

多収栽培コシヒカリの生育の解析

菅田裕美・萩原素之・野村愛子・井上直人

信州大学農学部 食料生産科学科 植物資源生産学講座

要約 多収栽培コシヒカリの生育を根系と地上部との関係に着目して解析した。多収 (988g m⁻²) の要因は m²あたり 6 万粒を超える総粒数の多さと高い登熟歩合であった。多収栽培コシヒカ리는全生育期間を通して葉面積指数, 比葉重および乾物生産速度が高かった。また生育初期と出穂後の新根の発生速度が高く, 新根発生の総量が多かった。これらのことは登熟歩合を高める要因であったと考えられる。一方, 幼穂発達期には多収栽培コシヒカリの新根発生速度は低下し, 一般栽培のコシヒカリのそれを大きく下まわっていた。また幼穂発達期には多収栽培コシヒカリでは地上部への乾物分配率が高かったことが示唆された。よって, 新根発生の低下は地上部への乾物分配を増して多穂条件下でも穂の小型化を抑制し, 高い m²あたり粒数に結びついたと考えられる。このように多収栽培コシヒカリでは, 根系と地上部との間の乾物分配が生育時期により大きく変化することが多収に関連していると推察された。

キーワード: 乾物分配, コシヒカリ, 根系, 多収

緒言

信州大学農学部の立地する長野県南箕輪村とこれに隣接する伊那市では, コシヒカリの作付面積は 8 割近くに達しており, またその平均収量は 10a あたり 650kg を越え, なかには 1000kg 近い収量を示す農家もある^{1,2)}。著者ら^{3,4,5,6)}は信州大学周辺地域におけるコシヒカリの多収栽培に関する調査を行ってきた。その結果, 多収栽培のコシヒカ리는追肥窒素の吸収量が大きいことが特徴的であることが示され, その原因として根量の違いが示唆された⁶⁾。そこで本研究では多収栽培のコシヒカリの生育特性をさらに解明するため, 特に根系と地上部生育との関係および乾物生産特性に注目した。

根の形態や機能は生育段階によって変化するが, 根の調査は容易ではないため, いずれの生育時期の根の形態や機能が最も収量に関係しているのか判断することは困難である。しかし, 生育に伴う根系の拡張パターンと根の活性の推移は, 養水分吸収や耐倒伏性などの点から収量性と深く関る要因と考えられる。また根系の生育と地上部の生育は密接に関係しており, 乾物の転流, 分配などを通して相互に影響しているため, 根系の生育と地上部の生育の相互関係を知ることも多収要因を明らかにする手立てと

なるであろう。

本報は単年度の結果に基づくものではあるが, 多収栽培コシヒカリに関する新根の発生消長はこれまでに報告がなく, さらに, 地上部の生育と新根の発生との相対関係に関して興味深い結果が得られたので報告する。

材料および方法

本実験は, 長野県伊那市美篤にある春日重光氏の水田 (以後春日区) と, 長野県南箕輪村駒美にある信州大学農学部附属農場の水田 (以後信大区) でコシヒカリを栽培して 1998 年に行った。移植日は春日区は 5 月 17 日, 信大区は 5 月 20 日で, いずれも稚苗の機械移植であった。栽植密度は春日区 33.7 株 m⁻², 信大区 21.2 株 m⁻²であった。施肥等の栽培管理は表 1 に示したように, 春日区の牛糞堆厩肥施用以外は慣行的なものである。

サンプリングは両区とも 5 回, 4 反復で以下のように行った。根系採取には, 井上ら⁷⁾の開発した新根のみをサンプリングする改良コアサンプル法を用いた。本法はメッシュバッグ法⁸⁾に類似し, 一種の Root-trap 法⁹⁾である。まず移植直後の株間にコアを打ち込み, その中に目の粗い格子状の円筒を挿入し, 珪藻土焼成粒 (イソライト イソライト工業) を充填する。一定期間のみコアを除去し, その間にイソライトの中に侵入してきた根, すなわち新根の

