

水稻の倒伏に関する研究（第11報）

間引き処理が稈の体制と収量に及ぼす影響*

奥村俊勝・竹内史郎**

Studies on the Lodging of Rice Plant (XI)

Effects of thinning treatment on yield and structural proportion of stem

Toshikatsu OKUMURA and Shiro TAKEUCHI

Synopsis

This experiment was conducted to clarify the relationship between the times of shinning and the growth, yield and structural proportion of stem of rice plant.

The shinning treatments was practiced by hills shinning method at 21 days before heading time (early treatment plot) and at heading time (late treatment plot).

The results of investigation were as follows;

1. In the early treatment plot, the growth of residual plant was promoted and the quantity of light increased in the population after its treatment. Therefore, the yield and straws was obtained as well as no-treatment plot and the structural proportion of stem maintained the lodging resistance at high up to ripening time.
2. In the late treatment plot, the other side, the growth of residual plant was not effected by this treatment. The open space of population by treatment was maintained until the time of harvesting. Thus, yield increase and increase of lodging resistance were not recognized in spite of increase of light in population by late treatment.
3. This experiment suggested that the base of stem made thickest at time of boot stage.

* 本研究の一部は、近畿大学研究助成金を受けておこなった。

** 農学科, 作物学研究室 (Lab. of Crop Science, Dept. of Agriculture, Kinki Univ. Higashiosaka Osaka 577, Japan)

1. 諸 言

水稻栽培において、栽植密度や播種密度、ならびに移植時における欠株と生育・収量との関係^{1,2,3,4)}および生育途上での剪葉と生育途上での剪葉と生育との関係^{5,6)}については多数の報告がある。しかし、群落体がほぼ形成されたのちの生育途中で、群落内の個体全体を間引き処理し、その処理の程度とその後の生育との関係を述べた報告はほとんどみかけない。

一般に、間引き処理を行なうと、個体間の養水分競争が弱まり、間引きされずに残存した個体の生育が旺盛となって、間引きによる欠損分の乾物生産が補償され、かつ、その処理が、生育の早期にあるほど、群体としての最終乾物生産量は、無処理の場合とほとんど変わらない程度まで回復させられることが多い。また、生育中・後期の間引き処理は、群落内への日光の透過を良好とし、葉の相互遮蔽を減少させて個体の光合成量を高めて籾生産に貢献すると同時に、株もとの光条件を改良し、それが稈基部の強化と維持をはかり、登熟期の耐倒伏性を高めることも考えられる。

一方、竹内⁷⁾は、水稻の耐倒伏性を出穂後の稈の体制の変化と関連させて、稈の体制が倒伏に対して極めて重要な要素であることを強調した。また、著者は、稈の体制の基礎が、出穂よりもはるか早期に確立されることを予報⁸⁾した。これらのことから、実際栽培において、窒素施肥や水管理などによる生

育調整の失敗によって、出穂後の倒伏が予測された場合には、生育の途中で個体を間引きすることも倒伏防止の一つの手段になる可能性が考えられる。

そこで、生育中・後期に個体の間引き処理を行ない、水稻稈の体制が確立される時期を明らかにすることや、その処理が稈の体制の変化に及ぼす影響を調査することが、水稻の倒伏問題に関連して意義あることと考えられる。なお、それらに加えて、間引き処理が残存個体の生育収量に及ぼす生態学的影響も調査した。

本報は、これらの実験結果の一部をまとめたものである。

II 実験方法および材料

1979年、本学附属湯浅農場の水田において実験を行なった。供試品種は水稻日本晴であり、試験区と間引き処理についてはTable 1に示す通りである。A区は他区にくらべて栽植密度が極めて粗く、(B区の半分の密度、条間30cm×株間34cm)、かつ、間引き処理の影響を対比する処理区がないので、本実験では参考区として調査した。B区は、例年、当農場で実際栽培に用いられる栽植密度(条間30cm×株間17cm)で移植し、収穫まで間引き処理を行なわなかった。C区は、B区の2倍の栽植密度(条間15cm×株間17cm)で移植し、収穫まで間引き処理を行なわなかった。D区とE区は、移植時にC区と同密度で出発し、D区は出穂期(8月18日)に、E区は幼穂形成期(7月29日、出穂前

Table 1. Experimental plots and thinning treatment

Experimental plot	Planting density (hills/m ²)		Thinning treatment	
	before treatment	after treatment	date	growth phase
A	9.9	9.9	—	—
B	19.7	19.7	—	—
C	39.4	39.4	—	—
D	39.4	19.7	8/18	heading time
E	39.4	19.7	7/29	panicle formation stage

