

耕耘深度の相違が湛水直播水稻の根量と耐倒伏性との関係に及ぼす影響

名越時秀*・中村吉範**・田邊 猛*

(平成12年11月29日受付 / 平成13年1月18日受理)

要約：耕耘深度の相違が湛水土壤中直播水稻の耐転び型倒伏性に及ぼす影響を根量との関係を中心にポット栽培で検討した。5 cm 耕耘区と15 cm 耕耘区を設け、耕耘深度の設定は土壤充填密度の相違、すなわち充填密度の低い部分を耕起層とし、その下層部分を高密度状態の不耕起層とした。今回の結果では、倒伏角度は両区に差はなく、TR 率が小さいすなわち、地上部生育に比べて地下部生育が良好なもののほど耐倒伏性が向上することが認められた。倒伏角度は、耕耘深度が深い15 cm 区では土壤深層の土壤密度が高い部分の根長と有意な負の相関関係が認められた。しかし、耕耘深度が浅く根量が表層に多く分布した5 cm 区では、土壤表層の根長と有意な負の相関関係が認められた。以上のように、出穂2週間後の時期では耕耘深度の浅深が実際の倒伏に及ぼす影響はみられなかったが、耕耘深度の相違により耐倒伏性に関与する根長の分布範囲が異なった。

キーワード：耕耘深度, 水稻, 耐倒伏性, 直播, 根

緒 言

イネの倒伏の型は、挫折型、湾曲型および転び型の3つに分類されるが、直播水稻で問題にされ最も多く発生するのは転び型倒伏である。寺島ら^{1,2)}によれば、耐転び型倒伏性の改善は土壤密度の高い心土層へ根を多く分布させることが重要であり、この要因の一つは単位根重当たりの押し倒し抵抗値の向上にあることを、ポット土壤の5 cm より深い部分の土壤充填密度を変えた試験により明らかにした。一方、水稻栽培において耕耘されない土壤密度の高い部分を多くすること、すなわち、耕耘深度を浅くすることは圃場の耕起代掻作業に伴うトラクタ作業機の摩耗を少なくし、燃料消費量を節約することで作業効率を高め生産費の低減に繋がるものと考えられる。

そこで、前述のように耐転び型倒伏性には土壤密度の高い深層部分に多くの根を分布させることが重要であるなら、土壤密度の高い部分が多い方が、すなわち耕耘深度が浅い方が耐転び型倒伏性に有利に働くものと考えた。これらのことから、本試験では、土壤充填密度が高い部分を不耕起層、低い部分を耕起層とし、土壤の高密度部分の多少、つまり耕耘深度の浅深が湛水土壤中直播水稻の耐転び型倒伏性に及ぼす影響を根量との関係を中心に、不耕起層と耕起層の深さを変えてポット栽培で検討した。

材料および方法

1999年に水稻コシヒカリを供試し、2,000分の1アールポットを用い、東京都世田谷区の東京農業大学構内の網室

でポット試験を行った。試験区は耕耘深度の異なる2区を設けた。すなわち、ポット土壤表層5 cmのみを耕起した5 cm区と、さらに深く15 cmまで耕起した15 cm区とした。本試験での耕起とは、土壤を充填する際に締め固めないで充填した土壤密度が低い状態であり、耕起層の下の不耕起層は締め固めて充填した土壤密度の高い部分である。土壤を充填する前に土壤の締め固め試験を行い、締め固めの最適含水比(水分:45.77%)を求め、そのとき得られた最高の土壤密度1.29 kg/lを高密度層(不耕起層)とし、締め固めないで充填した状態の土壤密度0.86 kg/lを低密度層(耕起層)とした。土壤をポットに充填する際に深さ30 cmのポットの最下部より5 cmずつ5層に分け、1層ずつ不耕起層は締め固めて、耕起層は締め固めないでそれぞれ充填した。施肥量は、1層当たり1.6 gの化成肥料(10:18:16)を土壤充填前に混和した。土壤充填後湛水し、最上層のみ攪拌しその翌日落水状態の土壤に播種した。種子は、催芽後にカルパー粉粒剤(乾籾重の2倍量)とタチガレエース粉剤(同3%)を粉衣し、ポットの中心部に播種深度約1 cmで6粒播種したのち、2回の間引きを行い最終的に1ポット1株1本立てとした。なお、播種後10日目まで落水を続けた。出穂後14日目に鉛直方向に対する株の倒伏角度を測定し、地上部は穂数、稈長および生体重を調査し、乾物重は穂を含む茎葉を乾燥して秤量した。根の調査は、ポットの土壤を深さ5 cmの層別に輪切りにして根長と根重を測定した。すなわち、各層ごとにすべての根を丁寧に洗い出し、根長は1次根を対象に根長調査用水盤に広げて物差しを用いて計測し、根重は根長計測後に層ごとに

