

直播水稻の耐倒伏性に関する生理生態的形質

第3報 根の土壌中分布特性と耐ころび型倒伏性との関係

寺島 一男*・秋田 重誠**・酒井 長雄***

(農業研究センター)

1994年10月26日受理

要 旨 : 水稻における根の土壌中分布特性と耐ころび型倒伏性との関係を明らかにするために、耐ころび型倒伏性程度の弱い日本の品種とこれの強いアメリカ合衆国の品種を用い、断根処理、作土下層への不織布埋設処理が押し倒し抵抗値に及ぼす影響を調査した。また、土壌の充填密度をかえたポットで同じ材料を栽培し、根重と押し倒し抵抗の土壌密度に伴う変動を調査した。5 cmの深さまでの浅い層に伸長する根を切断した場合の押し倒し抵抗の低下は比較的小さかったが、10 cmまで切断すると押し倒し抵抗が顕著に低下した。また、5~10 cmの深い部分の根が切断される場合、単位根重あたりでみた押し倒し抵抗の低下度は、5 cmまでの断根処理に比べて大きい傾向が認められた。さらに、作土下層に不織布を埋設すると、押し倒し抵抗が低下する傾向がみられ、とくに心土層への根の分布量の多い品種ほど低下の程度が大きかった。心土層中の根の単位根重当り押し倒し抵抗値は、いずれの品種においても作土層中の根に比べて大であった。一方、高密度で土壌を充填したポット内に生育した株は、低密度で充填したポットの株より単位根重当りの押し倒し抵抗値が高くなった。以上から、水稻の耐ころび型倒伏性の改善には、土壌密度の高い心土層へ根を多く分布させる特性が重要と判断された。

キーワード : イネ, 押し倒し抵抗, ころび型倒伏, 直播, 根の分布特性.

Eco-physiological Characteristics Related with Lodging Tolerance of Rice in Direct Sowing Cultivation
III. Relationship between the characteristics of root distribution in the soil and lodging tolerance: Kazuo TERASHIMA, Shigemi AKITA, and Nagao SAKAI (*National Agriculture Research Center, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan*)

Abstract : To elucidate the relationship between root distribution in each soil layer and root lodging tolerance, the effects of root pruning and the laying of porous membrane (non-woven fabric) between topsoil and subsoil layer on pushing resistance were investigated using two root lodging tolerant USA rice cultivars (M-302 and Lemont) and two susceptible Japanese cultivars (Nipponbare and Hatsuboshi). Although pushing resistance was affected by root pruning to 5 cm under soil surface with inserting the steel plate, the reduction was more pronounced and significant when roots were pruned to a 10 cm depth. In addition, a remarkable decrease in pushing resistance was observed when a porous membrane was laid under the topsoil. This decrease was larger in the lodging-tolerant USA cultivars than susceptible Japanese cultivars.

Comparison between the variances of pushing resistance and root dry weight induced by each treatment indicated that the contribution of unit root weight to lodging tolerance was higher in deeper (including subsoil) than in shallower soil layers. In the pot experiment, pushing resistance per unit dry weight of root was higher in rice plants grown on soil with higher bulk density than with lower bulk density. These results confirmed that the higher ability of root formation in rice into subsoil with a higher bulk density was one of the important characteristics for root lodging tolerance.

Key words : Direct sowing cultivation, *Oryza sativa* L., Pushing resistance, Rice, Root distribution, Root lodging.

前報¹⁾では、水稻各品種における耐ころび型倒伏性と根の発育特性との間に密接な関連のあること、すなわち、耐ころび型倒伏性の強い品種は、弱い品種に比べて根量が多く、株の直下方向でより深い層にまで多くの根を分布させる傾向をもつことを明らかにした。芳賀ら⁴⁾、滝田・櫛淵⁹⁾も土壌の深層に根を分布させる特性と強い耐ころび型倒伏性との間に

関連のあることを指摘している。これらの事実は、耐ころび型倒伏性の改善を図る上で根の量的発達とともに分布特性の改良が重要であることを示唆するものである。しかし、これまでの報告では根の分布特性と耐ころび型倒伏性との関係については相関関係が示されるにとどまっており、実際に土壌各層に分布する根が耐ころび型倒伏性にそれぞれどの程度寄与しているかについての定量的評価はなされていない。また、いかなる理由で深い層に根が分布する特性が耐ころび型倒伏性に寄与するかについても理