受理日 4 月 25 日

採択日 9 月 22 日

表1 耕種概要

	基肥 (g m ⁻²)	追肥 (g m ⁻²)		水 管 理		秋の管理
		根付け肥	穂 肥	中干し	登熟期	
春日区	N : 5.0 P : 19.5 K : 13.0	N : 1.05	N : 4.0 K : 2.0	7月上旬中に 1~2回, 亀 裂させない	9月に落水	10a あたり牛糞堆厩 肥 2~2.5t, 熔リン 珪カル200kg 鋤きこ み
信大区	N : 3.2 P : 18.0 K : 2.8	なし	N : 4.0 K : 2.0	なし	9月に落水	10a あたりワラ300 kg 鋤きこみ

表2 収量及び収量構成要素

栽培区	穂数 (m ⁻²)	一穂粒数	総粒数 (m ⁻²)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	収量 (g m ⁻²)
春日区	698	89.0	62214	72.4	21.9	988
信大区	393	80.1	31474	80.2	22.7	559

みを採取するというものである。イソライトは直径1 mmの顆粒状で、湛水しても構造が壊れず、また根の水洗が容易で根を傷めることが少ない。コア(内径4.26cm)は移植後、株間の中央部に25cmの深さまで打ち込んだ。6月上旬から8月下旬まで約15日間隔でサンプリングを行ない、各生育時期に発生した新根を採取した。これと同時に、コアの両側(畦方向)の株(合計2株)を抜き取った。

採取した新根は速やかに水洗し、その後80°Cで48時間乾燥後乾物重を測定した。採取した株については、草丈と茎数を記録し、最上位の完全展開葉の葉色を葉緑素計(SPAD502 ミノルタ)で測定した。葉面積はランダムに選んだ一部の葉について、スキャナーでその画像をパソコン(OS: Windows 95)に取り込み、画像解析ソフトLIA32 for Windows 95 Ver.0.37β2*を用いて葉面積を求めた。さらに同一試料の乾物重を測定し、両者の比から株あたりの葉面積を算出した。また葉身、茎および葉鞘、穂に分け、乾物重を測定した。乾燥は根のサンプルと同様に行った。収量調査は両区とも2反復で、各反復につき10株を採取して行った。

結 果

I 栽培概要

両区の耕種概要を表1に示した。両区で大きく異

*山本一清氏による画像解析ソフトウェア(フリーウェア)で下記のURLで公開されている。<http://hp.vector.co.jp/authors/VA008416/index.html>

