

穎花数水準が異なる水稻コシヒカリ における発育指数対応の生長指標

山本良孝・川口祐男・高橋 渉

(富山県農業技術センター)

1994年7月22日受理

要旨: 面積当たり穎花数が異なる水稻コシヒカリの7年間39事例について、生育データをDVI方式より整理し、穎花数水準別に草丈、茎数および窒素吸収量の推移をまとめた。草丈はDVI=0.35(有効分げつ終止期)以降、穎花数水準間で差が拡大し、穎花数が多い場合ほど草丈が大となった。そして、 m^2 当たり穎花数水準30,000~35,000粒のときの草丈はDVI=0.35, 0.52(最高分げつ期), 0.70(幼穂形成期)および1.00(出穂期)において、それぞれ、30 cm, 51 cm, 68 cmそして100 cmであった。また、最終稈長も穎花数の増大とともに大となり、倒伏の危険度が増した。茎数ではDVI=0.35から穎花数水準間に差が認められ、その水準が高い場合、最高分げつ期の茎数も多く、有効茎歩合は低下した。そして、 m^2 当たり穎花数水準30,000~35,000粒のときの m^2 当たりの茎数はDVI=0.35, 0.52, 0.70および1.00において、それぞれ、400本, 700本, 610本そして410本であった。窒素吸収量の穎花数水準間での差はDVI=0.52から有意に認められ、穎花数の多い場合ほど、生育の進行にともない、窒素吸収量は増大した。そして、 m^2 当たりの穎花数水準30,000~35,000粒のときの窒素吸収量は、DVI=0.52, 0.70および1.00において、それぞれ、 $4.5 g m^{-2}$, $5.8 g m^{-2}$ および $9.1 g m^{-2}$ であった。また、DVI=0.52において草丈が52 cm以上、窒素吸収量が $5.0 g m^{-2}$ 以上、DVI=0.70において草丈が70 cm以上、窒素吸収量が $6.7 g m^{-2}$ を超える場合は倒伏し易いので、窒素中断等の対応が必要であることを示した。

キーワード: 穎花数, コシヒカリ, 水稻, 生長指標, 窒素吸収量, 発育指数。

Growing Patterns of Rice Plant (*Oryza sativa* L. cv. Koshihikari) Corresponding to Developmental Index to Produce Different Numbers of Spikelets: Yoshitaka YAMAMOTO, Sachio KAWAGUCHI and Wataru TAKAHASHI (*Toyama Agricultural Research Center, 1124-1 Yoshioka, Toyama 939, Japan*)

Abstract: Plant length, tiller number and nitrogen content of rice plant (*Oryza sativa* L. cv. Koshihikari) having produced five different levels of spikelet numbers were computed by averaging data obtained in 39 experiments conducted from 1982 to 1988 at Toyama Agricultural Experiment Station. The growth stages were denoted with the developmental index. The plant length at every level of spikelet number increased almost linearly with increasing DVI, and the differences in plant length became greater among the spikelet number levels after the end-stage of effective tillering (DVI=0.35). The longer the plant length, the greater the spikelet number. The plant lengths at the 30,000~35,000 spikelets m^{-2} level were 30 cm at the end-stage of effective tillering, 51 cm at the maximum tiller number stage (DVI=0.52), 68 cm at the panicle formation stage (DVI=0.70) and 100 cm at the heading stage (DVI=1.00). The plants bearing a great number of tillers at the end-stage of effective tillering produced a large number of spikelets. The tiller numbers m^{-2} at the 30,000~35,000 spikelets m^{-2} level were 400 at the end-stage of effective tillering, 700 at the maximum tiller number stage, 610 at the panicle formation stage and 410 at the heading stage. The nitrogen content was always higher in plants which produced a greater number of spikelets, and this trend had been observed from the maximum tiller number stage. The parameters of nitrogen content of plant leading to production of 30,000~35,000 spikelets m^{-2} changed with the growth stage. The tentative criteria for each growth stage were $4.5 g m^{-2}$ at the maximum tiller number stage, $5.8 g m^{-2}$ at the panicle formation stage and $9.1 g m^{-2}$ at the heading stage (DVI=1.00). If the plant length exceeded 52 cm at the maximum tiller number stage, 70 cm at the panicle formation stage and the nitrogen content was more than $5.0 g m^{-2}$ at the maximum tiller number stage, $6.7 g m^{-2}$ at the panicle formation stage, rice plants were liable to lodge, and nitrogen restriction would be needed to prevent this from occurring.

