

遮光および施用窒素量が水稻の出葉速度と 分けつ発生に及ぼす影響*

—とくに出葉転換点に着目して—

玉置 雅彦・山本 由徳**

(山口大学農学部附属農場・**高知大学農学部)

1996年3月18日受理

要 旨: 遮光および施用窒素量が、水稻の出葉転換点とその前後の出葉速度ならびに分けつ発生数に及ぼす影響について検討した。1/5000 a ワグネルポットを用いて、3レベルの遮光処理 (0, 50, 95%) と3レベルの施用窒素量処理 (移植時から10日毎に25, 100, 200 mgN/ポット施用) を組み合わせた計9区の処理区を設定し、移植時から収穫時まで処理を行った。主茎の葉齢の増加は、95%遮光区を除き、出葉転換点を境にして2本の直線で近似することができた。95%遮光区は、出葉転換点が存在せず1本の直線で近似された。出葉転換点までの出葉速度は、施用窒素量よりも光条件によって強く左右され、強光下ほど出葉速度は早かった。しかし出葉転換点後は、出葉速度に及ぼす光条件の影響は小さくなった。無遮光区では、出葉転換点前後とも施用窒素量が多くなるにつれて出葉速度は早くなったが、遮光区では施用窒素量が出葉速度に及ぼす影響はほとんど無かった。分けつ発生には、出葉転換点前後とも光条件が影響し、無遮光区で分けつ発生数は最も多かった。無遮光区では、施用窒素量が多くなるにつれて分けつ発生数は増加したが、50%遮光区では窒素量の影響が小さくなり、95%遮光区では影響は認められなかった。出葉転換点がみられた無遮光区と50%遮光区について出葉速度と分けつ発生数との関係を見ると、出葉転換点前では有意な正の相関が認められたが、出葉転換点後では有意な相関は認められなかった。

キーワード: 遮光, 出葉速度, 出葉転換点, 水稻, 施用窒素量, 分けつ発生。

Effects of Shading and Nitrogen Fertilizer Levels on the Leaf Emergence Rate and Tillering of Rice Plants, with Special Reference to the Turning Point of the Leaf Emergence Rate : Masahiko TAMAKI and Yoshinori YAMAMOTO** (*Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yoshida, Yamaguchi 753, Japan ; **Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku, Kochi 783, Japan*)

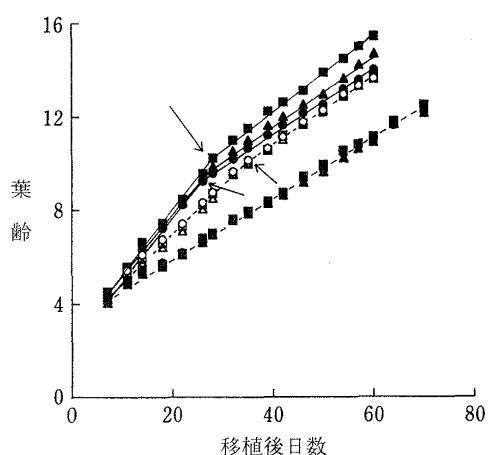
Abstract : The effects of shading and nitrogen (N) fertilizer levels on the turning point of the leaf emergence rate (TPLER), and the leaf emergence rate and tillering of rice plants before and after TPLER were studied. Using 1/5000 a Wagner pots, three levels of shadings (0, 50, 95%) and three N fertilizer levels (25, 100, 200 mgN/pot were supplied every ten days after planting) were applied from planting until harvest. The increase in the number of leaves on the main stem was shown by two straight lines with TPLER except the 95% shaded plot. The 95% shaded plot was shown by one straight line because of no TPLER. The leaf emergence rate before TPLER was affected strongly by light intensity, but not by the level of N, and was faster in the plot with higher light intensity. On the other hand, the effect of light intensity on the leaf emergence rate decreased markedly after TPLER. The leaf emergence rate in the plot with no shading was faster with higher N levels both before and after TPLER, but this was not true for the shaded plots. Tillering was influenced by light intensity and the largest number of tillers was obtained in the plot with no shading both before and after TPLER. Moreover, the number of tillers in this plot increased as the N level increased, but the tillers in the shaded plots were not affected as strongly by the N level. A highly positive correlation between the leaf emergence rate and number of emerged tillers in the unshaded and 50% shaded plots was observed before TPLER, but not after TPLER.