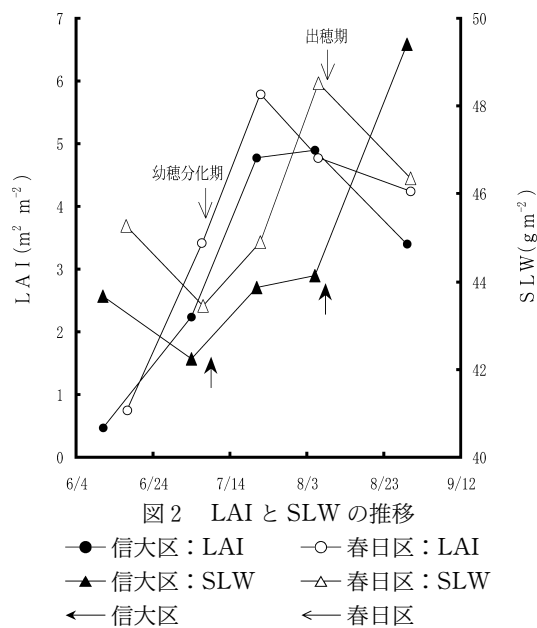
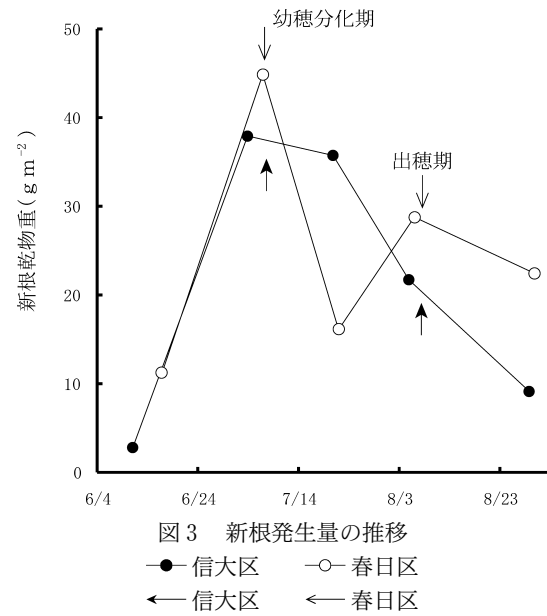
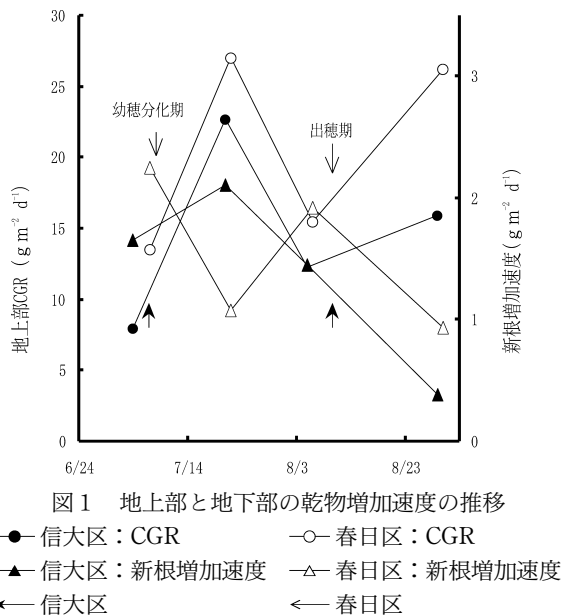
なる点を挙げると、春日区では前年秋に牛糞堆厩肥を2~2.5kg m⁻²施用したが、信大区ではワラ300kg m⁻²のみ施用した。また信大区では中干しをしなかった。

II 収 量

収量および収量構成要素を表2に示した。収量は両区で大差があり、地上部総乾物生産量も春日区が2070g m⁻²で1320g m⁻²の信大区を大きく上回っていた。春日区では穂数が信大区の1.8倍もあったが、一穂粒数も多く、総粒数が6万粒 m⁻²を越えており極めて多かった。また総粒数が多かったにもかかわらず登熟歩合はあまり低下しなかった。

III 地上部の生育

両区とも生育は良好で、特別な病虫害も見られず、目立った倒伏もなかった。地上部の個体群生長速度(CGR)は図1に示したように常に春日区が信大区の1.2~1.7倍ほど高く推移し、特に登熟期には、出穂期に一度下がった値がそれまでの最高値とほぼ同じ値にまで上昇した。一方、信大区では登熟期にそれほどの上昇は見られなかった。葉面積指数(LAI)は出穂期以外は春日区の方が大きかった(図2)。しかし、サンプリング時期間の平均値を考えれば、LAIは全生育期間を通じて春日区が信大区を上回っていたといえる。本実験では光合成速度の測定をしていないが、水稻の光合成速度は比葉重(SLW)との関係が深く、SLWが高いほど高い光合成速度を示すことが知られている¹⁰⁾。そこで、光合成速度の指標としてSLWの推移(図2)を両区で比較してみると、SLWは出穂期までは常に春