Key Words: Developmental index, Growing patterns, Koshihikari, Nitrogen content of plant, Number of spikelets, Rice.

著者ら²¹⁾は富山県におけるコシヒカリの稚苗移植で、窒素施肥量の約半量を基肥とする慣行的な栽培では、若干の変動がみられるが、気象条件が異なる年においても m^2 当たり30,000~35,000粒の穎花数を確保すれば、登熟歩合や玄米千粒重の著しい

低下を招くことなく、比較的高い水準の玄米収量をあげ得ることを明らかにした。そこで、この水準の穎花数を確実に得るためには、まず、主要な発育段階における生育上の基準値を明らかにし、さらに、それらへの誘導が必要であると考えた。

しかし、これまでに蓄積された多くのコシヒカリの生育に関するデータは暦日により調査されたもので、そのままでは各発育段階の生育を量的に比較することは不適當であった。近年、出芽時を0、出穂期を1とし、日平均気温に対応した1日当たりの生育量を積算するDVI方式がとり入れられ水稻の発育段階の推定に用いられるようになった¹⁾。また、著者ら^{19,20,22)}はこの方法を改良し、より正確な水稻の発育段階の推定を可能にするとともに、この方式によって導かれる値は従来から用いられている葉齢、葉齢指数および幼穂長⁵⁾などによる生育指標との互換性もあり、さらに、作期および栽培地域が異なる条件においてもよく適合することを明らかにした。

そこで、これまでの生育データをDVIに対応する値に補正し、単位面積当たり穎花数が異なるコシヒカリの栄養生長期の主要発育段階における生育状態を整理し、 m^2 当たり30,000~35,000粒水準を目標とする場合の適当な生育上の基準値について検討した。

材料と方法

1982年から1988年までの7年間、富山県農業技術センター・農業試験場内の圃場でコシヒカリを用い、延べ39の栽培試験を行った。試験はすべて稚苗移植で、移植時期は4月下旬から5月上旬、栽植密度は m^2 当たり20.7~27.0株であった。窒素施肥量は試験年により、若干の差はあったが平均では基肥 $0.4 kg a^{-1}$ 、早期追肥 $0.3 kg a^{-1}$ 、穂肥 $0.3 kg a^{-1}$ 、そして、実肥は $0.2 kg a^{-1}$ であった。また、水管理は移植から必要茎数を確保する有効分げつ終止期までは湛水管理とし、その後、中干しを行った後、成熟期までは間断灌水を行った。これら各試験において移植期から出穂期までの生育経過および窒素吸収量など得られたデータを用い整理した。 m^2 当たり穎花数は不受精籾や発育停止籾などすべてを含む収穫時の全籾数を対象とし、20,000粒から40,000粒以上まで5,000粒毎に5群に分けた。そして、それら各穎花数に区分されたコシヒカリの分げつ初期(DVI=0.25)、有効分げつ終期(DVI=0.35)、最高分げつ期(DVI=0.52)、幼穂形成期(DVI=0.70)および出穂期(DVI=1.00)の各発育段階における草丈、 m^2 当たり茎数ならびに窒素吸収量を補完法により求めた。

DVI値は著者ら²¹⁾が堀江ら¹⁾の方法を改良したDVI方式により、富山地方気象台測定の日平均気温

をもとに求めた。

窒素吸収量は各試験区の草丈、茎数の代表的な5株を採取後、乾燥、粉碎し、セミマイクロケルダール法で窒素濃度を測定して求めた。

なお、成熟期には最終稈長を測定するとともに、倒伏程度を0(無:0°)~5(甚:90°)の6段階に分類し調査した。

結果と考察

本試験の対象年、1982年から1988年の7年間の気象経過(第1表)を概観すると、移植から最高分げつ期の気温は17.8~19.0°Cで平年値18.2°C(1961年~1990年の30年間の平均値)に比べ変動は比較的小さかった。しかし、最高分げつ期から出穂期までは22.5~25.7°Cの変異がみられ、平年値24.6°Cと比較して、やや低めの年が多かった。また、日射量は移植から最高分げつ期までは平年値の17.3 MJ $m^{-2} day^{-1}$ (1976年~1990年の15年間の平均値)に比べ、また、最高分げつ期から出穂期までについても、平年値の16.2 MJ $m^{-2} day^{-1}$ に比べやや寡照年が多かった。しかし、試験年次間の気象変動はそれほど著しいものではなかった。