Key words : Leaf emergence rate, N fertilizer level, Rice plant, Shading, Tillering, Turning point of the leaf emergence rate.

水稻の主茎の出葉経過に関する研究は古くから行われており、片山¹⁰⁾は、出葉経過は出葉転換点を境にして2直線で表すことができると報告している。さらに片山¹⁰⁾は、出葉速度と分けつ発生との関係について検討し、分けつ発生数の多少は主茎の出葉速

度と密接に関係しており、出葉速度が速いほど分けつ発生数は多くなる可能性を示唆した。また、出葉転換点は分けつ発生数と関係しており、分けつ数の増加が、出葉転換点後の出葉速度を低下させることを示唆した。一方、永井¹³⁾は、出葉転換点は1次分けつ出現停止とほぼ同時期であることを示唆している。しかし、出葉転換点と分けつ発生との関係につ

* 一部は、第201回講演会(1996年4月)において発表。



第1図 遮光および施用窒素量が主茎の葉齢推移に及ぼす影響

← 出葉転換点.

—■— ICNH (無遮光, 200 mgN*), —▲— ICNM (無遮光, 100 mgN), —●— ICNL (無遮光, 25 mgN), --□-- IMNH (50%遮光, 200 mgN), --△-- IMNM (50%遮光, 100 mgN), --○-- IMNL (50%遮光, 25 mgN), --■-- ILNH (95%遮光, 200 mgN), --▲-- ILNM (95%遮光, 100 mgN), --●-- ILNL (95%遮光, 25 mgN).

*ポット当たりの1回の施用窒素量を示す.

いて、その後詳細に検討した報告はほとんど無い。

出葉速度ならびに分げつ発生は環境要因に大きく影響され、例えば遮光程度が大きくなるにつれて^{2,4,9,10,15,18,19,21}、また施用窒素量が低下するにつれて^{3,9,11,13,17,20,21}、出葉速度ならびに分げつ発生数は減少する。しかし、遮光と施用窒素量を組み合わせた環境下で、出葉速度や分げつ発生数を調査した報告はほとんど無い²¹。

そこで本研究は、遮光および施用窒素量が、水稻の出葉転換点と、その前後の出葉速度ならびに分げつ発生数に及ぼす影響について検討した。

材料と方法

供試品種には日本晴を用いた。1995年6月16日に、葉齢2.5の苗を真砂土を充填した1/5000 a ワグネルポットに1本植した。処理区は、遮光処理と施用窒素量処理の各3区を組み合わせた計9区とした。遮光処理は、無遮光区(IC区)、黒色寒冷紗1枚で50%遮光した区(IM区)、黒色寒冷紗2枚で95%遮光した区(IL区)の計3区を設定した。実験期間中の快晴日の中天時の照度は、IC区で約10万luxであった。また、処理区間の気温には差はみられなかった。施用窒素量処理は、N成分で10g(NL区)、

第1表 出葉転換点の時期とそのときの葉齢および最終葉数

処理区*	出葉転換点		最終葉数
	移植後日数	葉齢	
ICNH	28.0	10.2	15.4
ICNM	27.9	9.9	14.7
ICNL	25.8	9.2	14.0
IMNH	34.8	10.1	13.7
IMNM	35.3	10.0	13.6
IMNL	34.9	10.1	13.6
ILNH			12.5
ILNM			12.2
ILNL			12.2

