

直播水稻の耐倒伏性に関する生理生態的形質(1)

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	寺島, 一男 秋田, 重誠 酒井, 長雄
巻/号	61巻3号
掲載ページ	p. 380-387
発行年月	1992年9月

直播水稻の耐倒伏性に関する生理生態的形質

第1報 押し倒し抵抗測定による耐ころび型倒伏性の品種間比較*

寺島一男・秋田重誠・酒井長雄**

(農業研究センター・**長野県農事試験場)

1991年11月26日受理

要旨 : 直播栽培における稲の耐ころび型倒伏性を生理生態的視点から解析する目的で、地下部による株の支持力を品種間、各種栽培法で比較した。供試品種には移植条件で育成されてきた日本品種および半矮性インド型品種と直播条件下で育成されてきたアメリカ品種を用いた。株支持力は上村らの手法に基づいて押し倒し抵抗を測定することにより推定した。各品種の押し倒し抵抗ところび型倒伏の発生程度との間には負の相関関係がみられ、耐ころび型倒伏性の評価における押し倒し抵抗測定の有効性が認められた。栽培条件の押し倒し抵抗に対する影響については、播種深度を1cmとして栽培した場合には地表面への播種に比べ、また、水管理を間断湛漑で行うと常時湛水条件に比べてそれぞれ押し倒し抵抗が高まる傾向がみられた。条間を一定とし、条内の播種密度のみを変えた場合には、播種密度の違いが押し倒し抵抗に及ぼす影響は小さかった。品種間における押し倒し抵抗の差異は以上のような栽培方法の違いによる変動に比べて大きかった。アメリカ品種および穂重型の半矮性インド型品種は日本品種より高い押し倒し抵抗値を示し、ころび型倒伏程度もより軽微であった。以上から、直播水稻の耐ころび型倒伏性の改善のためには、地下部による株支持力の育種改良がより重要であることが示唆された。

キーワード : 押し倒し抵抗, ころび型倒伏, 水稻, 耐倒伏性, 直播.

Eco-Physiological Characteristics Related with Lodging Tolerance of Rice in Direct Sowing Cultivation I. Comparison of the root lodging tolerance among cultivars by the measurement of pushing resistance : Kazuo TERASHIMA, Shigemi AKITA and Nagao SAKAI** (*National Agriculture Research Center, Kannondai, Tsukuba, Ibaragi 305, Japan*; ***Nagano Agricultural Experiment Station, Ogawara, Suzaka, Nagano 382, Japan*)

Abstract : The objective of this series is to investigate the relationships between root lodging tolerance and root characteristics of rice (*Oryza sativa* L.). In this paper, the pushing resistance was measured in different cultivating conditions and among cultivars including Japanese and USA varieties by the method developed by Uemura et al., to evaluate the contribution of anchorage ability of each rice cultivar to the root lodging tolerance. High negative correlation was found between pushing resistance and root lodging degree of each cultivar examined. Sowing depth and water management affects the pushing resistance, but the effect of sowing density in a row on the pushing resistance was not clear. Varietal difference in pushing resistance was larger compared with the variation of pushing resistance with the change of cultivating condition mentioned above. Improved cultivars of USA and semidwarf (and long ear) Indica cultivars used in this experiment showed higher pushing resistance than Japanese cultivars examined. The higher variation of pushing resistance among cultivars than that by culture practices indicates that the breeding of cultivars with higher root lodging tolerance could be a possible way to improve lodging tolerance of direct sowing rice.

Key words : Direct sowing cultivation, Lodging tolerance, Pushing resistance, Rice, Root lodging.

稲作の生産コスト低減のための一つの方法として、湛水散播栽培に強い関心が寄せられている。しかし、わが国における湛水散播栽培には出芽・苗立ちやころび型倒伏等をめぐってなお不安定要因が残されており、なかでも、ころび型倒伏の防止が重要とされる。現在、酸素供給剤を用いて深播きする方法、あるいは倒伏軽減剤を利用するコストのかかる技術をもってその解決が試みられているが、さらなる省力性やコスト低減を考えた場合、今後は耐ころ

び型倒伏性の強い品種の育成がより重要な課題となるであろう^{1,21,22)}。しかるに、耐ころび型倒伏性やその関連形質を品種間で比較した報告は数例^{5,11,12,19)}に限られ、品種育成に必要な基礎的知見、すなわち、耐ころび型倒伏性にかなる要因がどのような機構で関与するかについて、生理生態的な解析を加えた報告はほとんどみられない。そこで著者らは、直播条件における耐ころび型倒伏性の品種間差異と根の量的、形態的発達との関係を解析し、耐ころび型倒伏性の生理生態的機構を明らかにすることを目的とした一連の研究を行った。