7年間の39事例を穎花数水準別に分け、それらの生長経過の主要DVI値に対応する草丈の推移とともに、最終稈長および倒伏程度を示したのが第2表である。DVI=0.25(分げつ開始期)における草丈は穎花数水準間で有意な差は認められなかったが、0.35(有効分げつ終止期)以降、各DVIに対応する草丈は穎花数水準が高いほど大で、最終稈長も大となった。そして、 m^2 当たり穎花数水準30,000~35,000粒のときの草丈はDVI=0.35、0.52(最高分げつ期)、0.70(幼穂形成期)および1.00(出穂期)において、それぞれ、30 cm、51 cm、68 cmそして100 cmであった。穎花数水準が高い場

第1表 年次別の気象経過

年次	移植~最高分げつ期		最高分げつ期~出穂期	
	気温 (°C)	日射量 (MJ $m^{-2} day^{-1}$)	気温 (°C)	日射量 (MJ $m^{-2} day^{-1}$)
1982	19.0	18.7	23.7	17.3
1983	18.5	18.8	23.7	14.4
1984	18.7	17.1	25.7	17.1
1985	18.6	16.2	24.9	15.8
1986	17.8	15.9	22.5	12.6
1987	19.0	16.2	25.2	15.5
1988	17.8	16.9	22.8	11.5

第2表 穎花数水準別草丈の推移ならびに稈長と倒伏程度

(cm)

穎花数水準 ($\times 1,000$ 粒 m^{-2})	DVI					最終稈長	倒伏程度*
	0.25	0.35	0.52	0.70	1.00		
20~25	20.1 \pm 1.1a	26.8 \pm 1.5a	48.2 \pm 2.5a	60.3 \pm 3.3a	83.4 \pm 3.2a	72.6 \pm 2.8a	0 \pm 0a
25~30	21.2 \pm 1.3a	27.3 \pm 1.5a	48.1 \pm 2.7a	68.1 \pm 3.5b	96.2 \pm 3.4b	83.9 \pm 2.5b	1.8 \pm 0.2b
30~35	22.5 \pm 1.2a	29.6 \pm 1.8b	50.8 \pm 2.9b	68.3 \pm 3.5b	99.5 \pm 5.3bc	87.3 \pm 3.4c	3.3 \pm 0.4c
35~40	23.1 \pm 1.3a	29.8 \pm 1.7b	51.7 \pm 2.9b	70.4 \pm 3.5b	105.0 \pm 4.2c	91.2 \pm 3.7cd	4.2 \pm 0.3d
40<	22.0 \pm 1.3a	31.4 \pm 1.9b	51.8 \pm 2.9b	72.9 \pm 3.8c	114.9 \pm 5.1d	94.5 \pm 4.2d	4.7 \pm 0.4e

*倒伏程度は0から5の6段階による。

同一アルファベットは穎花数水準間において5%水準で差のないことを示す。

合、特に、40,000粒以上のときにはDVI=0.70で草丈が73 cm, DVI=1.00では115 cmにも達し、倒伏程度も4.7と極めて大きい値を示した。穎花数水準が40,000粒を越えた事例の多くは、基肥量が窒素成分で0.6 kg a⁻¹以上で、追肥時期が早く、窒素の施用量が0.9~1.4 kg a⁻¹と多かった。

このように、生長量の重要な指標でもある草丈は、高い穎花数水準を得ようとすればするほど大となり、倒伏程度が高くなる。そこで、倒伏の危険度を考慮すればDVI=0.52で52 cm, DVI=0.70で70 cm, DVI=1.00でも105 cm以上にならないよう管理することが必要である。また、幼穂分化後、節間伸長および上位葉の伸長が始まるので、コシヒカリの倒伏を防止するには幼穂形成期以降の草丈の伸長には特に注意することが必要であり、DVI=0.70で70 cmを越え、過伸が予測される場合にはDVI=0.8~0.9に倒伏軽減剤⁴⁾処理が必要となる。

穎花数水準別の茎数の推移を第3表に示した。茎数ではDVI=0.25に既に穎花数水準間で差がみられたが、DVI=0.35にはより一層明瞭なものとなり、穎花数水準が高い場合ほど茎数が多かった。そして、30,000粒水準においてはこのDVIで既に400本に達していた。その後、DVI=0.52では穎花数水準が高い場合ほど茎数は多く、結果的に有効茎歩合は低いものとなった。これは草丈の場合と同様、基肥および生育初期の追肥量の多い施肥体系での試験