21日)に、それぞれ間引き処理を行ない、生育途中で栽植密度をB区と同じとした。間引き処理は、所定の時期に、残存する株を傷めないように注意深く、15cm間隔で植えられている株を、1株おきに地下部を含めて抜きとる方法で行った。

実験は1区面積を4㎡とし、2連制で行なった。6月10日、稚苗を機械植し、1株当り苗数は平均4本程度とした。施肥は、三成分とも化成肥料で12kg/10アール基肥として与えたが、追肥は行なわなかった。その他の栽培管理はすべて当場の慣行に従った。

調査は、出穂後10日、30日の両日の生重による稈体制を前報⁹⁾と同様に、株の平均稈長の10等分の長さで株の全茎を一括して切断する相対稈長法に基づいて調査し、稈プラス葉鞘の単位長さ当り生重の実測した体制図を求めた。なお、1回のサンプリング個体は1区より3株とした。

出穂20日後には群落内透過光量を測定したが、その測定方法などは次の通りである。

まず、相対照度の測定位置は、水平方向には株間と条間の2地点とし、両地点とも隣接の株と株の中

央とした。間引き処理区では、処理後の条間で行なった。次に、両地点の平均を測定値とし1区当り3地点(合計6測点)の平均値で示した。垂直方向の測定位置は、平面上の各地点での地表面上5cmを測定の基点として、それより10cm間隔に上方へ測定し、草冠外上を100%とした。

また、収穫時には玄米収量および収穫物の調査を定法によって行なった。

Ⅲ. 結果および考察

1. 間引き処理が生重による稈体制に及ぼす影響

出穂10日後の生重による稈の体制はFig. 1に出穂30日後のそれについてはFig. 2にそれぞれ示した。

まず、出穂後10日目体制図をみると、B、C、Dの3区間では、稈基部(0~10%部)から上部まで全ての部分において、ほとんど差異が認められなかった。しかし、出穂21日前に間引きしたE区と粗植のA区の稈の基部側半分では、前の3区よりも著しく重くなったが、相対稈長部位50%以上の上

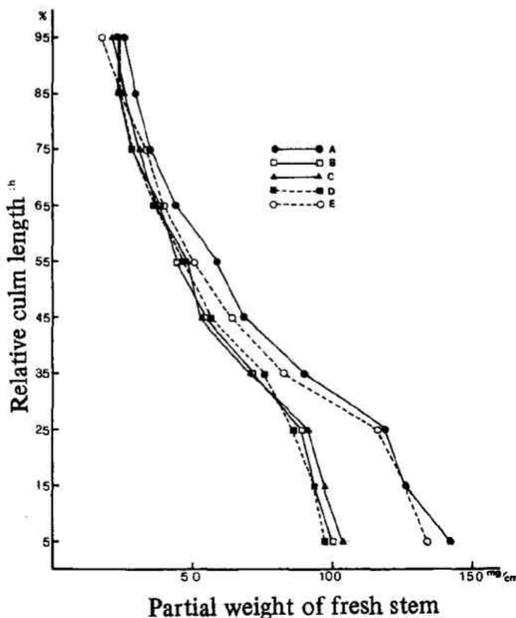


Fig. 1 Structural proportion of the fresh stem (culm plus leaf sheath). (10 days after heading time)

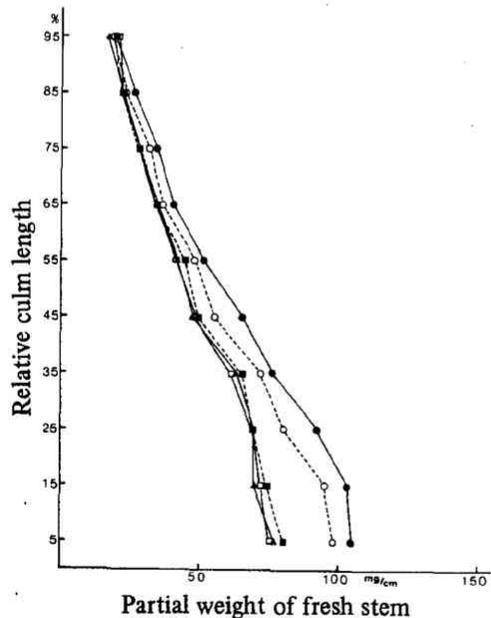


Fig. 2 Structural proportion of the fresh stem (culm plus leaf sheath). (30 days after heading time) Symbols are the same as those in Fig. 1