* 現在、東北農業試験場。

** 現在、東京大学農学部。

*** 現在、長野県農事試験場。

論的根拠は示されていない。一方、水田土壌では作土層直下部分で土層の分化が生じ、作土層とそれより深い心土層では土壌密度をはじめ、各種の土壌物理性が異なることが知られている⁸⁾。したがって、根の分布様式と耐ころび型倒伏性との関係を解析するには、このような水田土壌各層の物理性の違いを考慮に入れる必要がある。この点については土壌の種類や土壌表層の鎮圧処理に伴う物理条件の変化が耐倒伏性に影響を及ぼすとの報告もあるが^{3,12,13,14)}、水稻の耐ころび型倒伏性と土壌密度との関係を定量的に検討した研究例はほとんどみあたらない。

本研究は、土壌各層における根の分布が耐ころび型倒伏性程度に及ぼす量的関係を明確にするために、土壌の深さ別の断根処理や作土下層への不織布の埋設を行い、特定の土層への根の分布量を変動させ、これらが押し倒し抵抗に及ぼす影響を品種間で比較した。さらに、ポットを用いて、土壌の充填密度を変えた場合における根重と押し倒し抵抗との関係についても調査を行い、土壌の物理性と押し倒し抵抗との関係について検討を加えた。

材料と方法

1. 断根処理が押し倒し抵抗に及ぼす影響

耐ころび型倒伏性の弱い水稻品種日本晴とこれの強い M-302, Lemont¹⁰⁾ を材料とし、これらの種子を 1990 年 4 月 15 日に株播きポットに 1 穴 2 粒ずつ

播種した。ビニールハウス内の畑苗代で育苗した苗を 5 月 15 日に 30×7.5 cm の栽植密度で農業研究センター谷和原圃場に移植した。なお移植にあたっては株播きポットの表面が地表面上となるよう浅植えた。施肥は N, P₂O₅, K₂O を 10 a 当りで基肥として 6 kg, 分けつ期, 幼穂形成期, 穂ばらみ期にそれぞれ 3 kg ずつ施用した。なお、水管理については 6 月 21 日から 4 日間の中干しを行うとともに適宜落水を行い、作土層を固めて断根処理が的確に行えるようにした。断根処理は登熟初期(出穂後約 5 日)に第 1 図に示した方法で行った。すなわち、株中央より条間側 5 cm の位置に深さ 5 cm ないし 10 cm まで鉄板(幅 45 cm, 長さ 40 cm, 厚さ 3 mm で先端を尖らせたもの)を株の両側に差込み、根を切断した。切断後直ちに断根処理を行った株と無処理株の各 20 株について、倒伏試験器⁷⁾を用いて前報¹⁰⁾に示した手法で押し倒し抵抗を測定した。また、同時期にモノリスサンプル(厚さ 5 cm, 幅 40 cm, 深さ 25 cm: 以下同じ)を各品種について 4 組ずつ採取した。採取したモノリスサンプルは第 1 図 I に示した要領で位置別、深さ別にブロックに分け、各ブロック内に含まれる根を洗いだして、根の乾物重(以下根重)を測定した。なお断根処理前(穂揃い期)には、稻田の根系採取器⁹⁾(30×15×15 cm: 以下同じ)を用いて株を中心に作土層中の根を各品種 15 点採取し、株当りの根重を調査した。