*第1図参照。IL区では出葉転換点は存在しなかった。

40g(NM区)、80g(NH区)となるように硫酸を水に溶かして1Lとした、異なる3濃度の液肥(各溶液1Lには、磷酸二水素ナトリウム二水和物40gと塩化カリウム48gが含まれている)を、移植時から10日毎にポットの水を十分に排水後、ポット当たりそれぞれ2.5mLずつを希釈して与える3区(ポット当たりの1回の施用窒素量はそれぞれ25, 100, 200mgN)を設定した。供試ポット数は、各区とも15ポットとした。処理は、移植時(6月16日)から収穫時まで行った。主茎の葉齢と分げつ発生数の調査は、移植後1週間目から止葉展開終了時(IC区:8月15日、IM区:8月15日、IL区:8月25日)まで週2回行った。また、収穫時には穂数を調査した。

結 果

第1図に遮光および施用窒素量が主茎の葉齢推移に及ぼす影響を示した。折れ線回帰モデル¹⁴⁾を適用して、葉齢の増加をIL区を除き出葉転換点を境にした2本の直線で近似した。出葉転換点は、IC区で移植後28.0日目、NM区で同27.9日目、NL区では同25.8日目であった。IM区では、いずれの施用窒素区においても移植後約35日目と、IC区に比べて約1週間遅かった(第1表)。このように、出葉転換点に達するまでの移植後日数には、施用窒素量よりも光条件が影響した。葉齢の増加を移植後日数をX軸に、葉齢をY軸にとり、近似した直線の傾きと切片を出葉転換点前後に分けて第2表に示した。なお、IL区は出葉転換点が存在しなかったため、出葉転換点前の直線として示した。出葉転換点前の出葉速度は、IL区<IM区<IC区の順で速くなった(第1図、第2表)。IL区の出葉速度は、IC区、IM

第2表 葉齢増加を近似した出葉転換点前後の直線の傾きと切片

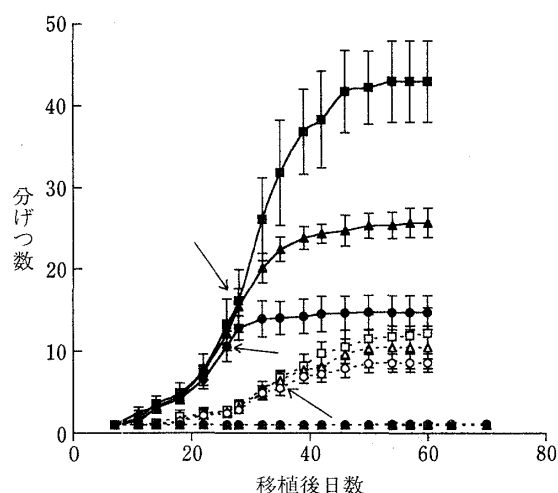
処理区*	出葉転換点前			出葉転換点后		
	傾き	切片	R ² **	傾き	切片	R ²
ICNH	0.270	2.614	0.997	0.160	5.855	0.998
ICNM	0.256	2.739	0.999	0.146	5.853	0.997
ICNL	0.248	2.777	1.000	0.138	5.767	0.998
IMNH	0.203	2.960	0.999	0.144	5.032	0.996
IMNM	0.206	2.772	0.997	0.149	4.763	0.999
IMNL	0.199	3.172	0.998	0.149	4.889	0.999
ILNH	0.129	3.464	0.999			
ILNM	0.127	3.346	0.998			
ILNL	0.127	3.419	0.999			

*第1図参照。IL区では出葉転換点は存在しなかった。

**R²: 決定係数。

区に比べてかなり遅く、光条件により出葉速度は大きく左右された。葉齢増加の近似式の傾きは、ILNM区とILNL区の0.127からICNH区の0.270まで2倍以上の差が認められた。しかし、出葉転換点後の出葉速度は光条件による差が著しく小さくなり、葉齢増加の近似式の傾きは、ICNL区の0.138からICNH区の0.160までと範囲がかなり狭まった。施用窒素量との関係をみると、IC区では施用窒素量が最も少ないNL区で移植時から出葉転換点までの期間は短く、また出葉転換点での葉齢も少なかった(第1表)。IC区の出葉速度は、出葉転換点前後ともNL区<NM区<NH区の順で速く、出葉速度に及ぼす施用窒素量の影響は、出葉転換点前後とも大きかった(第1図、第2表)。IM区では出葉転換点の移植後日数はいずれの施用窒素区においてもほぼ同じで、そのときの葉齢もほぼ同じであった(第1表)。また出葉速度も、出葉転換点前後でほとんど施用窒素量に影響されなかった(第1図、第2表)。IL区の出葉速度も施用窒素量とほとんど関係が無かった(第1図、第2表)。