* 東京農業大学農学部農学科

** 東京農業大学大学院農学研究科農学専攻

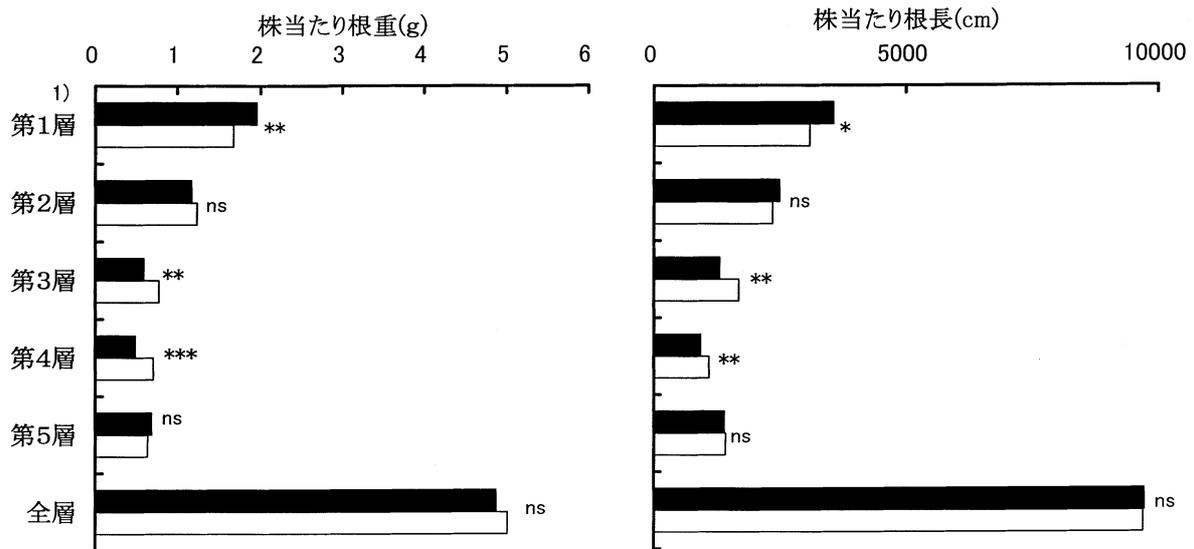


図1 耕耘深度の相違が根重並びに根長に及ぼす影響

■ : 5cm区 □ : 15cm区

*, **, ***: 5%, 1% および 0.1% 水準で有意差あり, ns: 有意差なし。

1) 土壌表層の0~5cmの深さの部分を実第1層, 以下深さ5cmごとに層別に分け, 最下層が第5層である。

すべての根を80℃ 48時間乾燥後に秤量した。調査対象ポットは、各区50ポット供試したうち、穂数と稈長が平均値に近いものから倒伏しているものを8ポットと、全く傾いていない株が各区とも3割程度あったので、倒伏角度0の株として3ポットの、各区計11ポットずつを用いた。

なお、供試ポットの配置は両区合わせて100ポットを縦横に10ポットずつ並べ、さらに周囲一列は調査対象外のポットを置いて、周辺部と中央部の違いが倒伏に与える影響を最小限にした。