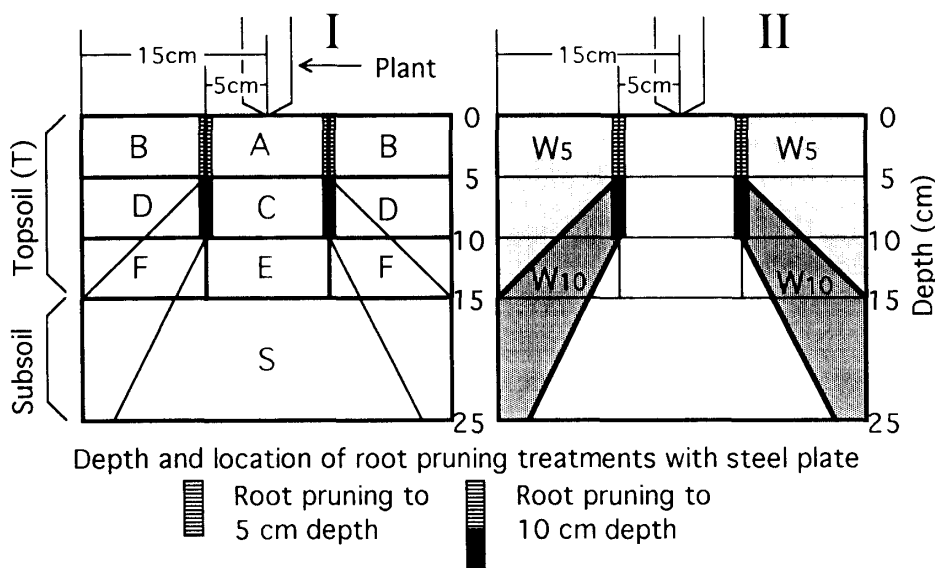


Fig. 1. Method of root pruning with a steel plate, provisional name of each soil block in monolith sample (A~F, S), and the estimation of root mass pruned when the steel plate was inserted to 5cm depth (W_5), and from 5cm to 10cm depth (W_{10}).

Blocks and parts including the root pruned with steel plate was estimated based on the hypothesis that roots elongated radially from the center of hill.

2. 不織布による根の発育域の制限が押し倒し抵抗に及ぼす影響

初年、日本晴、M-302、Lemont を用い、試験は1990年に農業研究センター谷和原圃場で行った。

不織布の埋設は圃場を耕起した後、第2図の要領で行った。すなわち、幅約2m、長さ約9mの圃場区画について深さ約15cmの作土層の土壌を一旦掘出した。不織布を均一に敷いた後、掘出した土壌を再び埋め戻すようにした。代かきについては布を破らぬようレーキを用い、人力によって土壌を攪拌した。

供試品種の種子を4月15日に株播きポットに1穴2粒ずつ播種し、ビニールハウス内の畑苗代で育苗した。5月15日に30×7.5cmの栽植密度で不織布を埋設した処理区と無処理区（各3反復）に移植した。移植にあたっては株播きポットの表面が地表面上となるよう浅植えした。施肥は無処理区の場合、N、P₂O₅、K₂Oを10a当りで基肥として6kg施用し、分けつ期、幼穂形成期、穂ばらみ期には各3kgずつの追肥を施した。処理区では最高分けつ期ごろに養分吸収量の不足からやや生育が劣る傾向がみられたため、さらにN、P₂O₅、K₂Oを10a当りで2kgの追肥を行った。水管理については6月21日から4日間落水した以外は常時湛水条件で栽培した。なお、本試験で用いた不織布はテトロン性の布で（商品名ティジンユニセル）、透水性が良く、予備試験において、埋設した圃場における減水深にほとんど影響を及ぼさないことが推定された。また、稲の生育について有害物質等の直接的な悪影響は認められなかった。

押し倒し抵抗の調査は出穂期ごろに各区15株ずつを対象として行った。この内5株について稲田⁵⁾の根系採取器により穂揃い期に株を作土層中の根と

ともに採取した。また他の10株については地上部のみ採取した。これらの試料は部位別に分解し、80℃に設定した通風乾燥器で2日以上乾燥後、根および地上部乾物重を測定した。さらに、心土層内の根重を求めるため、1.と同じ大きさのモノリスサンプルを登熟初期（出穂後5日ないし12日）に採取した。採取数は各品種とも処理区、無処理区それぞれ6点とし、採取方法および根の洗浄等についても1.と同様に行った。モノリスサンプル中の各層別の根重に基づき、地表面下0～15cmの層における根重に対する15～25cmの層内の根重の比率を求め、これを稲田⁵⁾の根系採取器で得られた株当りの作土層内根重にかけあわせることにより各区の心土層内根重（15～25cm）を推定した。