第2図には、遮光および施用窒素量が分げつ発生に及ぼす影響を示した。分げつ発生数はIL区<IM区<IC区の順に多かったが、施用窒素量が分げつ発生数に及ぼす影響は光条件により異なった。IC区では各施用窒素区とも、移植後18日目から分げつ数は急激に増加し、NH区では移植後46日目まで分げつ発生が続いたが、NM区とNL区では、それぞれ移植後39日目および32日目には分げつ発生はほぼ終了した。最高分げつ数はNH区43.0本、NM区25.7本、NL区14.7本であった。このように、IC区では施用窒素量の差異が分げつ発生数を大きく左右



第2図 遮光および施用窒素量が分げつ発生に及ぼす影響

← 出葉転換点。

図中の記号は第1図参照。

した。IM区では、移植後35日目までいずれの施用窒素区においても、分げつ発生数にはほとんど差は無かった。IM区のNL区では、その後分げつ数の増加はほとんど無かったが、NM区とNH区では、移植後50日目まで分げつ数は増加し、最高分げつ数はそれぞれ8.6本、10.5本、12.2本であった。IM区はIC区と比べて分げつ発生開始時期は遅く、また最高分げつ期に達する時期も遅くなった。IC区の方分げつ発生期間は、施用窒素量が少なくなるにつれて短くなった。しかし、IM区では施用窒素量と分げつ発生期間の間にはほとんど関係が認められなかった。IL区では各施用窒素区とも、主茎以外にほとんど分げつ発生は認められなかった。

出葉転換点前後における分げつ発生数と有効分げ

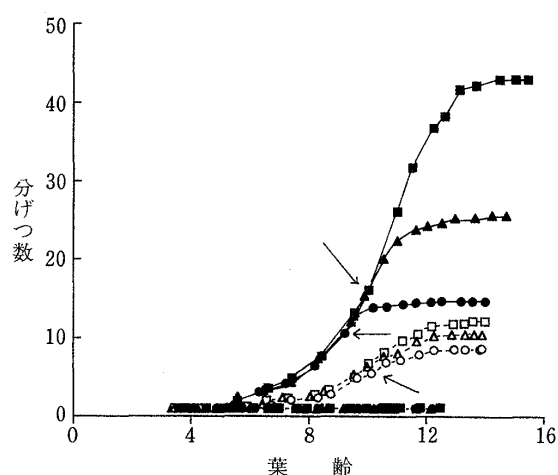
第3表 出葉転換点前後における分げつ発生数と有効分げつ数ならびに 95% 最高分げつ数

処理区*	分げつ発生数			有効分げつ数	95% 最高分げつ数
	出葉転換点前	出葉転換点后	合計		
	(%)	(%)	(%)	(%)	
ICNH	16.1 (37.4)	26.9 (62.6)	43.0 (100)	32.7 (76.0)	40.9
ICNM	15.4 (59.9)	10.3 (40.1)	25.7 (100)	19.3 (75.1)	18.3
ICNL	10.6 (72.1)	4.1 (27.9)	14.7 (100)	8.9 (60.5)	14.0
IMNH	6.8 (55.7)	5.4 (44.3)	12.2 (100)	9.6 (78.7)	11.6
IMNM	6.4 (61.0)	4.1 (39.0)	10.5 (100)	9.1 (86.7)	10.0
IMNL	5.5 (64.0)	3.1 (36.0)	8.6 (100)	7.7 (89.5)	8.2
ILNH	1.1 (100)		1.1 (100)	1.1 (100)	—
ILNM	1.0 (100)		1.0 (100)	1.0 (100)	—
ILNL	1.1 (100)		1.1 (100)	1.1 (100)	—