ラメータとして新根発生量の増加速度を算出した。ここではこれを新根増加速度と呼ぶことにする。

両区の CGR と新根増加速度の推移 (図 1) は、幼穂発達期を除けば似通っていた。幼穂発達期には春日区では CGR が最大となり、新根増加速度は最小値に近い値であった。一方、信大区では CGR と新根増加速度が同時に最大となっていた。春日区では各サンプリング期間の CGR と新根増加速度との間に有意な負の相関 ($r = -0.986, P < 0.05$) が見られたが、信大区では見られなかった。また春日区では、あるサンプリング期間における新根増加速度と、その次のサンプリング期間における CGR との間に有意な正の相関 ($r = 0.969, P < 0.05$) が見られたが、信大区ではこれらの間に有意な相関は見られなかった。

日区の方が大きかった。SLW は登熟期に逆転したが、出穂期と登熟期の SLW を平均すると春日区の方が高かった。したがって SLW は全生育期間を通じて春日区の方が高かったといえよう。なお、葉色の推移には両区で大差がなかった。

IV 新根の発生経過

新根の発生経過を図 3 に示した。生育期間中の新根発生量は春日区 123.5 g m^{-2} 、信大区 107.4 g m^{-2} で春日区の方が 15% ほど多かった。またその発生量の推移には両区で違いが見られ、出穂後に発生する新根の割合は春日区では 15% であったのに対し、信大区では 7% であった。

V 地上部の生育と新根発生との関係

新根発生量のデータから、CGR と同様の生長パ

考 察

収量構成要素から見ると、春日区の収量の高さは登熟歩合と総粒数の多さに起因している。そこでそれぞれについて、春日区でなぜ信大区を大きく上回ったか考察する。

春日区では CGR が常に信大区より高く推移し、特に登熟期には信大区に比べ 1.6 倍も高い値を示した (図 1)。この登熟期における乾物生産速度の急増が春日区での登熟歩合の低下を防いだ要因といえる。春日区で登熟期に地上部の CGR が高かったことの原因を、乾物生産量を規定する重要な要因である葉面積と光合成速度の点から考察してみると、次のようなことがいえる。まず、LAI は全生育期間

を通して春日区が上回っており、また信大区に比べて登熟期に低下が少なく、高く保たれていた(図2)。また光合成速度の指標となるSLWも全生育期間を通して春日区の方が高かった(図2)。以上のことから、春日区ではLAI、光合成速度ともに全生育期間を通して信大区を上回っており、その結果、高い乾物生産を示したと考えられる。しかし、春日区のLAIとSLWは出穂期以降に信大区より特に高かったとはいえない。また、両区とも目立った倒伏は見られなかったことから、春日区の出穂期以降の旺盛な乾物生産を説明するには、受光体制などの他の地上部形質、あるいは根の活性などの機能評価の面からの解析も必要といえよう。

春日区における出穂後の新根発生量の多さは、登熟期における根系の活性の高さを示唆する。春日区では根系の活性が高く養水分吸収が旺盛であったことが、前述のLAIとSLWの高さとも相まって登熟期のCGRを高める要因となっていたと推察される。

次に総粒数であるが、総粒数の差異の大部分は m^2 あたり穂数の違いで説明される。これにはLAIやSLWが生育初期から信大区より高かったことが関与しているであろう。また、生育初期の新根増加速度が信大区より高かった(図1)ことから、生育初期の根系拡大がより急速で、養水分吸収の増加が急速であったであろうことも穂数増加に結びつくと推察される。しかし、信大区より1.8倍も多い穂数を確保しながら、信大区を上回る一穂粒数を得ている点が重要である。春日区ではCGRが最大の時期に新根増加速度は最小に近い値であったのに対し、信大区では両者が同時に最大値を示していた(図1)。新根増加速度の推移と根系全体の乾物増加速度との関係は本実験では不明であるが、新根増加速度の大小は根系への乾物分配率の大小を表すものと考えることが可能であろう。このように考えると、春日区では幼穂発達期に信大区に比べて地上部への乾物分配率が非常に高くなっていたと推察することができる。もしそうであれば、幼穂の発育により多くの乾物が利用でき、穂数が多い条件下でも大きな穂を分化させることができたと推察できる。