結 果

1. 地上部形質に及ぼす影響

地上部形質への影響は表1に示した。1株穂数は、有意差はみられず5cm区がやや少なく18.3本で、15cm区は19.6本となった。稈長に差異は認め難く、5cm区が78.1cm、15cm区が78.8cmであった。地上部生体重および乾物重はともに5cm区が少なくなる傾向を示し、生体重は5%水準で有意差がみられ5cm区147.96g、15cm区171.51gとなり、乾物重はそれぞれ68.40gおよび74.97gであった。そこで、地上部生体重と稈長の積で表される稲体自重モーメント³⁾を計算すると、稈長が同程度であったため生体重が少なかった5cm区で小さく11.5kg・cm、15cm区では13.5kg・cmであった(5%水準で有意)。出穂2週間後の株の倒伏角度は区間に差はなく、鉛直方向に対する株の傾きは5cm区15.7度、15cm区が15.4度であった。

2. 根重並びに根長に及ぼす影響

根重と根長は土壌表面より深さ5cmごとに5層(最も浅い層を第1層、最も深い層を第5層)に分けて調査した。第1層から第5層までの株当たり根重(図1-左)は、5cm

表1 耕耘深度の相違が地上部形質に及ぼす影響

耕耘深度 (cm)	倒伏角度 (度)	穂数 (本/株)	稈長 (cm)	地上部全重(g)		稲体自重 モーメント (kg・cm)
				生体重	乾物重	
5cm	15.7	18.3	78.1	147.96	68.40	11.5
15cm	15.4	19.6	78.8	171.51	74.97	13.5
有意性	ns	ns	ns	*	ns	*

*; 5%水準で有意差あり, ns; 有意性なし。

区では第1層から順に1.95g、1.17g、0.59g、0.49gおよび0.68gとなり、15cm区ではそれぞれ1.67g、1.23g、0.77g、0.71gおよび0.63gとなった。第1層は5cm区が多く(1%水準で有意)、第3層と第4層は15cm区がそれぞれ1%および0.1%水準で有意に多かった。しかし、全根重には大差はなく5cm区が4.88g、15cm区が5.01gであった。株当たり根長(図1-右)も、第1層では5cm区が有意(5%水準)に長く3,566.8cm、15cm区は3,096.1cmであった。第2層も大差はないが5cm区がやや長く2,496.8cm、15cm区は2,361.0cmであった。しかし、第3層より深い層では、15cm区の方が長かった。すなわち、第3層から第5層までの根長は15cm区ではそれぞれ1,692.4cm、1,090.5cmおよび1,423.5cmとなったが、5cm区ではそれぞれ1,305.5cm、923.6cmおよび1,400.9cmとなり、第3層と第4層ではともに15cm区が明らかに長かった(1%水準で有意)。

3. 根重および根長と倒伏の関係

根重と根長の調査は、ポット土壌の表面から深さ5cmごとの層別(5層)で行ったが、各層の根重および根長と倒伏の関係は明確ではなかったため、土壌表面0~5cmの深さの層を表層、5~15cmの部分の中層、15~25cmの部分深層およびポット全体を全層とし、これらの各層の根重