*第1図参照。IL 区では出葉転換点は存在しなかった。

つ数、ならびに 95%最高分げつ数¹³⁾を第3表に示した。IC 区では出葉転換点前に発生した分げつ数は、NL 区<NM 区<NH 区の順で多かったが、全分げつ数に対する割合は逆に NL 区で最も高く、全分げつ数の 70%以上が出葉転換点前に発生した。出葉転換点後に発生した分げつ数も、NL 区<NM 区<NH 区の順で多かったが、全分げつ数に対する割合は NH 区で最も高く、全分げつ数の 60%以上が出葉転換点後に発生した。IM 区でも、出葉転換点前後の分げつ発生数および発生割合への施用窒素量の影響は IC 区と同様の傾向がみられたが、影響の程度は小さかった。IC 区と IM 区を対象にして、第2表と第3表の平均値から出葉速度と分げつ発生数との関係を求めたところ、出葉転換点前では高い有意な正の相関($r=0.966^{**}$)が認められたが、出葉転換点後では有意な相関関係は認められなかった。出葉転換点については片山¹⁰⁾は、有効分げつ終止期と一致することを、また永井¹³⁾は 95%最高分げつ期と一致することを示唆した。しかし、本実験の結果、出葉転換点は有効分げつ終止期や 95%最高分げつ期よりも前に存在した(第3表)。

次に、主茎の葉齢と分げつ数の関係を第3図に示した。IC 区では、いずれの施用窒素区においても 7 葉齢から分げつは急速に増加し始めた。しかし、IM 区では 9 葉齢から分げつの増加が認められ、2 葉齢 IC 区に比べて分げつ発生開始が遅れた。IC 区では、NH 区で主茎 13 葉齢、NM 区で同 12 葉齢、NL 区で同 10 葉齢まで分げつ数は増加し、また止葉までの葉数はそれぞれ 15.4 枚、14.7 枚、14.0 枚であった(第1表)。施用窒素量が多いほど止葉までの葉数が増加するとともに、主茎のより上位葉出現までの期間、



第3図 主茎の葉齢と分げつ数との関係

← 出葉転換点。

図中の記号は第1図参照。

分げつ発生がみられた。第2図で IC 区の分げつ発生期間が施用窒素量が多いほど長くなったのは、上記の理由によるものであった。しかし、IM 区と IL 区では、施用窒素量が主茎の葉齢と分げつ発生数に及ぼす影響は小さかった。

考 察

出葉経過が出葉転換点を境にして 2 直線で示されることは多くの研究者が認めている^{7,8,10,12)}。しかし佐藤¹⁷⁾は、出葉経過線は曲線的になると報告している。また永井¹³⁾、田中²⁰⁾は、分げつ前期は直線で示されるが、分げつ後期では上位葉になるにつれ出葉間隔は長くなり、必ずしも直線的で示されないとしている。後藤・星川⁷⁾は、葉齢の増加を曲線で近似すると次数が高い関数となり、解析が合理的でないと

考え、2直線で近似することが妥当であると判断した。本実験においても、近似式の決定係数は各処理区とも0.996以上(第2表)とかなり高い値であったので、出葉経過はIC区とIM区では2本の直線で、IL区では1本の直線で示するのが妥当であると判断した。

