58年度水稻作柄の低下と根群の分布との関連について. 日作紀 **53**(別1): 168-169.
4. 川田信一郎 1982. イネの根. 農山漁村文化協会, 東京. 1-144.
5. ——— 1982. 水稻の根—その生態に関する形態形成論的研究—論文集. 農山漁村文化協会, 東京. 1-613.
6. 楠谷彰人 1985. 北限地帯における水稻の生産生態に関する研究. 第2報 冷害年における収量および収穫指数の品種間差異. 日作紀 **54**: 120-126.
7. ———・天野高久 1986. 水稻の冷温登熟性に関する研究. 第1報 登熟の温度反応とその品種間差異. 日作紀 **55**: 314-320.
8. 李 鍾薫・太田保夫 1973. 水稻根の形態および機能と地上部諸形質との関連について. 農技研報 **D24**: 61-105.
9. 村上利男 1967. 水稻多収栽培の水管理. 農業技術 **22**: 201-206.

Studies on Ripening of Rice Varieties Grown under Low Temperature

II. Contribution of root-system to ripening

Akihito KUSUTANI, Takahisa AMANO, Uji SASAKI* and Satoshi KOBAYASHI*

(Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station,
Kunneppu, Hokkaido 099-14, *Kitami Agricultural Extension
Office of Hokkaido Prefecture, Kitami, Hokkaido 090)

Summary

The correlation of root-system with yield components was investigated by using a leading variety "Onnemochi" grown on 21 different farmers' paddy fields in 1984. The results obtained were summarized as follows:

1. The highest value of grain yield was 649kg/10 a, and the lowest 496kg/10 a. The number of grains per square meter (N) varied from 27,000 to 49,000; the fertility percent (FP) from 76% to 95% and the percentage of fully ripened grains to fertilized grains (KP) from 81% to 96%. Yield significantly correlated with N (Fig. 1).

2. N showed highly positive correlation with crop growth rate (CGR) and mean leaf area index (MLAI) from the panicle formation stage to the heading stage. KP was significantly correlated with net assimilation rate (NAR) from the heading stage to the milk-ripening stage (Table 1).

3. The obvious differences in the vertical distribution of root were recognized among different farmers' fields (Fig. 2). The percentage of root that distributed within 5cm from the ground surface to total root (the ratio of upper layer root) varied 55% to 87%. The ratio of upper layer root was significantly correlated with N (Fig. 3). Partial correlation coefficient of the percentage of root that distributed below 5cm from the ground surface to total root (the ratio of lower layer root) with KP was significant assuming that N was held constant (Fig. 4). The ratio of lower layer root was also significantly correlated with FP assuming that the nitrogen content in leaf blade at the heading stage was held constant (Fig. 5).

4. The correlation coefficient of the ratio of upper layer root with $\text{NH}_4\text{-N}$ mg/100g dry soil at the panicle formation stage was significant (Fig. 6).

5. These results indicate close correlations of root-system with the number of grains, the percentages of fertilization and ripening in rice plants which are grown in Hokkaido.