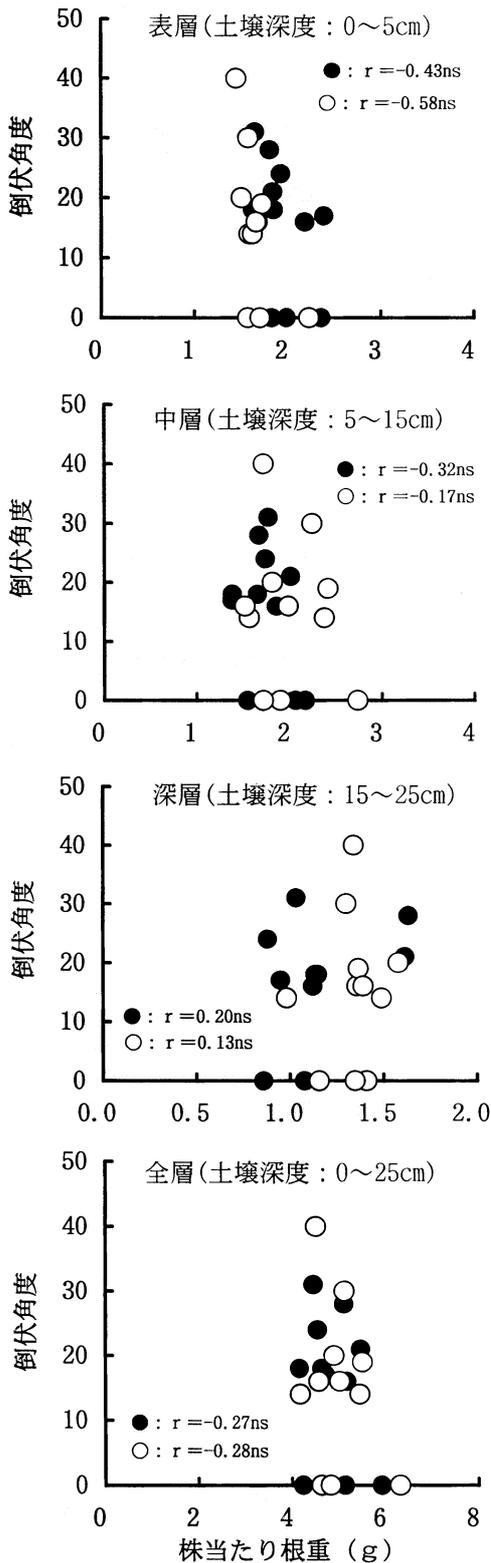


図 2 耕耘深度の相違が根重と倒伏角度の関係に及ぼす影響
● : 5 cm 区 ○ : 15 cm 区
ns : 有意差なし。

および根長と倒伏の関係を検討した。

根重と倒伏角度の関係は図 2 に示したようにいずれの深さの根重とも密接な関係はみられなかった。しかし、根長

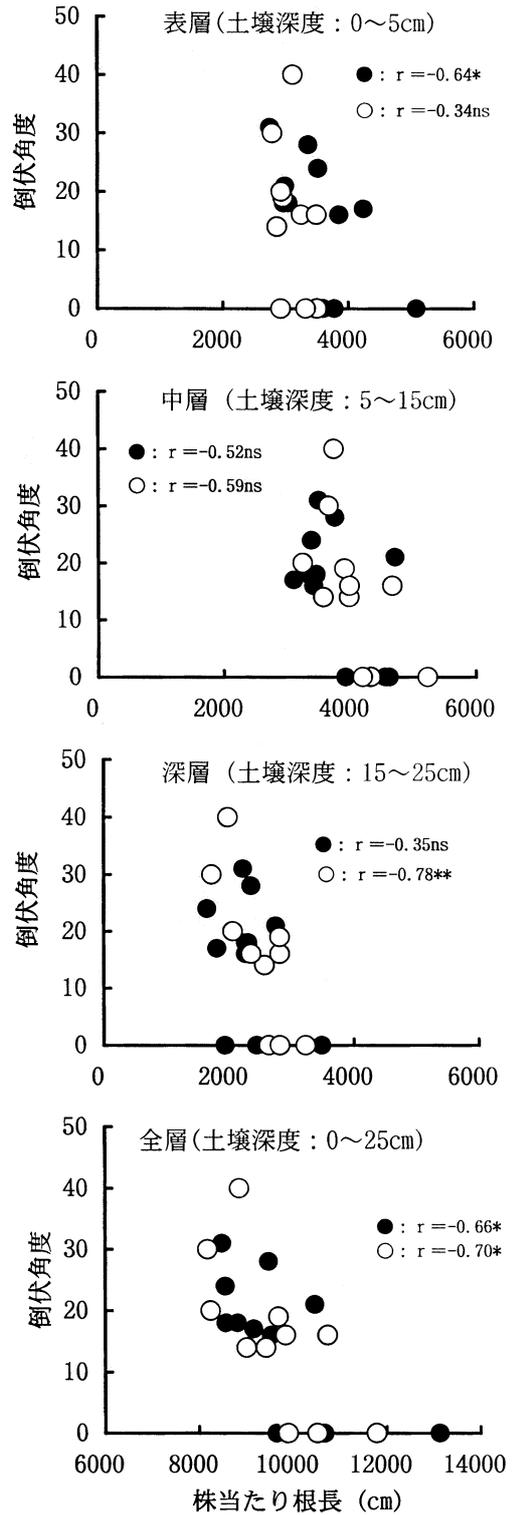


図 3 耕耘深度の相違が根長と倒伏角度の関係に及ぼす影響
● : 5 cm 区 ○ : 15 cm 区
*, **: 5% および 1% 水準で有意差あり
ns : 有意差なし。