部では、全区で大差を示さなかった。すなわち、稈の生重による体制からみて、A区とE区は、他の3区よりも著しく耐倒伏性の高い茎を形成したものである。なお、この両区のうち、A区は間引き処理を行わず、かつ、栽植密度が粗いことによって生育初期から分けつが増加が大きく、1株茎数が他区より著しく多くなったにもかかわらず、生育の中後期においても、株元まで光が十分に到達するので、各々の茎が平均的に太く形成されたものと思われる。しかし、E区は、出穂前21日に間引き処理がなされ、その処理日まではB区よりも高密度で栽培されていた区である。しかるに、出穂10日後の基部の状態が、B区よりも体制的に良好となったことは極めて興味ある現象である。その理由は、間引き処理から出穂10日後の調査日までの期間(約1ヶ月間)中に、間引き処理による効果が、倒伏と極めて関係の深い基部の生重を増大させる方向か、または、その減少の程度を著しく小さくする方向かに発現したことが考えられるからである。なお、出穂日における間引き処理(D区)の効果が、稈体制に全く示されなかったことと考え合せると、稈基部における生重増加にとって、出穂21日前頃の地上条件が極めて重大な影響をもつことがうかがえるが、その時期の茎の状態が明確に把握されなければ、間引き処理の効果が前述のどちらの理由によってもたらされたのか、または、その両者が同時に発現しているのかを定量的に明らかにすることは出来ない。しかし、無処理で、かつ、栽植密度のみ異なるB区とC区の間で全く差異を示さなかったことと、それら両区とA区とは大差が存在したことから、栽植密度がある限度以上に密なる場合には、稈の体制には変化がでないが、そのような稈に出穂前21日に間引き処理を行なうと、残存した株の各々の茎の基部の発達をつづけさせる方向で耐倒伏性強化に効果が発揮されるものと思われる。一方、出穂前の間引き処理は全く効果を表わさなかったが、これは、著者が施肥法と水稻の生育に関連した研究¹⁰⁾で報じたように、いかなる施肥法においても株全体の茎の乾物重の増加は、出穂期にピークに達し、その後は減少するのみとした報告や本実験では追肥を与えなかったため、追肥が追肥後の茎の乾物増大と稈基部組織の活性維持に及ぼす効果が全く期待できないことから、出穂

期処理の効果が全く出ないのは明らかであるものと思われる。

つぎに、出穂30日後の体制図をみると、稈の各部とも出穂10日後の生重よりも減少し、その程度は、すべての区で基部に近いほど大であり、稈体制は不安定化した。が、区間差は縮少し、これは竹内⁷⁾がすでに報じた結果とよく一致した。しかし、A区とE区が他の3区よりも稈基部生重が重い体制を維持し、B、C、D区の間にはほとんど差がなかった。本図は、Fig. 1の調査日から20日間も登熟が進んだ段階における体制を示すものであるが、Fig. 1が稈の形成の程度を示す結果とすれば、このFig. 2は、登熟期間中の稈の維持程度の大小を示すものと考えられる。この観点より本図をみると、稈全体の体制としては、出穂30日目においても、A区とE区は耐倒伏性の高い体制を維持していることは明らかである。なお、稈基部(0~10%部)の20日間の単位当り生重の減少量は、A区で37mg、B区で24mg、C区で27mg、D区で17mg、E区で36mgとなり、A区とE区がもっとも減少量が大きくなった。しかし、出穂10日目の重さを100とした相対値で、出穂30日目の重さを表わすと、A区で74%、B区で76%、C区で74%、D区で82%、E区で73%となり、D区以外の区は、すべてその減少割合がほとんど同じとなった。すなわち、間引き処理などによって、登熟期間中の水稻をとりまく環境条件を変化させても、稈基部における葉鞘の枯上りなどによる減量を抑制することができないことが明らかとなった。したがって、耐倒伏性の高い茎を形成させるためには、幼穂分化期頃の地上部の生態的条件の改良が必要となるものと考えられる。