3. 土壌の充填密度が根重および押し倒し抵抗に及ぼす影響

1990年に供試品種として日本晴とLemontを選び、2000分の1aポットを用いて農業研究センター観音台地区において試験を行った。使用した土壌は農業研究センター谷和原圃場の作土層の土壌であらかじめ2mmのふるいを通したものである。土壌は充填する前に土壌の締め固め試験を行い、締め固めの最適含水比を求めた。また、その時得られる最高の土壌密度を調査した。充填密度の処理については、最適含水比における最高土壌密度の0.6倍（低密度区：湿潤土壌密度1.05 kg l⁻¹）、0.8倍（中密度区：同1.40 kg l⁻¹）、0.9倍（高密度区：同1.58 kg l⁻¹）の土量をそれぞれ2000分の1aポットに充填した3区を設けた。土壌の充填に際しては、5cmの層ずつ4層に分け、土壌の量と体積を照合しながら1層ずつ締め固めて充填した。なお、苗を植え付けるために各区ともその上にさらに5cmの深さで0.6倍の密度となる量の土壌を入れ、湛水後最上層のみ攪拌した。各層の土壌にはあらかじめポットあたりN、P₂O₅、K₂O各0.5gとなるよう化成肥料を施用混合した。供試品種は5月2日に株播きポットに1穴1粒ずつ播種し、ビニールハウス内の畑苗代で育苗した後各ポットに1株ずつ移植した。移植に際しては刎が地表面に位置するよう浅植えした。出穂後約10日目に押し倒し抵抗を測定し、測定後にポット内の根を洗いだして地上部と根の乾物重を求めた。ただし、本試験では土壌表面より20cmの高さで押し倒し抵抗を測定した。以上の調査は各区8ポットを用いて行った。

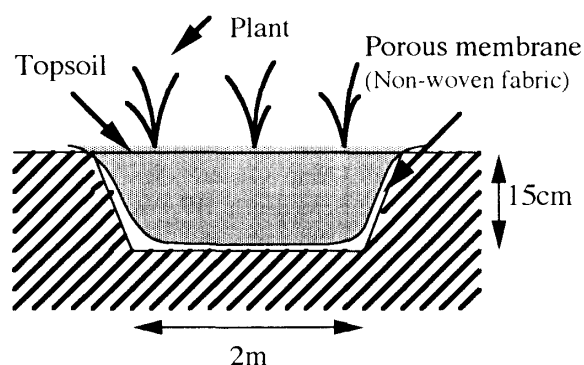


Fig. 2. Method of porous membrane (Non-woven fabric) treatment.

結果と考察

1. 断根処理が押し倒し抵抗に及ぼす影響

地表面下 5 cm までの浅い層の根を切断した処理でも押し倒し抵抗は低下する傾向を示したが、低下程度は小さく、無処理区との間に有意差は認められなかった。これに対して 10 cm の深さまで切断すると、顕著に抵抗値が低下する傾向がみられた。このような傾向に品種間で大きな差はなかった (第 3 図)。

以上の結果は、浅い層に分布する根に比べて土壌のより深い層に分布する根が押し倒し抵抗に対して高い寄与度を有することを示唆している。この点を

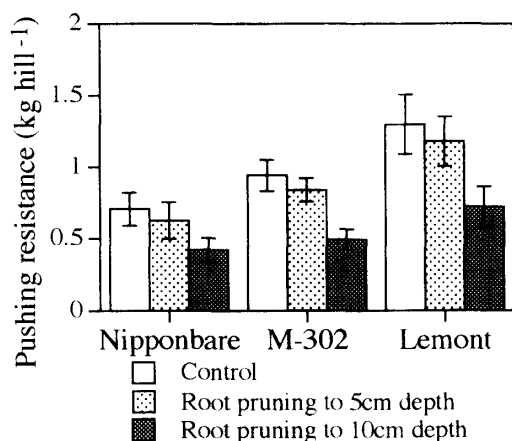


Fig. 3. Effect of root pruning on the pushing resistance. Bars in figure indicate the interval of 95% reliable.

さらに明確にするため、株中央を起点とし、各切断処理における最深部の位置とを結び、切断面の外側でこの延長線上より浅い位置に分布する根の量を切断根重とし、これと断根処理に伴う押し倒し抵抗の低下程度との関係について検討した。切断根重の算出にあたっては、各ブロックに含まれる根の一部が切断される場合、その量は上記延長線により分割される各ブロックの平面上の面積比率をもとに推定した (第 1 図 II における W_5 , W_{10})。例えば、深さ 5 cm までの断根処理の場合、株中央から 5~15 cm の範囲で深さ 5~10 cm のブロック (第 1 図 I における D) についてはそのブロックに含まれる根の 4 分の 3、深さ 10~15 cm のブロック (同 F) では 4 分の 1 が切断されると仮定した。また、本試験で用いたモノリスサンプルの大きさが各株の占有面積に比べて小さいため、モノリスサンプルの作土層中の部分 (第 1 図 I における A~F) の全重 (第 1 表における T) と稲田⁵⁾の根系採取器を用いた調査から得られる作土層中の株当たり根重 (同 P) との比をもとめ、これを各ブロックの根重にかけあわせることにより株当たりでみた各ブロック中の根重を推定した。得られた切断根重 (第 1 表における W_5) に対する処理により低下した押し倒し抵抗値 (同 R_5) の比率を根の単位根重当りの押し倒し抵抗 (同 k_5) とした。深さ 10 cm まで切断した時の根重当り押し倒し抵抗 (第 1 表における k_{10}) の推定にあたっては、切断根重 (同 W_{10})、押し倒し抵抗の低下 (同 R_{10}) のいずれも、5 cm 切断処理における値との差をもとに算出した。

Table 1. Reduction of pushing resistance (R_5 , R_{10}) and its ratio (k_5 , k_{10}) to the dry weight of pruned root (W_5 , W_{10}) when a steel plate was inserted to 5cm depth and from 5cm to 10cm in the field plots as shown in Fig. 1.

Variety	T	S	P	W_5	W_{10}	R_5	R_{10}	k_5	k_{10}
	(g sample ⁻¹)			(g hill ⁻¹)		(kg hill ⁻¹)		(kg g ⁻¹)	
Nipponbare	1.21	0.09	1.42	0.31	0.10	0.09	0.21	0.30	1.98
M-302	1.34	0.23	1.62	0.38	0.21	0.11	0.33	0.28	1.56
Lemont	1.65	0.34	1.90	0.34	0.28	0.12	0.43	0.35	1.53

T, S: Total root dry weight in topsoil (T), and in subsoil (S) obtained from a monolith sample (thickness: 5cm) as shown in Fig. 1.

P: Root dry weight per one hill in topsoil sampled with root sampler⁵⁾ (30cm×15cm×15cm).

W_5 , W_{10} : Dry weight of root pruned with inserting a steel plate to 5cm depth (W_5) was estimated as $2 \times (P/T) \times (B + 3/4 \times D + 1/4F)$, and that with inserting the same steel plate from 5cm to 10cm depth (W_{10}) was estimated as $2 \times (P/T) \times (1/4 \times D + 5/8 \times F + 1/6S)$ as shown in Fig. 1. (P/T) was multiplied to correct the underestimation of root dry weight in each soil block due to smaller size of monolith compared to the area occupied by one hill.

k_5 , k_{10} : k_5 and k_{10} was estimated as R_5/W_5 and R_{10}/W_{10} respectively, where R_5 was the reduction of pushing resistance by root pruning with inserting a steel plate to 5cm depth, and R_{10} was that with inserting from 5cm to 10cm depth.

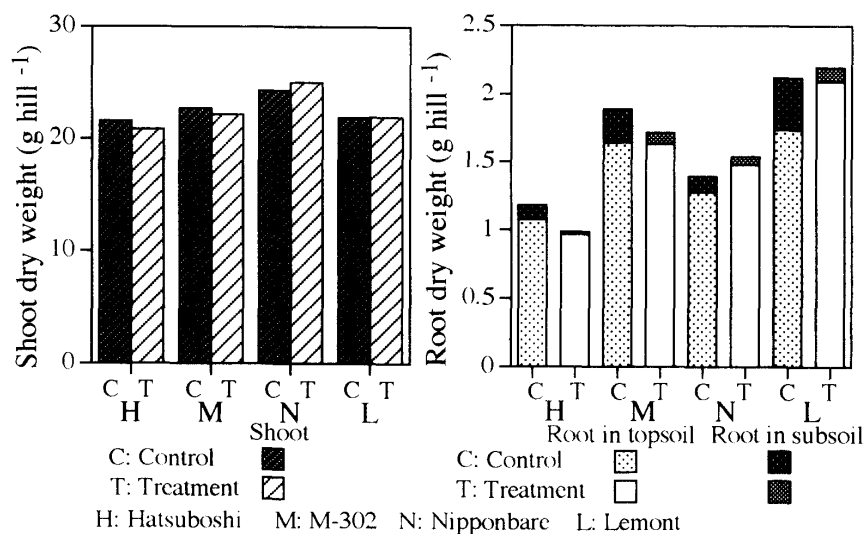


Fig. 4. Effect of porous membrane treatment on the shoot and root dry weight.

結果は第1表に示したが、日本晴では5 cmの断根処理により切断される比較的浅い層に分布する根の単位根重(1 g)当り押し倒し抵抗(k_5)は、約0.3 kgであるのに対し、5 cm以上10 cmまで切断した際のより深い土層に分布する根のそれ(k_{10})については1.98 kgと高い値を示した。このような傾向は、他の2品種でもほぼ同様で、いずれも深い層に分布する根においてより高い単位根重当り押し倒し抵抗値となる傾向が認められた。これらの結果は土壌の浅い層に分布する根に比較して深い層へ伸長した根が耐ころび型倒伏性に対してより効率的に働いていることを示唆すると考えられた。

2. 不織布による根の発育域の制限が押し倒し抵抗に及ぼす影響

穂揃い期における地上部重は、供試品種の中では比較的晩生の日本晴でやや大きい傾向がみられたが、他の品種については有意な差は認められなかった。また不織布処理と無処理区の間では、いずれの品種についてもほとんど差がみられなかった(第4図、第2表)。一方、根量については、前報で示した結果とほぼ同様の品種間差異がみられ、耐ころび型倒伏性の強いアメリカ合衆国品種(M-302とLemont)で多い傾向が認められた。不織布処理の影響は品種間でやや異なり、作土層内の根重はLemontや日本晴で処理によりやや増加する傾向が認められたが、M-302や初星ではほとんど変化しないかやや低下した(第4図、第2表)。一方、心土層の根は、不織布処理区でもわずかに伸長発達する傾向がみられたが、無処理区に比べるといずれの品種においても根重が小さくなった。とくにLemontや

Table 2. Analysis of variance in shoot and root dry weight with respect to variety and porous membrane treatment.

	shoot (F value)	root	
		topsoil	subsoil
Variety	5.23*	36.78***	52.01***
Treatment	0.04	0.09	105.94***

**** indicate significancy with $p \leq 5\%$ and $\leq 0.1\%$.

M-302では不織布の処理により心土層への根の発達が顕著に抑えられ、心土層中の根量は日本晴とほぼ同程度であった。不織布等ポーラスな布を用いた根系発達域の制限の有効性はBrown and Anwar²⁾, Beyrouthy and Oosterhuis¹⁾, 金田ら⁶⁾により報告されているが、本研究においても、各品種の根の分布特性を変動させるために不織布埋設処理は有効と判断された。

つぎに、無処理区と不織布処理区の間で押し倒し抵抗を比較すると、不織布処理区の押し倒し抵抗は無処理区に比べ低下する傾向が認められたが、その低下程度は、不織布処理による心土層中の根重の減少が大きかったM-302とLemontで顕著であった(第5図)。地表面下25 cmまでの根重と押し倒し抵抗との関係は処理の有無にかかわらず正の相関関係を示し、根重の多い品種ほど押し倒し抵抗が強い傾向となった。しかし、その回帰係数は無処理区で高い値となり、根重当りの押し倒し抵抗は心土層の根重が多い場合により高くなった(第6図)。

以上の結果は、作土層中の根と心土層中の根の間で単位根重当りの押し倒し抵抗値が異なり、後者で

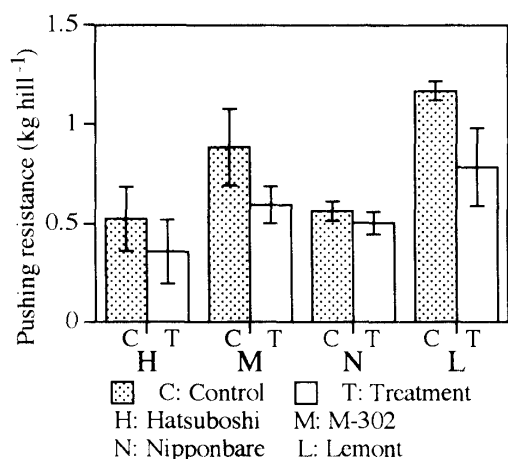


Fig. 5. Effect of porous membrane treatment on the pushing resistance. Bars in figure indicate the interval of 95% reliable.

これがより高いことを示唆している。ここで一株の押し倒し抵抗(R)が作土層中の根に起因する抵抗力 R_T と心土層中の根による抵抗力 R_S との和で与えられると仮定し、また作土層に发育する根の一株当り乾物重を W_T 、単位根重当り押し倒し抵抗値を k_T 、同様に心土層中の根について乾物重を W_S 、単位根重当り押し倒し抵抗値を k_S とすると、(1)式に示した関係が成り立つ。これより処理区と無処理区における各値を代入した連立方程式から k_T 、 k_S を求め、各土層中の根の押し倒し抵抗に対する寄与度の量的評価を行った。

$$R = R_T + R_S = W_T \times k_T + W_S \times k_S \quad (1)$$

k_T 、 k_S には品種間で多少差がみられたが、 k_T と k_S との間の差はこのような品種間差にくらべてより大きく、4品種の平均で k_S は k_T の約6倍であった(第3表)。このようにして得られた各層の単位根重当りの押し倒し抵抗値は1.における深さ別の断根処理において示された単位根重当り押し倒し抵抗値(第1表中の $k_S k_{10}$)にそれぞれ近い値となった。さらに R_S で示される心土層中の根に基づく押し倒し抵抗の全体の抵抗値に対する比率($R_S R^{-1}$)をみると、日本品種は0.3ないし0.4、アメリカ合衆国品種では約0.5となり、とくにLemontでは全抵抗値の半分以上を心土層の根に依存していることが明らかとなった。以上の点から、心土層中の根は作土層中の根に比べて量は少ないが、単位量当りでの押し倒し抵抗への寄与度は高く、その发育の良否は耐ころび型倒伏性において重要であると判断された。

3. 充填密度の異なる土壌条件で栽培した水稻の根重あたり押し倒し抵抗の差異

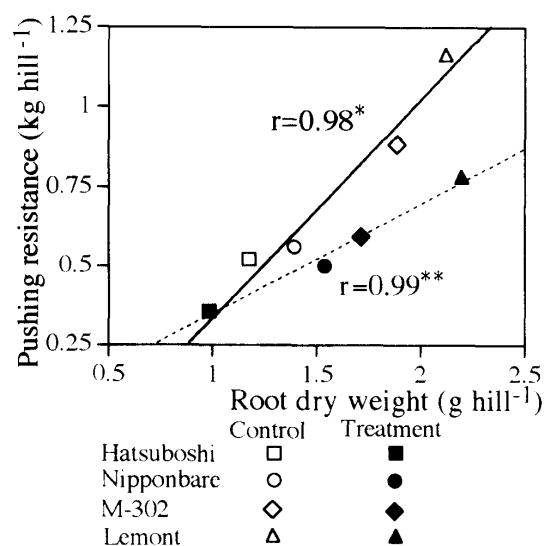


Fig. 6. Effect of porous membrane treatment on the relationships between root dry weight and pushing resistance.

押し倒し抵抗測定時の地上部重は、日本晴の場合高密度区でやや重くなったが、Lemontでは区間の差は小さかった。根重については、Lemontでは高密度区でやや少ない傾向となったが他の区についてはほとんど有意な差が認められなかった(第4表)。一方、押し倒し抵抗には処理間で有意な差がみられ、いずれの品種においても高密度区で高い値となった。単位根重当りの押し倒し抵抗も高密度区で高まる傾向が認められた(第4表)。

本試験では、表層5cmは高密度区においても低密度区と同じ0.6倍(1.05 kg l⁻¹)の土壌密度となっていることから、表層5cmに分布する根の単位根重当り押し倒し抵抗は低密度区と同じ値を示すと考えられる。このため、押し倒し抵抗を全根重で割って得られた単位根量当りの押し倒し抵抗値は実際の土壌充填密度の影響を過小評価している可能性があり、本試験での土壌密度ごとの単位根重当り押し倒し抵抗値を圃場条件にそのままあてはめることはできない。しかし、土壌の充填密度に伴って根重当りの押し倒し抵抗はいずれの品種についても有意に高まる傾向が認められたことは、密度等土壌の物理条件が単位根量当りでの押し倒し抵抗に対する寄与度に影響を及ぼすことを示唆している。また、本試験では、圃場条件で耐ころび型倒伏性に大きな差のみられる日本品種とアメリカ品種の間で、ほとんど押し倒し抵抗の差異が認められなかった(第4表)。これは土壌の物理条件が均質となったポット内では、水田土壌において根が土壌密度の高い深層へ

Table 3. Contribution of root in topsoil and subsoil layer to pushig resistance on the control plots.

Variety	W _T	W _S	k _T	k _S	R _T	R _S	R	R _S R ⁻¹
	(g hill ⁻¹)		(10 ³ g g ⁻¹)		(10 ³ g hill ⁻¹)			
Hatsuboshi	1.07	0.10	0.34	1.57	0.37	0.16	0.53	0.30
Nipponbare	1.27	0.12	0.27	1.89	0.34	0.23	0.57	0.40
M-302	1.64	0.25	0.28	1.77	0.46	0.43	0.89	0.48
Lemont	1.73	0.39	0.29	1.71	0.50	0.66	1.17	0.56

W_T : root dry weight in topsoil.

W_S : ibid. in subsoil.

k_T : pushing resistance per an unit root mass in topsoil.

k_S : ibid. in subsoil.

R_T : pushing resistance contributed by root in topsoil.

R_S : ibid. in subsoil.

R : pushing resistance per one hill.

k_T and k_S were estimated with data from control and porous membrane treatment plots using the equation

$$R = R_T + R_S = k_T W_T + k_S W_S \quad (1)$$

Table 4. The effect of soil density on pushing resistance and contribution of an unit root mass to pushing resistance in potted plants.

Variety	Soil density (kg l ⁻¹)	Dry weight		Pushing resistance (R) (kg plant ⁻¹)	R/W (10 ² g g ⁻¹)
		Shoot	Root (W)		
		(g plant ⁻¹)			
Nipponbare	1.05	113.8	14.1	1.43	1.01
	1.40	133.0	15.0	2.44	1.63
	1.58	144.2	14.2	2.68	1.90
Lemont	1.05	100.5	16.0	1.81	1.14
	1.40	116.4	16.9	2.54	1.51
	1.58	111.1	13.3	2.48	1.87

Analysis of variance (F value)					
Variety		108.7***	5.3*	2.47	0.045
Treatment		40.3***	9.8**	100.4***	93.47***

Dry weight of each organ and pushing resistance were measured 10 days after heading.

*, **, *** indicate significancy with $p \leq 5\%$, $\leq 1\%$ and $\leq 0.1\%$ respectively.

より多く分布する Lemont の特性が有利に作用しなかったためではないかと推察された。この点は、水田土壌の各土層間における密度の違いが、圃場での各品種の耐ころび型倒伏性の強弱に影響を及ぼしていることを強く示唆するものであろう。

以上より、水稻の場合、単位根重当りでみた押し倒し抵抗への寄与度は、土壌密度の高い深層部に分布する根の方が浅い層の根より高く、このために深い土層中の根量の多少が品種の耐ころび型倒伏性の違いに影響を及ぼしていると判断された。

引用文献

1. Beyrouthy, C.A. and D.M. Oosterhuis 1989. The

porous-membrate technique for root studies of field-grown crops. Plant Soil 116: 265—271.

2. Brown, D.A. and Anwar-UL-Haq 1984. A porous membrate-root culture technique for growing plants under controlled soil condition. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 692—695.

3. 江戸義治 1973. 湛水直播栽培における株圧処理が水稻の倒伏に及ぼす影響. 日作紀 42 (別 2): 175—176.

4. 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. 愛知農総研報 A9: 13—23.

5. 稲田勝美 1960. 水稻根の採取法. 農及園 35: 877—878.

6. 金田吉弘・児玉 徹・長野間宏 1989. 輪換水田における水稻の下層土からの窒素吸収量の評価と無機

- 化室素量の推定. 土肥誌 60:399—405.
7. 松尾喜義・小松良行・上村幸正 1986. 簡易な水稻倒伏抵抗性測定装置. その試作と湛水直播試験への応用例. 農業技術 41:223—225.
8. 中司啓二・石井和夫 1989. 耕盤の形成と水稻根の分布. 農業技術 44:392—396.
9. 滝田 正・櫛渕欽也 1983. 直播栽培適応型水稻品種育成における根の太さの選抜の意義と選択法. 農研センター研報 1:1—8.
10. 寺島一男・秋田重誠・酒井長雄 1992. 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. 日作紀 61:380—387.
11. ———・尾形武文・秋田重誠 1994. ———. 第2報 耐ころび型倒伏性品種の根の生育特性. 日作紀 63:34—41.
12. 屋敷隆士・小中伸夫 1973. 畑水稻の踏圧栽培法に関する研究. 第1報 播種後踏圧の倒伏防止効果. 千葉農試研報 13:95—102.
13. ———・三輪 晋・小中伸夫・小澤一男 1976 ———. 第2報 生育期踏圧が生育・収量に及ぼす影響. 千葉農試研報 17:33—40.
14. 山田 盾・大久保隆弘 1977. 畑水稻の倒伏に関する研究. 農事試研報 26:1—60.
-