であったことに起因するものと思われる。また、1株の植付本数が多くなるにつれて最高分けつ数が増加し、有効茎歩合が低下することが明らかにされており²⁾、本試験においても1株の植付本数が4~6本とやや多かったことも有効茎歩合低下の一要因であろう。今後は、過度に無効茎を増やさない、有効茎歩合の高い植付本数、施肥方法そして水管理などの、栽培技術についての検討が必要であるが、これまでの技術体系のもとでは、m²当たり穎花数30,000~35,000粒を確保する茎数については次のようにまとめられた。すなわち、DVI=0.35で400本、0.52で700本、0.70で610本そして1.00でもm²当たり410本の茎数確保が目安となることが示された。

しかし、30,000~35,000粒と35,000~40,000粒の両水準間の茎数には有意な差が認められなかった。これは穎花数には、穂数ばかりでなく1穂穎花数も関与しているため、今後、茎数確保の誘導方法とともに、1穂穎花数の決定に関与する指標についても検討する必要がある。

穎花数水準別の窒素吸収量の推移を第4表に示した。窒素吸収量は生育が進むにしたがって、また、穎花数水準の高い場合ほど多く、穎花数水準を予測し誘導する上で有効な指標と考えられた。また、m²当たり穎花数30,000~35,000粒を確保するにはDVI=0.52、0.70および1.00での窒素吸収量はそ

第3表 穎花数水準別茎数の推移

(本 m⁻²)

穎花数水準 ($\times 1,000$ 粒 m^{-2})	DVI				
	0.25	0.35	0.52	0.70	1.00
20~25	127 \pm 13a	363 \pm 33a	478 \pm 66a	428 \pm 60a	355 \pm 35a
25~30	128 \pm 15a	366 \pm 32a	578 \pm 74b	518 \pm 63b	388 \pm 33ab
30~35	142 \pm 18ab	398 \pm 45b	695 \pm 87c	605 \pm 70c	410 \pm 42bc
35~40	141 \pm 22ab	411 \pm 43b	710 \pm 85c	625 \pm 66c	421 \pm 41c
40<	150 \pm 19b	469 \pm 43c	788 \pm 93d	730 \pm 74d	511 \pm 45d

同一アルファベットは穎花数水準間において5%水準で差のないことを示す。

第4表 穎花数水準別窒素吸収量の推移

(g m⁻²)

穎花数水準 (×1,000粒 m ⁻²)	DVI				
	0.25	0.35	0.52	0.70	1.00
20~25	0.2±0.1a	0.8±0.2a	2.5±0.4a	3.0±0.6a	6.2±0.8a
25~30	0.3±0.1a	1.1±0.2b	3.8±0.5b	4.9±0.6b	7.5±0.7b
30~35	0.3±0.1a	1.2±0.2b	4.5±0.6c	5.8±0.7c	9.1±1.1c
35~40	0.5±0.1b	1.3±0.2b	4.9±0.5cd	6.7±0.7d	10.7±0.7d
40<	0.3±0.1a	1.9±0.3c	5.3±0.5d	7.8±0.6e	12.7±0.8e

同一アルファベットは穎花数水準間において5%水準で差のないことを示す。

れぞれ4.5 g・m⁻², 5.8 g m⁻² および9.1 g m⁻² であり, 幼穂形成期に6.7 g m⁻² を越えると m² 当たり穎花数は35,000粒以上となることが示された。また, DVI=0.52 および0.70 に窒素吸収量が5.0 g m⁻² および6.7 g m⁻² を上まわる場合は倒伏の危険度が極めて高くなるので窒素中断等の対応が必要である。

しかしながら, 窒素吸収量を正確に知るためには代表株の採取, 乾燥, 粉碎, 分析など, 現段階では少なくとも3~5日が必要であり, 時間的にも労力的にも実用性に乏しい。カラスケール^{6,7,8,9,10,13}, 葉緑素計^{3,12} などによる窒素吸収量の評価とともに, Weingandら¹⁶ が報告している野外分光反射測定法など, リモートセンシング技術の実用化による簡易, かつ, 迅速な窒素吸収量推定法の確立が急がれる。

本試験において明らかにした窒素吸収量の生育上の基準値は, 深山¹¹, 丹野ら¹⁵ および今泉ら² による m² 当たり32,000~33,000粒の穎花数水準における幼穂形成期の窒素吸収量は5~6 g m⁻² であるとした報告と一致するものであった。

今後, さらに大きく異なる気象年や栽培条件下での生育データを収集し, 詳細に解析し, よりの確かな生長指標を求めて行かねばならない。また, 気象条件や栽培条件の異なる本県以外のコシヒカリの生育データも収集し, DVI方式により発育段階を揃え生育経過を解析し, 広域的な生長指標の確立を目指したい。

さらに, 本試験においては草丈, 茎数, 窒素吸収量をそれぞれ個別に取り上げて検討したが, 今後は, 田中ら¹⁴, 山口ら^{17,18}, 吉沢ら²⁴ が指摘しているように草丈, 茎数, 葉色等に他の要因を加味した総合指標の設定について検討したい。

引用文献

1. 堀江 武・中川博視 1990. イネの発育過程のモデル

と予測に関する研究. 第11報 モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用. 日作紀 59:93-107.