と倒伏角度との間には有意な関係もみられ、全層の根長と倒伏角度の間には 5 cm 区が $r = -0.66$ 、15 cm 区が $r = -0.70$ となりともに 5% 水準で負の相関関係が認められた (図 3)。また、各層の根長との関係も図 3 に示したように、

5 cm 区の相関係数は表層で $r = -0.64$ (5% 水準で有意)、中層で $r = -0.52$ および深層では $r = -0.35$ となり表層の方が相関が高かった。しかし、15 cm 区では逆に深層ほど相関が高かった。すなわち、表層で $r = -0.34$ 、中層で $r = -0.59$ および深層で $r = -0.78$ (1% 水準で有意) となった。

考 察

前述のように、耕耘深度の相違が地上部の形質に及ぼす影響はほとんどみられず、株の実際の倒伏角度にも差がなかった。しかし、根重および根長ともに耕耘深度の浅い 5 cm 区では土壌表層の 0~5 cm の部分に多く、耕耘深度の深い 15 cm 区ではそれより深い部分に多かった。根重と倒伏角度との関係は、図 2 のように根重の多少が直接倒伏角度に影響を与えることはなかった。しかし、地上部重との関係、すなわち TR 率 (地上部乾物重/根重) とは図 4 に示したように耕耘深度の浅深に関わらず有意な正の相関関係が認められた。このことは、地上部重および根重が倒伏に与える影響は直接的なものではなく地上部と地下部との関係、すなわち地上部に比べて地下部 (根) の発達の良好なものほど耐倒伏性が大であることを示している。根長と倒伏角度との関係は前述のごとく 5 cm 区では土壌表層の根長と、15 cm 区では土壌深層の根長との間でそれぞれ有意な関係を示したことから、5 cm 区では表層の、15 cm 区では深層の根長の多少に倒伏が左右されたものと考えられる。寺島ら¹⁾の圃場試験によると、耐倒伏性の強い品種は株の直下方向やより深い層に根 (根重) を分布させる特徴があるとしているが、本試験においては、圃場条件とは異なり根域が制限されたポット条件であるので根の分布特性も多少変化し、根の分布量を根重でみた場合には分布量と耐倒伏性との間に密接な関係はみられなかった。しかし、分布量を根長でみた場合には 15 cm 区においては深層の分布量 (根長) の多い株ほど、5 cm 区では表層の分布量の多いものほど耐倒伏性が大となった。このことと同様な傾向は乾田直播¹⁾での報告、すなわち 12 cm 耕起より 3 cm 耕起の方が表層の根長密度が高く、耐倒伏性の指標となる株の押し倒し抵抗値も大きく、しかも根の活性の指標^{5,6)}となる茎断面からの出液速度も高いとしたものと、移植栽培⁷⁾においても表層 5 cm のみを耕起した区は、慣行の深さで耕起した区より生育初期の根長が長く耐倒伏性が高まったとする報告がある。これら 2 つの報告とさらに土壌密度の高い区で、根重当たり押し倒し抵抗値が高い²⁾ことを考え合わせると、耕耘深度が浅い場合は表層に根量が多く、その根の大部分は直下の耕耘されていない密度の高い部分の土壌に伸長し、その根が高密度土壌に支持されるため耐倒伏性が大となることが考えられる。よって、表層に根が多く分布する傾向にある浅耕条件では、いかに表層の根を直下の高密度部分の土壌に分布させるかが重要で、また高密度部分が深層にある条件下では寺島ら^{1,2)}の報告のように、いかに深層部分に多くの根を分布させるかが耐倒伏性の向上にとって必要となるものと推察される。しか