そこで、春日区において幼穂発達期に地上部への乾物分配が高かったとか、葉鞘への炭水化物蓄積が多かったというような、幼穂形成や登熟に有利となるようなことを示すデータが他にも得られないか以下に検討してみたい。

まず単純に一茎あたりの地上部乾物重を算出し、

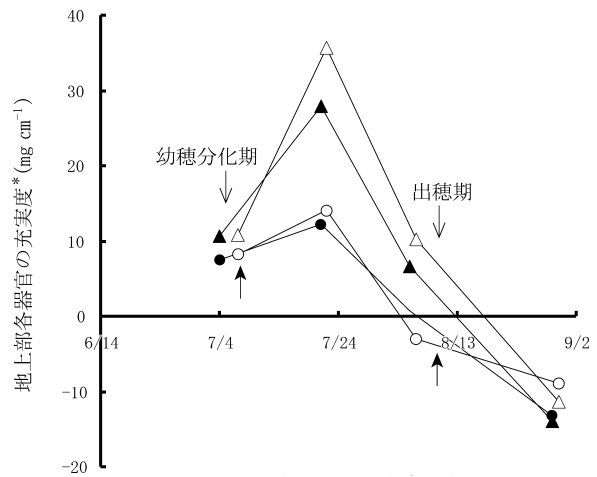


図4 地上部各器官の充実度の推移

- 信大区：葉身
- 春日区：葉身
- ▲ 信大区：葉鞘+茎
- △ 春日区：葉鞘+茎
- ← 信大区
- ← 春日区
- * 本文参照

その推移を両区で比較したところ、春日区の方が小さく推移し、幼穂発達期にも特に変化は見られなかった。そこで、地上部各器官の充実度を示す指標として、地上部乾物重の増加速度と稲体の大きさの増加速度との比をとることとした。例えば、茎および葉鞘の充実度は下記のように算出される。

茎および葉鞘の充実度 = 茎+葉鞘の乾物重増加速度 / (平均茎数 × 草丈伸長速度)

このようにして両区を比較してみると、図4に示したように、茎および葉鞘の充実度が幼穂発達期に春日区で信大区より大きく上昇していた。つまり、この時期に春日区では植物体の大きさの増加に比して茎や葉鞘への乾物分配が信大区より大きかったことがわかる。この結果および図1の結果から、幼穂発達期に春日区では根への乾物分配が低下し、地上部とくに茎および葉鞘への乾物分配が高まっていたとみてよいと考えられる。幼穂発達期に茎+葉鞘の充実度が高ければ、幼穂発育が促進されるだけでなく、葉鞘への炭水化物蓄積も多かったと考えられる。したがって、春日区では幼穂発育と葉鞘への炭水化物蓄積により多くの乾物が分配されたため、穂数が多いにもかかわらず一穂粒数が多く、登熟歩合も高い結果をもたらしたと推察される。

幼穂発達期の春日区の新根増加速度は信大区の半分程度であったにもかかわらず、同時期のCGRは信大区を上回った(図1)。また稲体の窒素濃度の目安となる葉色は両区で大差なかった。よって、本実験では稲体の窒素吸収量を調べていないが、幼穂発達期の窒素吸収量は両区で同等ないし春日区が上

回ったと考えるのが自然であろう。春日区の幼穂発達期の窒素吸収が同時期の新根発生量の割に多かったのは、以下の2つのことによると推察される。一つは、幼穂分化前の新根発生量は春日区の方が多かったため、幼穂発達期の全根量は春日区の方が多かったと考えられること。もう一つは、本実験で採取した新根の呼吸速度を調査した結果¹¹⁾によれば、幼穂発達期の新根の呼吸速度は春日区の方が信大区より2倍近く高く、活性が高かったことである。これら2つの理由により、春日区では穂肥を効率的に吸収したものと推察される。