以上より、稈体制を決定づける時期は、出穂前20日頃であって、その時期の地上部環境の影響が登熟期の稈の強さや体制を決定するものと云えるであろう。

2. 間引き処理が群落内透過光量に及ぼす影響

出穂20日後の群落内への太陽光の透過状態を相対照度によって測定し、それをFig. 3に示した。

調査日の立毛状態は、全区とも倒伏はまったく生じておらず、間引き処理作業に伴う立毛の一時的な乱れも完全に回復していた。

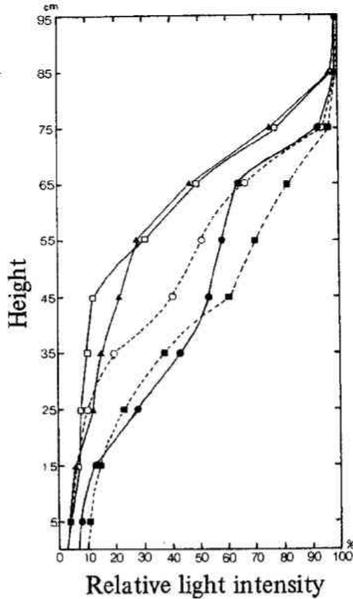


Fig. 3 Distribution chart of light intensity in the rice plant community. Symbols are the same as those in Fig. 1

全体的に、草冠内に深く入るにつれて、達光量は減少した。その減少のパターンがもっとも急激な試験区は、B区とC区であって、両区ともほぼ同じ減少パターンを示し、とくに、草冠内の上部での減少程度が大きいため、群落内下部への光の透過は著しく悪かった。A区は草冠内の上下部で微減し、B、C区よりやや低い位置で急減するパターンを示したが、中央部附近では減少がゆるやかとなり、群落内へ光が比較的容易に透過できる様相を示した。D、

E両区は、間引き処理による株間空間の発生により、B、C両区よりも群落内への光の透過は良好となり、とくにD区でその傾向は著しかった。なお、地際から15cm高までは、D区を除いてほとんど区間差がなく、ほぼ暗黒状態に近い光量しか達光しなかった。

以上の結果をもたらした原因は、まずA区では栽植密度の粗さに基づく株間空間の広いこと、B、C、両区は、株間空間の狭いこととそれに伴う草冠上部での葉の相互遮蔽がはげしいこと、D、E区では生育途中での個体の間引きによる株間空間の拡大と処理後の葉の生長程度によることが考えられる。すなわち、D区では、処理後に出来た群落内空間へは葉の伸長がほとんどなく、間引きされた株が存在していた位置での達光が著しく多いため、平均として群落内照度が高くなったものであり、他方、E区は処理時期の早さと相まって、間引き処理によって生じた空間へ、処理後の葉の伸長がD区よりも著しく大きかったことを示しているものと思われる。

間引き処理による群落内透過光量の増加が稈基部に及ぼす効果の程度は、Fig. 1, 2で述べた如く、その間引き処理の時期が大きく関与してくるので一定の傾向を持たない。したがって、D区は、透過光量が多いにもかかわらず、稈の体制は悪化し、E区はその逆の傾向を示した。

3. 間引き処理が玄米収量、収量構成要素および収穫物の二、三の形質に及ぼす影響

1株当り玄米収量、収量構成4要素、稈長、1株当りわら重、およびモミ/ワラ比をTable. 2に示

Table 2. Yield, yield components and some characters of harvested plant

Items	Plots				
	A	B	C	D	E
Yield of brown rice (g/plant)	46.2	25.2	14.3	14.9	23.7
Number of heads (/plant)	26.3	20.3	12.1	12.3	15.3
Number of grains (/head)	83.0	76.6	68.2	67.7	77.3
Percentage of ripening	94.4	83.7	87.8	87.9	93.6
1000-kernel-weight(g)	23.7	22.9	22.9	22.5	23.5
Culm length (cm)	65.6	72.6	73.8	67.3	66.9
Weight of straw (g/plant)	45.6	27.7	15.8	17.2	23.8
Grain-straw ratio	1.25	1.14	1.10	1.15	1.25

した。

まず、1株当り玄米収量では、A区がもっとも多く、ついでB区、E区、D区、C区の順となったがB区とE区の間、C区とD区との間には収量差がほとんどなかった。

つきに、収量構成要素では、1株穂数、1穂粒数、登熟歩合および千粒重の4要素全部でA区は最も高くなったが、とくに1株穂数と1穂粒数では、他区よりも著しく高くなり、この両要素の増大が1株玄米収量の増加に強く関与していた。一般に、穂数と1穂粒数は相反すると云われているが、本実験の極端に疎植したA区では、その関係がみられず、疎植イネの特性の一端¹¹⁾がうかがえて興味深い。

収量構成要素におけるB区とE区との差異は、E区がB区にくらべて1穂粒数、登熟歩合および千粒重で大きくなったが、1株穂数では小さくなった。すなわち、間引き処理前までの1株茎数の増加程度は栽植密度差を反映して、E区が著しく小さかったものと思われる。しかし、処理後では、分けつ増加が再開され、その増加速度もB区より高く保たれたが最終的な穂数ではB区に追いつけなかったものと考えられる。一方、その間引き処理による群落内透過光量の増大は、登熟にかかわる要素に対して好影響を及ぼし、結果的に1株玄米収量はB区とほぼ同量に回復させられたものと考えられる。C区とD区の収量構成要素の区間差は4要素全部でほとんど生じなかった。すなわち、出穂期の間引き処理は、玄米収量に対する効果が極めて小さいことを示しているものと考えられる。

つきに、収穫物の形質のうち、稈長では高密度区ほど長くなる傾向を示したが、間引き処理区は、処理時期にかかわらず短くなり、その程度は、処理時期が早いほど大きくなった。これは、伸長節間の伸長する時間(出穂15日前から出穂まで)の群落内の光条件を反映したものと考えられ、高密度区では徒長きみに伸長したことで稈長が長くなったものと考えられる。1株わら重では、1株玄米収量と同一傾向を示したが、E区とB区との区間差が玄米収量のそれよりも大きくなったことが注目される。すなわち、出穂21日前の間引き処理効果は、穂の形質を充実させる方向に発現され、そのため、モミノワラ比においてもE区が高くなったものと考えられる。

つきに、単位面積当り玄米収量およびわら重についてはTable. 3に示す通りである。

Table 3. Yields per unit area (m²)

Plots	Weight of straw (g)	Weight of grain (g)
A	451.8	455.6
B	545.5	496.6
C	623.7	567.1
D	344.5	293.9
E	470.6	466.9

両形質量ともに、C区がもっとも多く、ついでB区、E区、A区、D区の順となった。C区は、栽植密度が密なるために最高収量となったもので、玄米収量のみ注目すると、当農場の慣行栽培密度よりも、はるか高密度区で最高の玄米収量が得られた。これは水稻の生産性向上に対して、栽植密度を高めることも1つの手段となりうる可能性を示唆したものと思われる。他方、栽植密度がC区の4分の1のA区で、C区の約80%の収量が確保されたことも興味ある現象である。また、D区のわら重と玄米重の両形質とも、C区の約50%程度しか確保出来なかったことは、D区の間引き処理がそれらの形質の増大にプラス効果を全く示し得なかったことを示している。一方、E区は、B区のそれらに比較して、わら重で86%、玄米重で94%の確保を示した。

以上のことから、出穂前21日処理は、群落体としての物質生産における回復力は著しいが、出穂期処理は全く効果を持たないものと結論づけられるであろう。

Ⅳ. 要 約

水稻栽培において、間引き処理の早晚と生育収量および耐倒伏性との関係を明らかにするために、個体全体の間引き処理を出穂21日前および出穂期に行ない、残存した個体の処理後の生育収量および生重による稈の体制の変化を比較検討すると同時に、倒伏に最も関係が強い稈基部の確立される時期を推

定した。

結果の概要は次の通りである。

1. 出穂前21日の間引き処理は、処理直後から出穂期までの間、残存個体の生育を旺盛とし、かつ、群落内への光の透過も良好にした。その結果、玄米収量やわら重は、無処理の場合とほぼ同量まで回復させられ、一方、稈の体制においても耐倒伏性の高い体制を形成し、かつ、それを登熟期間中も高く維持した。
2. 出穂期の間引き処理は、残存個体の生育にほとんど影響を及ぼさなかった。したがって、間引き処理によって群落内で発生した空間は、収穫時まで稲体の補充がなく、群落内への光の透過は良好となったが、玄米収量の増加や稈体制の健全化とその維持には全く効果を示さなかった。
3. 稈基部が最も太く、かつ、重くなる時期は、出穂21日前から10日前の間にあることが推定された。

引用文献

- 1) 武田友四郎・広田 修：日作紀，40 381-385(1971)
- 2) 角田公正・石井龍一・町田寛康：日作紀，40 1-6(1971)
- 3) 秋田謙司：日作紀，46(別1)45-46(1977)
- 4) 赤松誠一：日作紀，35 131-136(1966)
- 5) 梶本光雄：日作紀，4 337-359(1932)
- 6) 佐藤 庚：日作紀，38 299-305(1969)
- 7) 竹内史郎：日作紀，41(別2)145-146(1972)
- 8) 奥村俊勝・竹内史郎：日作紀，43(別2)31-32(1974)
- 9) 奥村俊勝・竹内史郎：日作紀，45(別2)9-10(1976)
- 10) 奥村俊勝・竹内史郎・長谷川 浩：日作紀，48(別2)21-22(1979)
- 11) 農文協編，疎植のイネづくり(1975)