出葉速度は強光下ほど^{2,15,18)}、また施用窒素量が多いほど^{3,11,13,17,20)}速いと報告されている。これを出葉転換点前後に分けてみると、出葉転換点までの出葉速度は施用窒素量よりも光条件により大きく左右され、強光下で出葉速度は速いことが認められた。しかし、出葉転換点以降の出葉速度に及ぼす光の影響は著しく小さくなった。片山¹⁰⁾は、出葉転換点は分げつ発生数と関係しており、分げつ発生数が増加することにより出葉転換点後の出葉速度は低下することを示唆した。後藤・星川⁷⁾は、1/2000 a ワグネルポットに1本植した稲について、出葉転換点は3次分げつが最初に観察される少し前に存在すると報告している。また永井¹³⁾は、出葉転換点は1次分げつの出現停止期とほぼ同時期であると報告している。したがって、出葉転換点までの分げつ発生数の差は、主に1次分げつと一部の2次分げつ発生数の差であると考えられ、出葉速度(主茎)と分げつ発生数との間に密接な関係が認められたと推定される。そして、出葉転換点後の分げつ発生数の差は、光条件や施用窒素量の影響の他に、出葉転換点までに発生した1次分げつと2次分げつの発生数の差異に基づく、高次分げつ発生数の差が関与したものと推察された。出葉転換点後のIM区の各施用窒素区において、出葉速度にはICNM区と差が無いにもかかわらず、分げつ発生数が少なかった。これは、IM区では出葉転換点までの分げつ(主に1次分げつと一部の2次分げつにより構成される)の発生が抑制されたことと、出葉転換点後の日射量不足により、高次分げつの発生が抑制されたためと考えられた。深城⁴⁾、清水ら¹⁹⁾は、20%の遮光で2次分げつの発生が抑制され、60%以上の遮光では、2次分げつはほとんど発生しないことを報告している。IC区の出葉速度には、出葉転換点後も施用窒素量による差が認められた。この出葉速度の差が、止葉までの最終葉数の差となり、それが1次分げつ発生数の差異とともに高次分げつ発生数の差異をもたらし、分げつ発生数の差に関与したものと考えられた。Aspinall¹⁾、Galagher⁵⁾も報告しているように、分げつ発生期間は施用窒素量が多いほど長くなった。これらの結果、

IC区では出葉転換点後の分げつ発生割合は、施用窒素量が多くなるにつれて高くなり、とくにNH区では62.6%と、半数以上の分げつが出葉転換点後に発生した。

IL区の稲では分げつがほとんど発生せず、出葉転換点が存在しなかった。永井¹³⁾は、1次分げつを全て切除すると出葉経過線はほぼ1本の直線で示されるが、2次分げつを切除した場合、出葉経過線は無処理の場合と変わらないことを認めた。後藤・星川⁶⁾、森田¹²⁾、佐藤¹⁶⁾も、分げつを全て切除すると出葉転換点が認められないことを報告している。分げつ切除により主茎のみとなった稲と強遮光により主茎のみに近い状態の稲では、出葉速度を含め生理的に異なった状態の稲と判断される。それにもかかわらず、両処理とも出葉転換点が認められないことから、出葉転換点は片山¹⁰⁾も示唆しているように、分げつ発生と密接に関わっているものと推察された。施用窒素量が少ないと、主茎の出葉速度は遅いという報告^{3,11,13,17,20)}は多い。本実験の結果、無遮光下では施用窒素量と出葉速度との間には正の関係が認められたが、50および95%遮光下では、出葉速度に及ぼす施用窒素量の影響はほとんど無いことが明らかとなった。したがって、50%以上の遮光条件下での出葉速度は、光合成による同化産物量が制限因子となったものと考えられた。

片山¹⁰⁾は、同一品種では、主茎の止葉までの葉数と分げつ発生数との間に関係があることを報告している。本実験においても、止葉までの葉数と最高分げつ数との間には、各処理区を込みにして $r=0.948^{***}$ と高い有意な正の関係が認められた。したがって、遮光と施用窒素量を組み合わせた条件下でも、片山¹⁰⁾が指摘したように、主茎の出葉速度が速いと止葉までの葉数も多くなり、分げつ発生数も多くなることが認められた。また片山¹⁰⁾は、出葉転換点の葉数から止葉に至るまでの葉数は、品種、栽培地、播種期などの違いにかかわらず、ほとんど等しいことを認めた。本実験においても、出葉転換点の葉数から止葉に至るまでの葉数は、IC区ではNH区、NM区、NL区でそれぞれ5.2枚、4.8枚、4.8枚とほとんど同数であった。また、IM区でもNH区、NM区、NL区でそれぞれ3.6枚、3.6枚、3.5枚とほとんど等しかった。このように、出葉転換点の葉数から止葉までの葉数は、同じ光条件下では施用窒素量にはほとんど影響されなかった。IC区とIM区の出葉転換点の時期およびその後の止葉までの葉数

の差は、稲体の生理状態の差異に起因するものと考えられる。したがって、出葉転換点は分げつ発生にともない稲体が質的、量的両面から生理的に何らかの変化を受け、それにともなってその後の生育が決定される時期であると推測される。この点に関しては、今後さらに研究を進めていく予定である。

また、遮光による処理間の気温差はほとんど無かったが、葉温や地温については調査しなかった。遮光にともなうこれらの温度差が、出葉速度と分げつ発生に影響を及ぼしているとも考えられる。この点に関しても、今後明らかにする予定である。

引用文献

- Aspinall, D. 1961. The control of tillering in barley plant. I. The pattern of tillering and its relation to nutrient supply. *Aust. J. Biol. Sci.* 14: 493—504.
- Barnes, C. and B. Bugbee 1991. Morphological responses of wheat to changes in phytochrome photoequilibrium. *Plant Physiol.* 97: 359—365.
- Dale, J.E. and R.G. Wilson 1978. A comparison of leaf and ear development in barley cultivars as affected by nitrogen supply. *J. Agric. Sci., Camb.* 90: 503—508.
- 深城貞義 1957. 稲の分蘖に関する研究. VIII. 日照度が稲の分蘖に及ぼす影響に就いて. *香川大農学報* 8: 240—242.
- Gallagher, J.N. 1979. Field studies of cereal leaf growth. *J. Exp. Bot.* 30: 625—636.
- 後藤雄佐・星川清親 1986. 水稻の分げつ除去による茎数制限が穂の形質に及ぼす影響. *日作東北支部報* 29: 11—14.
- ・——— 1988. 水稻の分げつ性に関する研究. 第1報 主茎と分げつの生長の相互関係. *日作紀* 57: 496—504.
- 長谷川 浩 1959. 水稻の出葉速度と土壤温度. *農及園* 12: 1795—1798.
- 本田 強 1977. 水稻の分げつに関する研究. とくに物質生産と生長および配分の関係. *東北大農研報* 28: 171—312.
- 片山 佃 1951. 稲・麦の分蘖研究. 養賢堂, 東京. 1—117.
- Longnecker, N., E.J.M. Kirby and A. Robson 1993. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. *Crop Sci.* 33: 154—160.
- 森田 潔 1942. 特殊處理下に於ける水稻の主稈節數及び一穂粒數の變異. *農及園* 17: 597—599.
- 永井 衛 1968. 水稻における出葉および分げつの出現様相に関する研究. *静岡大農学報* 18: 1—74.
- 大塚雅雄・吉原雅彦 1975. 1 ないし 2 の折曲点をもつ折れ線モデルのあてはめ. *応用統計学* 5: 29—39.
- Rickman, R.W., B. Klepper and C.M. Peterson 1985. Wheat seedling growth and developmental response to incident photosynthetically active radiation. *Agron. J.* 77: 283—287.
- 佐藤 庚 1959. 稲の組織内澱粉に関する研究. (第6報) 高節位側芽の生長について. *日作紀* 28: 30—32.
- 1962. 水稻の出葉周期に関する一考察. *日作紀* 31: 1—5.
- 関谷福司 1952. 水稻幼作物の分蘖源基及び分蘖芽に関する研究. 第2報 光が分蘖源基及び分蘖芽の發育に及ぼす影響 (予報). *日作紀* 20: 247—249.
- 清水 強・関口貞介・盛田英夫・須崎睦夫 1962. 主要作物の収量予測に関する研究. VIII. 水稻の分けつ発生に対する日射の影響. *日作紀* 31: 141—144.
- 田中 明 1958. 水稻の出穂期に関する栄養生理. —主稈葉数と出葉間隔の問題—. *農業技術* 13: 389—393.
- 山本由徳・黒川 洋・新田洋司・吉田徹志 1995. 遮光および窒素濃度に対する水稻の分けつ反応の品種間差異. —多げつ性半矮性インド型稲と少げつ性日本型稲の比較—. *日作紀* 64: 227—234.