春日区では各サンプリング期間のCGRと新根増加速度との間に高い負の相関が、またあるサンプリング期間における新根増加速度と、その次のサンプリング期間におけるCGRとの間には高い正の相関が見られた。このことが何を意味するのかは十分に明らかではないが、春日区では信大区に比べて地上部と地下部間の乾物分配率が生育時期により大きく変化すると考えられ、特に幼穂発達期に分配率の両区での差が大きいことから、幼穂発達期の地上部と地下部間での乾物分配率は多収に関係する可能性のある要因と考えられる。

今回の調査により、春日区のコシヒカリの多収には地上部と地下部の相対関係が深く関与していることが示唆された。このことは多収要因の解明の上で注目すべき点と考えており、継続調査を行っている。

引用文献

- 1) 松島省三・小林仁志・亀石雄一・石崎義之・神山雅之・森岡直人：理想稲作の真価の実証(1), (2), 農及園, 60, 661-666, 755-760, 1985.
- 2) 松島省三：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, 1989.
- 3) 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：水稻の多収獲栽培の実態(I), 信大農学部農場報告, 6, 137-145, 1992.
- 4) 俣野敏子・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：水稻の多収獲栽培の実態(II), 信大農学部農場報告, 6, 147-153, 1992.
- 5) 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：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, 信大農学部紀要, 31, 1-9, 1994.
- 6) 萩原素之・阪野敬・丸山悟・俣野敏子：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, 信大農学部紀要, 31, 11-19, 1994.
- 7) 井上直人・中道秀人・野村愛子・萩原素之：水田におけるイネ根系の経時的な拡張パターンの測定, 日作紀, 67 (別1), 60-61, 1998.
- 8) Garner, M. R. and D. Telfair: New techniques for the study of restoration of compacted soil, Science, 120, 668-669, 1954.
- 9) 田中典幸・窪田文武・有馬進・東健太郎：Root-trap法の考案と水稻根系の調査事例, 日作紀, 56 (別2), 311-312, 1987.
- 10) Cook, M. G. and L. T. Evans: Some physiological aspects of the domestication and improvement of rice (*Oryza* spp.), Field Crops Recerch, 6, 219-238, 1983.
- 11) 井上直人・野村愛子・菅田裕美・萩原素之：多収獲水田におけるイネ根系の拡張パターンと活性, 日作紀, 68 (別1), 14-15, 1999.

Growth Analysis of Paddy Rice Variety Koshihikari in High Yielding Culture

Hiroimi SUGATA, Motoyuki HAGIWARA, Aiko NOMURA and Naoto INOUE

Division of Plant Science and Technology,
Department of Food Production Science,
Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Growth analysis was carried out on a paddy rice variety Koshihikari in high yielding culture in terms of the relationships between root system and above ground parts. Major factors that were responsible for the high yield (988g m^{-2}) were a very high spikelet number (more than $60000\text{ grains m}^{-2}$) and a high percentage of ripened grains. Koshihikari in high yielding culture maintained throughout growth period higher leaf area index, specific leaf weight and dry matter production rate than in ordinary culture. Koshihikari in high yielding culture showed higher new root development rate at an early growth stage and after heading. Total weight of new root was larger in high yielding than in ordinary culture. These factors seemed to have favored grain filling. On the other hand, new root development rate at the middle panicle formation stage declined in high yielding culture and the rate was much lower than that in ordinary culture. Dry matter partitioning to above ground parts at this stage was suggested to be larger in high yielding than in ordinary culture. The decline in new root development rate at the stage, therefore, seemed to be the cause of increased dry matter partitioning to above ground parts, resulting in a high spikelet number even under a high panicle density. Larger variability with growth stages in the dry matter partitioning ratio between root and above ground parts in high yielding culture may be a possible key factor of high yield.

Key words : Dry matter partitioning, High yielding culture, Koshihikari, Root system