- 今泉諒俊・北村秀教 1989. 土壌窒素発現量に基づく水稻の施肥適量の推定. 農及園 64:939-944.
- 石井和夫 1988. 土壌・栄養診断機器開発の現状. —SPAD 開発商品の紹介—. 農業技術 43:552-556.
- 川口祐男 1991. 富山県内におけるコシヒカリ倒伏の現状と対応策. 北陸作報 26:138-141.
- 松島省三 1965. 稲作の理論と技術—収量成立の理論と応用—. 養賢堂, 東京. 76-94.
- ・松崎昭夫・富田豊雄 1970. 水稻収量成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第101報 水稻個体群の葉色表示法について (1). 日作紀 39:231-236.
- 松崎昭夫・松島省三・富田豊雄・朴 揚江 1972. ————. 第110報 水稻個体群の葉色表示法について (2). 日作紀 41:291-295.
- ・刈屋国夫・町田寛康・角田公正 1980. 水稻の生育調節と栄養診断に関する研究. 第1報 色票による葉色診断と単位面積当たり穎花数の推定. 日作紀 49:439-444.
- Matsuzaki, A., K. Kariya, H. Machida, K. Tsunoda and Y. Nishikawa 1982. Studies on the growth control and the nutritional diagnosis in rice plants. III. Growth diagnosis at the stage of spikelet initiation for nitrogen top dressing. Jpn. J. Crop. Sci. 51:325-331.
- 深山政治・勝木田博人・斉藤研二 1984. 葉色票による水稻の生育診断. 農及園 59:775-781.
- 1988. 水稻の最適窒素保有量に基づく新しい施肥基準策定法に関する研究. 千葉農試特報 15:1-62.
- 塩島光洲・中鉢富夫・浅野岩夫 1986. 葉緑素計による水稻ササニシキの窒素栄養診断. 農及園 61:304-306.
- 田守健夫・林 征三 1981. 富山県における水稻葉色板利用の実際—試験経過と普及現場における活用状況—. 農及園 56:536-538.
- 田中孝幸・伊藤十四英 1984. 水稻品種コシヒカリの生育中期における安全多収診断指標. 日作紀 53(別1):28-29.
- 丹野文雄・武田敏昭 1988. 水稻の栄養診断と予測技術に関する研究. 第5報 総合計量化方式によるコシヒカリ, ササニシキの生育予測. 福島農試報 25:

- 21-48.
16. Weingand, C., M. Shibayama and Y. Yamagata 1989. Spectral observation for estimating the yield of rice. *Jpn. J. Crop. Sci.* 58:673-683.
17. 山口正篤・吉沢 嵩・栃木喜八郎・大和田輝昌 1986. 水稻安定生産のための生育診断および対応技術に関する研究. 第1報 早植コシヒカリの標準となる生育診断指標の策定. *日作紀* 55(別1):52-53.
18. ———・—————・————— 1987. ————. 第2報 気象条件の異なる年次での生育診断指標. *日作紀* 56(別1):12-13.
19. 山本良孝・田守健夫・川上義昭・川口祐男 1986. 気温による水稻の生育段階予測法について. *北陸作報* 21:47-48.
20. ———・川上義昭・川口祐男 1987. ————. 第2報 DVS 値と葉齡, 葉齡指数および幼穂長との関係. *北陸作報* 22:17-18.
21. ———・川口祐男・浅生秀孝・高橋 涉 1989. 水稻における登熟期間の気象類型別適正穎花数. *北陸作報* 24:11-14.
22. ———・—————・高橋 涉 1993. 水稻生育段階予測法の異なる作期および地域への適用. *日作紀* 62:485-490.
23. ———・—————・————— 1994. 水稻生育段階予測法の植付本数の異なる条件への適用. *日作紀* 63:208-214.
24. 吉沢 嵩・山口正篤・栃木喜八郎 1987. 水稻安定生産のための生育診断および対応技術に関する研究. 第3報 早植コシヒカリの施肥反応と窒素吸収. *日作紀* 56(別1):14-15.