耐ころび型倒伏性の生理生態的解析には、地下部

* 一部は第189回講演会(平成2年4月)において発表。

** 長野県農事試験場。

の倒伏に抗する力、すなわち株支持力を定量的に把握することがまず必要である。芳賀ら⁵⁾は、稲株が完全に倒伏するまでに必要な穂首荷重に基づくモーメントと稲株自体によるモーメントとの和から株支持力を推定する方法を考案し、品種間比較を行っている。しかし、この場合、芳賀ら⁵⁾も指摘しているように稈質の違いが測定値に影響をおよぼすため、稲株基部の支持力の評価法としては問題を残している。これに対して上村ら²⁰⁾は、株の基部を一定の器具で押し倒した際における稲体の応力、すなわち押し倒し抵抗を測定することで耐ころび型倒伏に対する抵抗力を推定する方法を開発した。この方法は芳賀ら⁵⁾の方法より簡便で、稈質の違いによる影響を受けにくく、多数の品種を数多く測定する場合に有効とみられる。そこで本報では、地下部による株支持力の遺伝的変異とその意義を明確にする目的で、まず、押し倒し抵抗と耐ころび型倒伏発生程度との関係について検討を加え、ついで、各種栽培条件が押し倒し抵抗に及ぼす影響と、直播条件で育成栽培されてきたアメリカ合衆国の品種、移植条件に適応した日本品種および半矮性インド型品種等多数品種間における押し倒し抵抗の差異を調査比較した。これらより、耐ころび型倒伏性改善のための方策について検討を加えた。

材料と方法

試験は1989年と1990年に茨城県谷和原村農業研究センター谷和原圃場で行った。

押し倒し抵抗の測定、表示方法

押し倒し抵抗の測定は上村ら²⁰⁾の方法にほぼ準じ、倒伏試験器を株の地際から10cmの高さに押し当て、株を約45度の角度にまで押し倒す際の応力を測定した。測定時期については出穂期から出穂後20日目ごろまでは押し倒し抵抗に大きな変動がみられないことから(第1図)、いずれの処理区、品種についても穂揃い期ごろないし登熟初期に1区15点について測定した。なお、苗立率の違いに基づく品種間の個体密度の違いを考慮し、測定個体の穂数と1m²当りの穂数との比率から算出される1m²当りの抵抗値によって各区の押し倒し抵抗を表示、比較した。

試験1. 押し倒し抵抗と耐ころび型倒伏との関係

耐ころび型倒伏性の評価における押し倒し抵抗測定の有効性を検討する目的で、第1表に示した12品種について穂揃い期の押し倒し抵抗値と収穫期にお

Table 1. Cultivar used and lodging degree¹⁾.

		1989		1990		
		Exp.1	Exp.2 ²⁾		Exp.3	
			L	M	H	
Hatuboshi	○ ³⁾	4.0	—	—	—	3.0
Todorokiwase	○	4.0	—	—	—	—
Koshihikari	○	—	—	—	—	4.0
Kinuhikari	○	—	—	—	—	3.3
Kochihibiki	○	3.5	—	—	—	2.5
Nipponbare	○	3.5	3.8	4.0	4.0	3.8
Kankei 974	◎	—	—	—	—	2.0
Caloro	●	—	—	—	—	3.0
Calrose	●	—	—	—	—	4.0
Calmochi-101	●	—	—	—	—	(2.3) ⁴⁾
S-201	●	—	—	—	—	(4.0)
M-302	●	1.3	1.5	0.5	1.0	(2.5)
M-401	●	—	—	—	—	(4.0)
Dawn	■	—	—	—	—	1.5
Blue bonnet-50	■	2.7	3.5	3.3	3.3	—
Lemont	■	0	0	0	0	0
L-202	■	—	0	0	0	—
IR 36	▲	—	—	—	—	(4.0)
Raegyong	▲	0	—	—	—	—
Suweon 258	▲	0	—	—	—	—
Takanari	▲	0	—	—	—	0
Ochikara	△	2.5	2.5	2.8	2.3	2.8
Akenohoshi	△	2.3	—	—	—	2.5

1) Lodging degree was estimated according to following scale.

0 : no lodging.

2 : inclination of plant was almost 45°.

4 : inclination of plant was almost 90°. 1 and 3 are intermediate degree.

2) Experiment on seeding density. L, M, H : Refer to Fig. 3.

3) Symbols :

○ : Japanese cultivar.

● : USA, medium or short grain cultivar.

■ : USA, long grain cultivar.

◎ : Progeny of hybridization between Japanese and USA, long grain cultivar.

▲ : Semi dwarf indica cultivar.

△ : Japanese high yielding cultivar.

4) () : Lodging degree for stalk lodging.

ける倒伏程度を比較した。播種は1989年4月16日で、株播きポットに一穴2粒ずつ播種し、播種後は籾が隠れる程度の薄い覆土を施した後、ビニールハウス内の畑苗代で育苗した。5月15日に30×15cmの栽植密度、一株2本植えて籾の位置が地表面となるように浅植えて移植を行った。このような移植手法を用いたのは一定の個体密度で表面へ播種した場合とほぼ同様の条件を得るためである。施肥は、N,

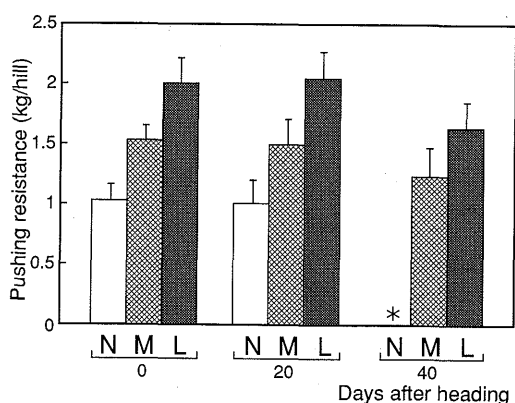


Fig. 1. Change of pushing resistance in ripening stage with different cultivars.

N: Nipponbare, M: M-302, L: Lemont

*: Unmeasurable due to lodging. Bars in the figure indicate the range of 95% reliable.

P_2O_5 , K_2O を 10 a 当りで、基肥として各 8 kg, 分けつ期に各 2 kg, 幼穂形成期, 穂ばらみ期に各 3 kg ずつ施用した。

以上の方法で栽培した材料について穂揃い期における押し倒し抵抗, 収穫時の倒伏程度 (株の傾き程度に応じた 0~4 段階評価) を調査した。なお出穂後 21 日目に各区 10 株ずつ採取し, 最長稈長と地上部生重を測定した。試験は各品種 2 反復で行った。

試験 2. 栽培条件による押し倒し抵抗の変動

播種深度: 酸素供給剤を粉衣した種子 (供試品種: 日本晴) を, 地表面下 0 cm と 1 cm の位置に, 1989 年 5 月 15 日に播種した。播種密度は 22.2 株/ m^2 で, 1 株 5 粒ずつ手播きで点播した。施肥は, N, P_2O_5 , K_2O を 10 a 当りで, 基肥として各 6 kg, 分けつ期に各 2 kg, 幼穂形成期, 穂ばらみ期に各 3 kg を施用した。

播種密度 (条播栽培): 第 1 表に示した日本およびアメリカ合衆国の品種 (以下アメリカ品種), 計 6 品種を供試品種とし, 酸素供給剤を粉衣した種子を, 1989 年 5 月 15 日に地表面へ手播した。播種密度については, 条間隔を 15 cm とし, 高密度区 (各条 1 m 当り 60 粒: 以下 H 区), 中密度区 (同 37.5 粒: 以下 M 区), 低密度区 (同 15 粒: 以下 L 区) を設けた。苗立ち密度は H 区が各条 1 m 当り 38~45 個体, M 区が同 25~28 個体, L 区が 10~13 個体で, 各処理区とも品種間に大きな差はみられなかった。施肥は N, P_2O_5 , K_2O を 10 a 当りで, 基肥として各 8 kg, 分けつ期に各 2 kg, 幼穂形成期, 穂ばらみ期には各 3 kg を施用した。

水管理: 供試品種には日本品種の初星, 日本晴, アメリカ品種の M-302, Lemont を用いた。1990 年 4 月 16 日に株播きポットに 1 穴 2 粒ずつ播種し, 試験 1 と同様に稲が隠れる程度の薄い覆土を施した後, ビニールハウス内の畑苗代で育苗した。5 月 15 日に 30×7.5 cm の栽植密度で, 稲の位置が地表面となるように浅植えの移植を行った。施肥は N, P_2O_5 , K_2O を 10 a 当りで, 基肥として各 6 kg, 分けつ期, 幼穂形成期, 穂ばらみ期にそれぞれ 3 kg ずつを追肥として施用した。水管理については, 常時湛水区の場合, 6 月 21 日から 4 日間落水した後は常時湛水条件下で栽培し, 間断灌漑区では 6 月 21 日から 6 月 24 日, 7 月 3 日から 7 月 7 日, 7 月 11 日から 7 月 17 日, 7 月 21 日から 7 月 26 日までの各期間を落水条件として管理した。押し倒し抵抗の調査は各品種の穂揃い期ごろ (初星: 7 月 28 日, 日本晴: 8 月 15 日, M-302: 7 月 29 日, Lemont: 8 月 7 日) に, いずれも湛水した条件下で測定した。以上の各試験は 3 反復で行った。

試験 3. 押し倒し抵抗の品種間差異

第 1 表に示した日本品種, アメリカ長, 中, 短粒品種, 半矮性インド型品種, 日本品種とアメリカ長粒品種の交配後代系統等計 18 品種を供試品種とし, 酸素供給剤を粉衣した種子を, 1990 年 5 月 16 日に地表面に手播きで条播した。条間隔は 30 cm で, 播種量については, 半矮性インド型品種 IR 36 とタカナリが 1 m^2 当り 250 粒, 他品種は 150 粒とした。ただし半矮性インド型品種については苗数数がほぼ同様となるように出芽後に間引きを行った。最終的な個体密度は 1 m^2 当り 105~135 個体であった。施肥は N, P_2O_5 , K_2O を 10 a 当りで, 基肥として各 6 kg, 分けつ期に各 2 kg ずつ 2 回, 幼穂形成期, 穂ばらみ期には各 3 kg を施用した。以上の方法で栽培された各品種を対象に, 穂揃い期の押し倒し抵抗, 収穫時の倒伏程度を試験 1 と同様に調査するとともに, 出穂後 21 日目には 0.75 m^2 から採取された個体について, 最長稈長と地上部生重を測定した。なお Caloro, Calrose, 関系 974 は 1 反復で, 他は 3 反復として試験を行った。

結 果

1. ころび型倒伏程度と押し倒し抵抗との関係

1989 年は概ね平年並の気象条件下で推移したが, 8 月上旬と登熟初期にあたる 8 月下旬から 9 月上旬に比較的降雨量が多かった。このような気象条件下で

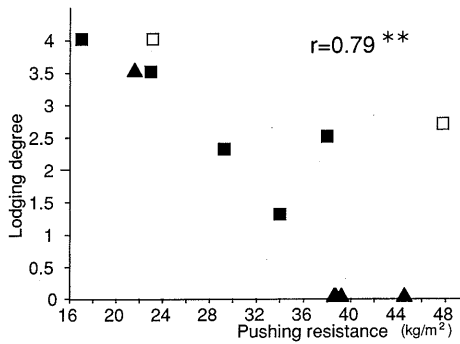


Fig. 2. The relationship between pushing resistance and lodging degree.

▲: Culm length is shorter than 75 cm.
 ■: 75 cm~85 cm.
 □: longer than 85 cm.
 Lodging degree: Refer to Table 1.

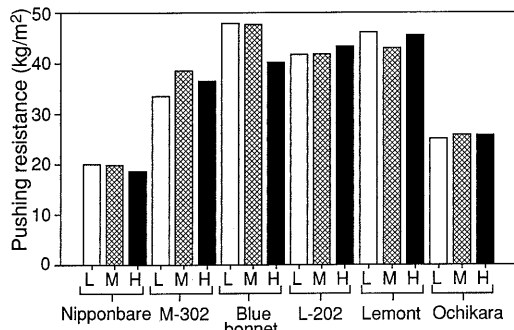


Fig. 3. Effect of seeding density in a row on the pushing resistance with different cultivars. Distance between rows was same in every plots.

L: 15 seeds/m in a row.
 M: 37.5 seeds/m in a row.
 H: 60 seeds/m in a row.

押し倒し抵抗と倒伏程度には品種間で顕著な差がみられた(第1表, 第5図)。各品種の押し倒し抵抗の値ところび型倒伏程度との関係を見ると、ほぼ同じ稈長の品種間では両者の間には負の相関関係がみられ、押し倒し抵抗が強い品種ほどころび型倒伏の程度が軽微であった(第2図)。同じ押し倒し抵抗を示した場合は長稈品種の方が倒伏しやすい傾向にあったが、日本品種のように押し倒し抵抗が30 kg/m²以下の弱い品種は稈長が80 cm以下であっても顕著なころび型倒伏を示した(第2図)。

2. 栽培条件による押し倒し抵抗の変動

播種深度については、表面播き区と播種深度1 cm区の間で押し倒し抵抗に有意な差がみられ、播種深

Table 2. Effect of seeding depth on pushing resistance (cultivar: Nipponbare).

	Seeding depth 0 cm	1 cm	F value
Ear number/hill	19.0	19.1	0.01
Pushing resistance	0.77	0.98	8.44**

Table 3. Analysis of variance about the effect of seeding density on pushing resistance.

	D. F.	Variance	F value
Variety(v)	4	1084.6	59.8**
Density(d)	2	13.2	0.73
v×d	8	17.2	0.95

Table 4. Analysis of variance about the effect of water management on pushing resistance.

	D. F.	Variance	F value
Variety(v)	3	95.7	145.5**
Water management(w)	1	33.8	51.4**
v×w	3	3.4	5.2*

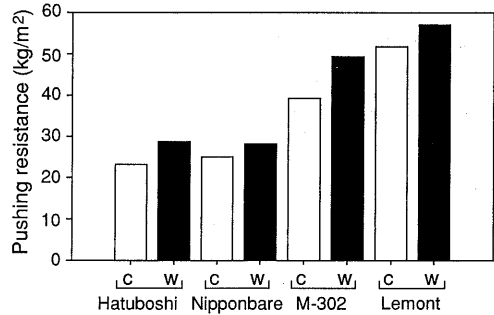


Fig. 4. Effect of water management on the pushing resistance with different cultivars.

Control (c): Drained in 6/21~6/24 and submerged in other time.
 Intermittent irrigation (W): Drained in 6/21~6/24, 7/3~7/7, 7/11~7/17, 7/21~7/26 and submerged in other time.

度1 cm区の方が表面播き区に比べて約27%程度高い抵抗値を示した(第2表)。一方、播種密度の違いによる押し倒し抵抗の有意な変動は、条播条件で行った本試験の場合ほとんど認められなかった(第3表)。むしろ、品種間の差がより大きく、アメリカ品種(M-302, Lemont, Blue Bonnet-50, L-202)は日本晴やオオチカラに比べていずれの播種密度においても高い抵抗値を示した(第3図)。

水管理の影響については、湛水条件より間断灌漑区において押し倒し抵抗が強くなる傾向が認められ

た(第4表, 第4図)。その影響の程度には品種間で若干差異がみられ, 落水処理の終了(7月26日)より調査日(初星:7月28日, M-302:7月29日, 日本晴:8月15日, Lemont:8月7日)までの期間がより短い初星や M-302 で間断灌漑による押し倒し抵抗の向上がより大きかった。しかし, この場合においても, 間断灌漑に伴う押し倒し抵抗の増加率は26%程度で, 供試したアメリカ品種(M-302, Lemont)と日本品種(初星, 日本晴)との差に比べると小さかった(第4図)。

3. 押し倒し抵抗の品種間差異

浅植えの移植条件で行った試験1および直播条件で比較を行った試験3のいずれにおいても, 供試品種間に顕著な押し倒し抵抗の差異が認められた(第5図)。とくに日本品種の押し倒し抵抗は, 両試験ともに概して弱かった。日本品種の中では早生品種の抵抗値が他品種よりやや低い傾向がみられたがその差は小さかった。これに対してアメリカ品種は, いずれも日本品種より高い抵抗値を示した。とくに, 試験3における中粒品種 M-401 は1m² 当り94kgと日本晴の約4倍の高い抵抗値を示した。日本品種とアメリカ長粒品種との交配後代系統である関係974も日本品種より高い抵抗値を示した。アメリカ品種の中では, カリフォルニアの古い品種である Caloro, Calrose にくらべ, 早生の Calmochi-101を除く他の改良品種で押し倒し抵抗がより強かった。

長粒品種の場合には, 古い長稈品種と短稈の改良品種との間に大きな差異はみられなかった。半矮性インド型品種では, タカナリ, 水原258号等穂重型の品種でアメリカ長粒品種に匹敵する高い抵抗値が認められた。しかし, 穂数型である IR 36 の押し倒し抵抗はこれに比較すると弱かった。日本で育成された多収品種アケノホシ, オオチカラは日本晴等と同程度かやや高い押し倒し抵抗値を示した。(第5図)。

試験3の行われた1990年の気象条件は, 登熟中期にあたる8月中旬から9月第2半旬にかけては少雨であったが, 9月20日には台風19号が通過し, 雨とともに強風があった。この結果, 台風の影響で倒伏する品種が多かった。また倒伏の種類は品種により異なり, ころび型倒伏を示すものと挫折型倒伏を生じる品種とがあった。日本品種および長稈のアメリカ品種の Caloro, Calrose 等では登熟中期よりころび型倒伏が認められた。アメリカ短中粒品種, M-302, M-401, Calmochi-101, S-201, 穂数型の半矮性インド型品種 IR 36 では, 登熟中期まで倒伏はほとんどみられなかったが, 台風19号の影響により挫折型倒伏が生じた。しかし, アメリカ短稈長粒品種 Lemont および短稈穂重型の半矮性インド型品種タカナリでは倒伏はみられなかった。日本晴とアメリカ長粒品種 Dawn との交配後代である関係974は比較的軽微なころび型倒伏を示すにとどまった(第1表)。

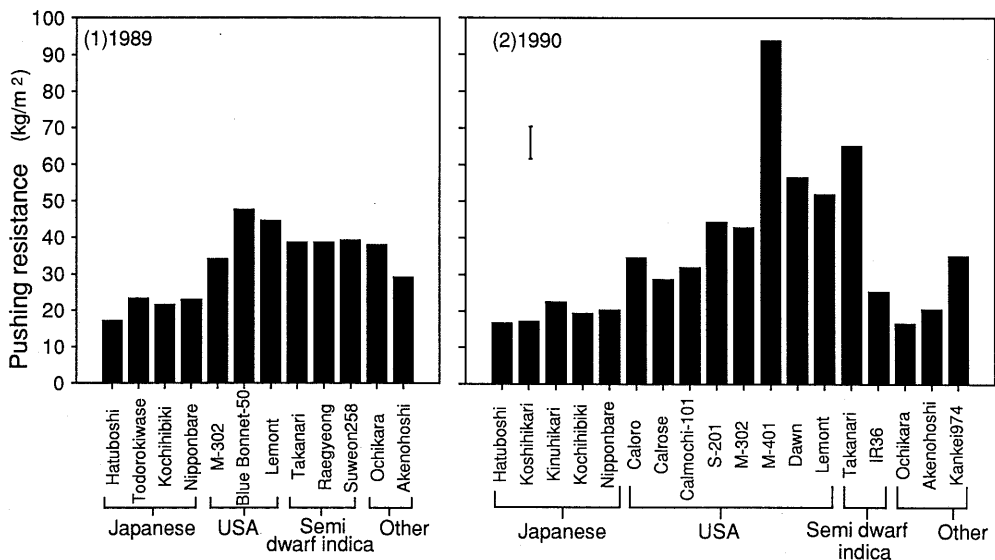


Fig. 5. Difference in pushing resistance among cultivars. Bar in the figure indicates l.s.d. ($\alpha=0.05$).

考 察

本研究では、まず、上村ら²⁰⁾の開発した手法による押し倒し抵抗の測定が耐ころび型倒伏性の評価に使えるかどうかを検討した。その結果、押し倒し抵抗と耐ころび型倒伏の程度との間には密接な関連がみられ、押し倒し抵抗の測定は耐ころび型倒伏性の評価において有効と判断された。ただし、押し倒し抵抗が強くても稈長の長い品種はやはり倒伏しやすく、耐ころび型倒伏性の総合的な評価には地上部形質を含めた検討の必要性が示唆された。

この点について挫折型倒伏の場合、従来よりいわゆる倒伏指数、すなわち、稲体自重（地上部重）モーメントと挫折抵抗との比率に基づいて、品種や各種栽培方法における耐倒伏性の評価が行われている^{7,18)}。しかし、稲のころび型倒伏についてこのような定量的な評価法の検討が行われた例はほとんどない。そこで瀬古¹⁹⁾の手法に従い、試験1および3で挫折倒伏を示した品種を除く他の品種について、稲体自重モーメント（出穂後3週目の地上部生重と稈長の積）と、押し倒し抵抗モーメント（押し倒し抵抗の測定値に測定位置の高さ10cmをかけあわせた値）との間で比率を求めた。なお稲体自重モーメントは、本来地上部生重と地上部重心高との積で求めるのが理論的に正しいが、本研究では簡便法として稈長を重心高の代わりに用いて算出した。このようにして得られた稲体自重モーメントと押し倒し抵抗モーメントの比率をころび型の倒伏指数とし、実際の倒伏程度との関係のみたところ、両者の間には $r=0.84$ の密接な相関関係が認められた（第6図）。したがって、ころび型倒伏の場合も挫折型倒伏と同様の考え方で求めた倒伏指数により、地上部形質も含めた耐倒伏性の評価を行うことが可能と判断された。さらに倒伏程度について、上記の押し倒し抵抗モーメントと地上部の稲体自重モーメントを独立変数として重回帰分析を行い、各モーメントの標準偏回帰係数をもとめたところ、押し倒し抵抗モーメントでより高い値が得られた。したがって、耐ころび型倒伏性に対する寄与度は、押し倒し抵抗の方が地上部形質より高いと推察された（第5表）。

次に栽培条件の影響については、押し倒し抵抗が播種深度や水管理等栽培条件により変動することが認められた。上村ら²⁰⁾も、水稻品種オオセトを用いて押し倒し抵抗への播種深度の影響を検討している。この場合、登熟後期に測定位置を地表面から20

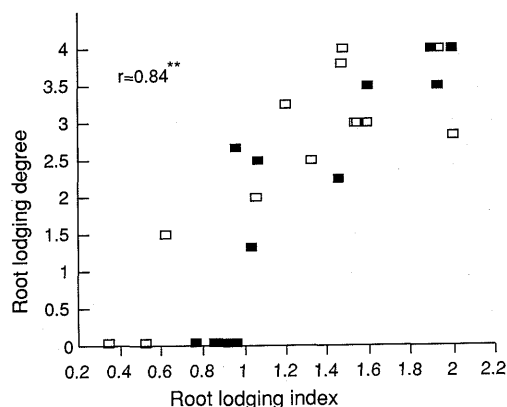


Fig. 6. Relation between root lodging index and actual root lodging degree.

Root lodging index was obtained by following equation, (Culm length) \times (Fresh weight of upper ground part at 3 weeks after heading) / (Pushing resistance \times 10).

■: 1989.

□: 1990.

Table 5. Multiple regression analysis of lodging degree.

Independent	b	R
Pushing resistance (kg) \times 10 (cm)	-0.77**	0.81**
Upper part moment ¹⁾ (kg \times cm)	0.30*	

b: Standard partial regression coefficient.

R: Multiple correlation coefficient.

1) Upper part moment is calculated by follow equation.

Culm length \times Total fresh weight of above ground part at 3 weeks after heading.

cmの高さとして測定する等本報告とは測定条件が異なるが、ほぼ同様の結果が示されており、播種深度を1cmとすることによって約30%の押し倒し抵抗の向上が可能と推察された（第2表）。一方水管理については、上村ら²⁰⁾は中干しを行った場合と常時湛水条件との間で押し倒し抵抗の比較を行い、その結果、播種深度0cmでは、水管理による押し倒し抵抗の変化はほとんどみられないと報告している。これは間断灌漑による効果を認めた本試験の結果とは異なっている。しかし、上村ら²⁰⁾の試験では落水期間が6日間で押し倒し抵抗の調査は落水終了後約50日後に行っているのに対し、本試験の場合、落水期間は合計して約20日間にわたり、また処理終了後3日ないし20日の間に測定している。このような処理期間の長さや処理終了から測定までの日数の違い

が両試験の結果の違いに反映されたと考えられる。

本試験では播種密度の影響は明らかではなかった(第3表, 第3図)。これは条播栽培で比較を行ったことが関与すると思われる。散播栽培では播種密度の影響も比較的大きく、高密度条件で押し倒し抵抗の顕著な低下が認められた(寺島未発表)。他の報告においても播種密度については、一般的に高密度条件で倒伏しやすい傾向が認められている^{2,3,6,10,13,16,17}。条播の場合播種密度が高くなるにつれて条方向は密な条件となるが、条間方向の変化は小さい。したがって条方向と条間方向とでは根の張りかたや茎基部の発達が多少異なると推察される。今回、押し倒し抵抗の測定は条間方向のみについて調査を行った。このために密度の影響が小さく評価された可能性も考えられ、今後の検討課題として残されている。

一方、以上のような押し倒し抵抗の播種深度、水管理等栽培方法による変動の程度は、本試験において比較した品種間にみられる押し倒し抵抗の差異と比較すると著しく小さいことが明らかとなった。とくに直播条件で育成、栽培され、直播条件に対してより適応しているとみられるアメリカの短稈改良品種は、移植条件で栽培される日本品種に比べて著しく高い押し倒し抵抗値を示し、その差異は栽培条件による変動を大きくこえるものであった(第3, 4, 5図, 第2, 3, 4表)。このような特性は直播条件におけるころび型倒伏の程度に明確に反映され、アメリカ品種は稈長1m以上の長稈品種を除きころびの倒伏程度は日本品種にくらべて著しく軽微であった。また、穂重型の半矮性インド型品種も高い押し倒し抵抗値を示し、直播条件においても強い耐倒伏性が認められた(第1表)。同品種の直播条件での強い耐倒伏性については、岡武ら¹⁴⁾がすでに報告しているが、本研究では、このような半矮性インド型品種の強い耐倒伏性が、短強稈等地上部特性だけではなく、押し倒し抵抗に示される株の支持力の強さにも困っていることが明らかとなった。

このような地下部による株の支持力の品種間差については、畑作物でも root pulling resistance による品種間比較が行われ、その遺伝的変異が、栽培環境による変化にくらべて大きく安定していることが指摘されている^{4,9,15)}。本研究では、押し倒し抵抗の弱い日本品種とアメリカ長粒品種の交配後代系統は日本品種より高い抵抗値を示すことを明らかにした。このような傾向は他の日本品種とアメリカ品種の交配後代系統や穂重型の半インド型品種と日本品

種との交配後代系統においても認められている(和田・寺島・赤間 未発表)。このことは、押し倒し抵抗が遺伝的支配の比較的強い形質として扱い得ることを示唆している。

以上の点より、直播栽培における耐倒伏性の付与を図る上で、押し倒し抵抗に示される地下部の株支持力の育種の改良が重要であると判断された。とくに日本品種のように著しく押し倒し抵抗の弱い品種では、短稈化による耐倒伏性の強化には限界があり、株支持力の改良が今後の課題となるであろう。

なおアメリカ中短粒品種には挫折型倒伏については弱いものがみられ、1990年の場合にはM-401等台風19号によりほぼ全面倒伏に到った品種もあった(第1表)。このことは直播栽培において株の支持力が強い場合においても、稈が弱い品種では挫折型倒伏が生じる危険性があり、品種育成や栽培管理上留意する必要があることを示唆するものであろう。

引用文献

1. 秋田重誠 1990. アメリカ合衆国の稲作を支える技術と研究 (3). 農業技術 45: 337-341.
2. Cooper, R.L. 1971 a. A influence of early lodging on yield of soybean. Agron. J. 63: 449-450.
3. ——— 1971 b. A influence of soybean production practices on lodging and seed yield in highly productive environments. Agron. J. 63: 490-493.
4. Dourleijin, C.J., A.P.M. den Nijs and O'Dolstra 1988. Description and evaluation of device for measuring vertical pulling resistance in maize (*Zea mays* L.). Euphytica Supplement: 69-75.
5. 芳賀光司・香村敏郎・高松美智則・朱宮昭男・釈一郎 1977. 水稻直播用品種の育成に関する研究 第1報 湛水直播における稲品種の耐ころび型倒伏性. 愛知県農総試研報 A 9: 13-23.
6. Hamilton, D.M. 1951. Culm, crown and root development in oats as related to lodging in corn. Minnesota Technol. Bull. 103: 5-31.
7. 水高信雄 1968. 水稻の倒伏の被害の発生機構に関する実験的研究. 農技研報 A 15: 1-175.
8. 井上康昭・岡部 俊 1981. 密植・晩植によるトウモロコシ耐倒伏性の評価. 北海道農試研報 129: 17-23.
9. 石毛光雄・山田 実・志賀敏夫 1983. 判別関数を用いたトウモロコシの耐倒伏性の評価とその計量遺伝的検討. 農技研報 D 35: 125-152.
10. 三石昭三・中島 敦 1988. 水稻の湛水土壌散播栽培における苗立ち密度が生育, 収量に及ぼす影響. 日作紀 57 (別1): 269-270.
11. Miyasaka, A. 1968. Studies on the strength of rice root. I. Strength of rice seedling root. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 38: 321-326.

12. ——— 1968. ———. II. On the relationship between root strength and lodging. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 39: 7—14.
13. 新田英雄 1966. 水稲散播栽培における倒伏の要因に関する一考察. 中国農業研究 34: 11—12.
14. 岡武三郎・安井 豊・富久保男・中野尚夫 1988. 日印交雑水稲の直播栽培への適応性. 日作紀 43 (別2): 221—222.
15. Penny, L.H. 1981. Vertical-Pull resistance of maize inbreds and their test crosses. Crop Sci. 21: 237—240.
16. Pinthus M.J. 1973. Lodging in wheat, barley, and oats: The phenomenon, its causes, and preventive measures. Adv. Agron. 25: 209—263.
17. 坂井定義・伊藤延久 1975. 水稲湛水散播栽培に関する研究. 日作九支報 42: 89—91.
18. 瀬古秀生 1962. 水稲の倒伏に関する研究. 九州農業試集報 7: 419—499.
19. 滝田 正・櫛渕欽也 1983. 直播栽培適応型水稲品種育成における根の太さの選抜の意義と選抜法. 農研センター研報 1: 1—8.
20. 上村幸正・松尾喜義・小松良行 1985. 湛水直播水稲の倒伏抵抗性について. 日作四支紀 22: 25—31.
21. 鷲尾 養 1989. 水稲湛水土壌中直播栽培における最近の動向(1)—栽培技術の成立経過と現状—. 農業技術 44: 150—153.
22. 山本隆一 1990. 水稲直播栽培用品種開発の道標. 農業技術 45: 385—391.