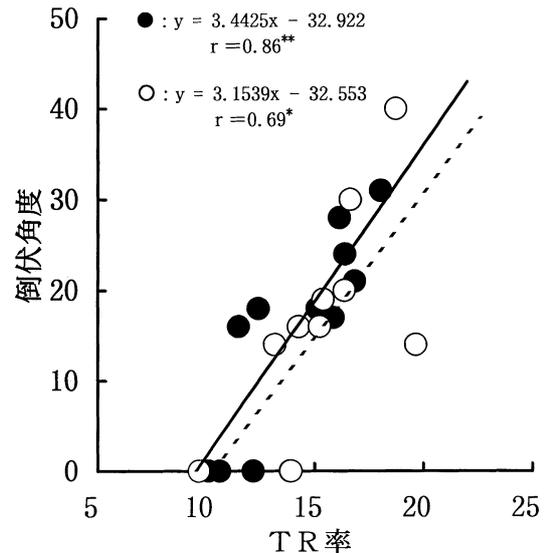


図 4 耕耘深度の相違が TR 率と倒伏角度の関係に及ぼす影響

● : 5 cm 区 ○ : 15 cm 区
*, **: 5% および 1% 水準で有意差あり

し、本試験の結果では、耕耘深度と耐倒伏性との間に密接な関係は認められなかったが、従来の報告⁴⁾では、浅耕条件下で根の活性を示す出液速度が登熟後期に高く押し倒し抵抗値も高かった。さらに、出穂期の出液速度が大きい品種ほど成熟期の出液速度も大きく、登熟期における出液速度の減少率が高い品種ほど根の活力の低下が大きかった⁸⁾。これらのことから考え合わせると、本試験の調査は出穂 14 日後であったが、登熟がさらに進んだ時期では根の活力の差が耐倒伏性に反映され、耕耘深度が浅い 5 cm 区で耐倒伏性が向上する可能性も考えられた。

引用文献

- 1) 寺島一男・尾形武文・秋田重誠, 1994. 直播水稻の耐倒伏性に関する生理生態的形質 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.
- 2) 寺島一男・秋田重誠・酒井長雄, 1995. 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. 日作紀, 64, 243-250.
- 3) 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.
- 4) 小柳敦史・長野間宏・土田志郎・丸山幸夫・狩野幹夫, 1997. 不耕起乾田直播および湛水直播栽培した水稻の根系. 日作紀, 66 (別 1), 218-219.
- 5) 山口武視・津野幸人・中野淳一・真野玲子, 1995. 水稻の茎基部からの出液速度に関する要因の解析. 日作紀, 64, 703-708.
- 6) 田辺 猛, 1971. 中干処理が水稻根の活力に及ぼす影響. 東京農大農学集報, 16, 35-43.
- 7) 樋口秀夫・泉 孝治・木下 収・土井俊典, 1996. 水稻の不耕起田植栽培に関する研究 (第 2 報) - 水稻の生育と生産費について -. 農作業研究, 30, 1-7.
- 8) 楠谷彰人・崔晶・豊田正範・浅沼興一郎, 2000. 多収性水稻の品種生態に関する研究 - 出液速度の品種間差異 -. 日作紀, 69, 337-344.

Effect of Different Tilling Depth on Relationship between Root Mass and Lodging Tolerance of Rice in Direct Sowing

By

Tokihide NAGOSHI*, Yoshinori NAKAMURA** and Takeshi TANABE*

(Received November 29, 2000/Accepted January 18, 2001)

Summary : A soil-cultured, pot experiment was conducted to investigate the effect of different tilling depth on the lodging tolerance of rice in direct sowing, with special reference to their root weight and length. The field tilling conditions of 5cm or 15cm depth were simulated in pots by the difference of soil filling density for the respective tilling depth, namely, a lower filling density for the tilled surface layer, and a higher one for the non-tilled basal layer.

No difference was found in lodging angle between the two conditions. But it was found that the lower top-root ratio of the plants increased the lodging tolerance irrespective of the tilling conditions. In the 15cm tilling depth plot, root length density in the deepest layer was high and there was a close negative correlation with the lodging angle. In the 5cm tilling depth plot, more roots developed in soil surface and the root length density in the surface layer also correlated negatively with the lodging angle.

Although the relation between tilling depth and lodging remained obscure two weeks after heading, the distribution of the root length within specific soil layers might have a significant role in the lodging tolerance of the plants.

Key Words : direct sowing, lodging tolerance, rice, root, tilling depth

* Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Department of Agricultural Science, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture