水 稻 の 植 傷 み に 関 す る 研 究

第 1 報 移植後の初期生育に及ぼす苗の剪根程度の影響

山 本 由 徳・前 田 和 美・林 喜 三 郎

(高知大学農学部)

昭和52年5月13日受理

水稻の植傷みを軽減することは、強勢な下位分げつの確保や茎数の早期確保の上から重要であるとされている。植傷みに関係する要因は数多く考えられるが、従来は、これらの要因のうち、苗質について発根力や活着の面からの検討が加えられてきたにすぎず^{1,2,3,6,8,11,13,14,15)}、植傷みの発生機構については、まだ十分に解明されているとは言い難いようである。本研究では、植傷みに関係すると考えられる個々の要因のうちで、まず移植時の断根の影響をとりあげた。

従来、この点に関しては、相本¹²⁾および松田⁷⁾が、収量に及ぼす苗の剪根程度の影響について品種の早晩生との関係から、また、石塚⁴⁾は、移植後の根の生育並びに養分吸収に及ぼす影響について検討している。さらに、山本¹⁶⁾は、移植後の初期生育に及ぼす苗の剪根程度の影響について、地上部および根の生育、生長解析並びに養分吸収の面から検討を行っている。しかし、これらの報告は、いずれも剪根処理の程度が3段階と限られたもの^{7,16)}や、単に収量との相関をみたもの¹²⁾、あるいは実験期間が処理後10日間と限られたもの⁴⁾であり、十分とは言えない。

このような観点から、本研究は、上述の諸報告よりも剪根処理の幅を広げ、さらに調査期間を延長して、苗の剪根程度が移植後の初期生育に及ぼす影響について検討を行なったものである。

実験材料および方法

供試品種として水稻中生品種、黄金錦を用いた。苗の育成には、縦42cm、横32cm、深さ20cmのプラスチック製の箱を用い、畑土と川砂を6:4の割合で混合した土壌を充填し、硫酸、過磷酸石灰、塩化加里をそれぞれ15g、15g、7.5gづつを施用した。そして、1974年5月17日に2cm×2cmの密度で播種し、第3葉抽出時以後、約3cmの深さに湛水した。播種後28日目(6月14日)に根をできるだけ切らないように土を洗い流しながら苗を取り、剪根処理を施した後、移植した。なお、移植時の苗は、葉令6.7、草丈33.7cm、個体当たり分げつ数2本、乾物重472mgであった。処理区は、対照区として剪根処理を行なわない区(無剪根区)、全ての根を基部より5cm、3cm、1cmおよび0cmのところで剪除する区(それぞれ、5cm区、3cm区、1cm区および全根剪除区)の5区である(第1表)。移植は、苗床と同じ土壌を充填し、基肥として硫酸、過磷酸石灰、塩化加里をそれぞれポット当たり4g、4g、2gの割合で施用した1/5000a磁製ポットに行なった。ポット当りの植付株数は各区とも4株(1株2本植)とし、植付け深度は約2cm、湛水深は約3cmとした。追肥は7月1日に化成肥料(15—15—10)をポット当たり2g

Table 1. Experimental plots and treatments.

Plot	Treatment	Root length (cm)	Root number (no./plant)	Root dry weight (mg/plant)
C (control)	None	15.8 (100)	26.0 (100)	44 (100)
5 cm	All root was cut at 5 cm, 3 cm, 1 cm and 0 cm from their base, respectively	5.0 (32)	26.0 (100)	34 (77)
3 cm		3.0 (19)	26.0 (100)	25 (57)
1 cm		1.0 (6)	26.0 (100)	10 (22)
0 cm		0.0 (0)	0.0 (0)	0 (0)

Note: 1) A japonica rice (var. Koganenisiki) was sown on May 17 and transplanted in 1/5000a pot (4 hills per pot, 2 plants per hill) on June 14 in 1974.

2) Figures in parenthesis show the relative values to control (=100).

大要は、第161回講演会(昭和51年4月)において発表。

Fig. 1. Percentages of dead portion of each leaf on main stem affected by root cutting treatment at transplanting time.

Note: △—△ 1 cm, ×—× 0 cm

づつ施用した。調査は、移植後1週間毎に4回行なった。各区とも移植後1週間目には4ポット、それ以降は3ポットづつ、ていねいに植物体を抜き取り、地上部および根の生育を調査した後、各器官別に90°Cで1時間、65°Cで2日以上乾燥して乾物重を測定した。

実験結果

1. 地上部の生育 移植直後、無剪根区、5 cm区および3 cm区では葉の萎凋は全く認められず、また、葉身の黄化や枯死も観察されなかった。これに対して、1 cm区および全根剪除区では葉が萎凋し、その後、新根の発生とともに回復した（移植後約3日目）が、1 cm区では葉身の一部が枯死し、全根剪除区では地上部全体が萎凋して、葉身の枯死割合が高くなった（第1図）。さらに、1 cm区および全根剪除区では、移植後、新たに出現してくる葉の葉身長、葉鞘長および葉身幅のいずれも無剪根区にくらべて短くなった（第2図）。また、同図でみられるように、剪根の影響は第7葉鞘長に最も早くあらわれ、次いで第8葉身長、そして第9葉身幅と、既に山崎¹³⁾が指摘しているように、1葉づつの葉位のずれがみられた。

次に、草丈、分げつ数、葉面積および地上部乾物重についてみると第3図のとおりである。草丈（第3図A）は、5 cm区および3 cm区では、無剪根区と大差なく推移したが、1 cm区および全根剪除区では低く推移した。1 cm区および全根剪除区では、移植後に出現してくる葉の葉身長並びに葉鞘長ともに短くなったためである（第2図）。分げつ数（第3図B）は、

Fig. 2. Length of leaf blade and leaf sheath and leaf blade width affected by root cutting treatment at transplanting time.

Note: ●—● C, ○—○ 5 cm, ▲—▲ 3 cm, △—△ 1 cm, ×—× 0 cm

移植後1週間目までは、いずれの区でもほとんど増加がみられなかったが、移植後2週間目に全根剪除区以外の区で著しく増加した。また、この分けつの増加速度は、剪根程度の弱い区ほど速い傾向がみられた。しかし、移植後2週間目以降は、無剪根区、5 cm区および3 cm区では増加速度が急速に低下して行くのに対して、1 cm区および全根剪除区では後期まで盛んな分けつの発生がみられ、移植後4週間目には1 cm区の分けつ数は、無剪根区とほぼ等しくなった。しかし、この移植後2週間における分けつの増加速度の差異は、その後の青葉数および1葉当りの葉面積の差異となってあらわれた（第4図A・B）。その結果、1 cm区および全根剪除区では、無剪根区にくらべて葉面積（第3図C）は常に低く推移し、乾物重（第3図D）も低くなった。

以上に述べた地上部の各形質については、全期を通じて無剪根区が最も優れ、剪根程度の強い区ほど劣る傾向がみられた。しかし、5 cm区と3 cm区との間の差異はいずれの形質についても小さく、有意差はみられなかった。さらに、5 cm区では全形質とも、また、3 cm区でも移植後1～2週間の葉面積および乾物重を除き、無剪根区との間に有意差はみられなかった。一方、生育が最も劣った全根剪除区では、すべての形質が他のどの区よりも劣った（5%水準で有意）。また、1 cm区は、いずれの形質も無剪根区と全根剪除区との中間的な値を示し、無剪根区にくらべて有意に劣り、全根剪除区にくらべて有意に優る傾向にあっ

Fig. 3. Changes of plant height (A), tiller number (B), leaf area (C) and top dry weight (D) per hill after treatment. Symbols are the same as in fig. 2.

Note: * LSD at 5% level

Fig. 4. Changes of green leaf number per hill (A) and mean leaf area (B) after transplanting. Symbols are the same as in fig. 2.

た。

2. 根の生育 第5図に根長 (A), 根数 (B) および根の乾物重 (C) を示した。根の生育についても、無剪根区が最も優り、全根剪除区が最も劣った。また、5 cm 区および 3 cm 区は、移植後 1~2 週間の根の乾物重を除き無剪根区との間に有意差がみられず、そして、1 cm 区は、無剪根区と全根剪除区との

ほぼ中間値を示し、地上部の場合と同様の傾向がみられた。しかし、1 cm 区では、根数は無剪根区と大差なく推移したにもかかわらず、根の乾物重が著しく劣った (5%水準で有意) のは、無剪根区にくらべて根長が短かく、1 根当りの乾物重が劣ったためである。また、全根剪除区では、根長、根数および 1 根当りの乾物重は、いずれも他区にくらべて著しく劣ったために株当りの根の乾物重は処理区中、最も軽くなった。

以上の結果より、地上部および根の移植後 4 週間目における生育量を、無剪根区 (=100) に対する比率で示すと第 2 表のとおりである。即ち、5 cm 区および 3 cm 区では、いずれの形質についても 90% 以上の値を示しており、草丈、根数および乾物重などは無根区を凌ぐ傾向にあった。一方、1 cm 区および全根剪除区では、いずれの形質も無剪根区に劣っており、とりわけ地上部では葉面積および乾物重が、根においては乾物重が最も著しく影響をうけた。

た。

3. 乾物分配率 第 6 図に各器官への乾物分配率を示した。根への乾物分配率は、各処理区とも移植後 1 週間目に最も高くなったが、剪根程度の強い区ほどその程度が著しくなった。しかし、活着後は根への乾物分配率は低下し、また、処理による明瞭な差異はみられなくなった。一方、葉身への乾物分配率は、分けつの発生と相まって増加をつづけ、移植後 3 週間目には各処理区とも約 50% と高い値を示したが、その後は分けつの増加速度の低下 (第 3 図 B) に伴って葉身への分配率は低下し、葉鞘+茎への分配率が高くなった。また、移植後 2 週間目以降は剪根程度の強い区ほど分けつの発生が後期にずれるために、葉身あるいは葉鞘+茎への分配率がいく分高く推移した。

次に、以上に述べた各器官への乾物分配率に支配されると考えられる全乾物重に対する各器官の乾物重割合をみると第 7 図のとおりである。即ち、一般に剪根程度の強い区ほど根の乾物重割合が小さく、相対的に葉身あるいは葉鞘+茎の割合が大きいが、生育に伴って処理による差異は小さくなる傾向がみられた。特

Fig. 5. Changes of root length (A), root number (B) and root dry weight (C) per hill after treatment. Symbols are the same as in fig. 2. Note: * LSD at 5% level.

に、5 cm 区および 3 cm 区では、移植後 4 週間目には、葉身 41%、葉鞘+茎 44%、根 15% となり、無剪根区との間に差異はみられなくなった。これらの結果、T/R 比（第 8 図）も生育に伴って処理による差異は小さくなる傾向がみられ、移植後 4 週間目には、無剪根区、5 cm 区および 3 cm 区では、ほぼ等しくなった。しかし、1 cm 区および全根剪除区では、無剪根区にくらべ、なおかなり高い値を示した。

Table 2. Effects of root cutting on the top and root growth at the 4th week after treatment (Control=100)

Character (per hill)	Plot				
	C	5 cm	3 cm	1 cm	0 cm
Plant height	100	102	101	97	91
Tiller number	100	98	98	95	83
Leaf number	100	99	98	99	79
Leaf area	100	100	93	85	66
Top dry weight	100	105	101	85	60
Root length	100	100	100	89	72
Root number	100	105	99	98	73
Root dry weight	100	108	98	77	49

Fig. 6. Changes of dry matter distribution ratio after treatment. Note: Root, Leaf sheath+stem, Leaf blade

Fig. 7. Changes of percentage of each organ to whole plant in dry weight after treatment.

Note: Root, Leaf sheath+stem, Leaf blade

Fig. 8. Changes of top/root ratio in dry weight after treatment.

Symbols are the same as in fig. 2.

考 察

一般に水稻は、移植に伴って一時的に生育が停滞する。この本田初期の生育の停滞の程度は、苗の断根の多少と密接に関係しているものと思われる。

本実験は、この点を明らかにするために、苗の根をその基部より種々の長さで人為的に切断（剪根）することによって、移植後の初期生育に及ぼす苗の剪根程度の影響について検討したものである。その結果、移植時の苗が剪根されても、3 cm 以上根が残存している場合には、移植後4週間の地上部および根の生育には無剪根苗との間に明瞭な差異が認められないことが

明らかとなった。既に、石塚ら⁴⁾、松田⁷⁾ および山本ら¹⁶⁾は、それぞれ苗に2 cm 以上、3 cm および5 cm 根が残存していれば、移植後10日間^{4,7)}、あるいは3週間¹⁶⁾の根および地上部の生育に剪根による影響は認められないと報告している。本実験の結果は、これらの報告にくらべて、さらに移植後日数を経過した場合にも、苗に3 cm 以上根が残存していれば、剪根による影響はみられないことを示している。そして、移植後4週間を経過すると、5 cm 区および3 cm 区では、草丈、根数および乾物重などは、むしろ無剪根区を凌ぐ傾向がみられ、移植時の苗の根がある程度剪根されることが、移植後日数の経過とともに生育の促進をもたらしたことが注目された。しかし、移植後1週間の生育に限ってみると、苗の根が3 cm 以上残存している場合でも、5 cm 区および3 cm 区は無剪根区にくらべて、また、3 cm 区は5 cm 区にくらべて残存根量が少なくなるために、養分吸収速度がより低くなって、乾物増加量も剪根程度に比例して低下することが認められている¹⁷⁾。従って、移植直後の生育の停滞を軽減するためには、根をできるだけ切らないように苗を取り、移植することが重要であることに変わりはない。

一方、苗の根を全て剪除した場合や、1 cm だけ根を残した場合には、移植直後に葉が萎凋し、さらに一部が枯死した。このように剪根程度が強い区においては、葉身の一部が枯死によって失われる結果、無剪根区にくらべて主稈の出葉速度は移植後2週間目頃より速くなった⁹⁾が、その程度は葉身の枯死程度の大きい全根剪除区で著しかった。しかしながら、1 cm 区

および全根剪除区では、主根の出葉速度が速くなったにもかかわらず、移植後2週間目にはそれに対応した分げつの発生⁹⁾がみられなかった。これは1cm区および全根剪除区では、移植直後に分げつ芽への同化産物の供給が不足したためであろう。その結果、これらの両区では青葉数および1葉当りの葉面積の増加も遅延し、株当りの葉面積の増加も緩慢となり、乾物重も劣ったものと考えられる。このように、1cm区および全根剪除区では、他区にくらべて移植後4週間の生育が著しく劣ったが、さらに、これら両区の生育を比較すると、1cm区は全根剪除区にくらべて地上部および根の生育ともに有意に優っており、このことは、移植時の苗に少しでも根が残存していることが、植傷みを軽減する上で重要であることを示している。

次に、苗の剪根が各器官への乾物分配率に及ぼす影響を検討した結果、移植後の早い時期ほど、また、剪根程度の強い区ほど根への分配率が高くなった。佐藤¹⁰⁾は、剪葉処理によって葉身が失われた場合には、まず葉身が重点的に回復することを報告しているが、本実験のように剪根処理によって根が失われた場合には、まず根が重点的に回復すると考えられる。その結果、各器官の乾物重割合は、処理後4週間目に至って各区ともほぼ等しくなったが、剪葉処理では処理後2週間目に各器官の乾物重割合が等しくなった¹⁰⁾のにくらべて回復は遅れた。

以上に述べた本実験の結果並びに従来の研究結果^{4, 7, 16)}より、移植時の苗に2~3cmの長さの根が残存していれば、剪根に伴う植傷みは生じないものと思われる。また、苗の根が2~3cm以下に剪根された場合には、剪根に伴う植傷みが急激に著しくなること、および、わずかの残存根量の差異が植傷みの程度に大きな影響を及ぼすことなどが示唆された。しかし、実際栽培では、苗を取る際の新根と旧根の断根割合が異なること、また、苗令¹¹⁾や苗質^{1, 2, 3, 6, 8, 11, 13, 14, 15)}の差異に基づく発根力の強さや、移植の深さ¹¹⁾、水深並びに施肥量の多少¹¹⁾なども発根力に密接に関係していると考えられるので、今後、これらと植傷みの回復の遅速、品種の発根力の差異などとの関係について検討したい。さらに、現在全国的に普及している機械移植(中、稚苗)の際には、箱底下に伸長した根が剪根されるのが一般的であり、この機械植用の中、稚苗における剪根が、本田の生育にいかなる影響を及ぼしているかについても今後、研究を進めたい。

摘 要

水稻苗(成苗)に5段階の剪根処理(第1表)を施し、移植時の苗の断根が、初期生育に及ぼす影響について検討した。

1. 無剪根区、5cm区および3cm区では、移植直後に葉の萎凋は全く起らなかったが、1cm区では葉身が、また、全根剪除区では地上部全体が萎凋した。そして、これらの区では、移植後3日目頃より新根の発生に伴って葉身の萎凋は回復したが、その一部は枯死した。

2. 5cm区では地上部および根の生育ともに、また、3cm区においては移植後1~2週間の葉面積、乾物重を除き、無剪根区との間に有意差は認められなかった。さらに、5cm区と3cm区との間には、地上部および根の生育ともに有意差は認められず、両区の移植後4週間目の草丈、根数、乾物重などは無剪根区を凌駕した。

3. 全根剪除区では、地上部および根の生育ともに他のどの区よりも有意に劣ったが、地上部では、とくに葉面積および乾物重が、根においては乾物重が最も著しい影響をうけた。また、1cm区は、無剪根区と全根剪除区の中間的な生育を示した。

4. 根への乾物分配率は、各区とも移植後1週間目に最も高くなったが、その割合は剪根程度の強い区ほど著しかった。しかし、活着後は、各区とも根への分配率は低下し、さらに処理による明瞭な差異はみられなくなった。

5. 全乾物重に対する各器官の乾物重割合、およびT/R比は活着後の生育に伴って処理区間の差は次第に小さくなった。

6. 以上の結果より、移植時の苗に3cm以上根が残存していれば、剪根に伴う植傷みは生じないものと推定した。

引 用 文 献

1. 平野哲也・小野寺守一・竹村武雄 1958. 水稻苗の活着に関する研究。日作紀 **26**: 199—202.
2. 本多 靖・臼田純雄 1959. 水稻苗に関する生理生態学的研究。I. 播種密度を異にする水稻苗の体内成分の消長とその発根力との関係。II. 異なる肥料条件下の下に育苗した水稻苗の体内成分とその発根力との関係。日作紀 **27**: 429—431.
3. 星野孝文・松島省三・富田豊雄・定金 章 1969. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的

- 研究. 第 89 報 各種の気温・水温条件下で育成した苗の各種の気温・水温条件下での活着の良否について. (2) 苗令が同一の苗を移植した場合. 日作紀 **38**: 279—285.
4. 石塚喜明・田中 明 1969. 水稻の栄養生理. 養賢堂, 東京. 102—109.
 5. 片山 佃 1951. 稲・麦の分げつに関する研究. 養賢堂, 東京.
 6. 木根潤旨光・青田精一 1961. 北陸地域における水稻晩期栽培に関する研究. 第1報 晩植水稻の植え傷み発現について. 日作紀 **30**: 302—304.
 7. 松田清勝 1939. 水稻挿秧に際し二, 三の操作がその初期生育並びに収量に及ぼす影響. (其の一) 根部剪除に関する試験. 日作紀 **11**: 91—100.
 8. 松島省三・田中孝幸・星野孝文 1968. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第 78 報 各種の気温・水温条件下で育成した苗の各種の気温・水温条件下での活着の良否について. (1) 苗代日数が同一の苗を移植した場合. 日作紀 **37**: 161—168.
 9. 佐藤 庚 1962. 水稻の出葉周期に関する一考察. 日作紀 **31**: 1—5.
 10. ——— 1969. 禾本科作物における剪葉後の生長回復過程に関する研究. 第2報 水稻剪葉直後の器官別の生長と組織内澱粉の消長. 日作紀 **38**: 299—305.
 11. 佐藤健吉 1962. 水稻の発根力に関する研究. 農電研報 **3**: 1—69.
 12. 梶本光雄 1931. 移植時における根部剪定が水稻の生育に及ぼす影響の生理形態的研究. (第2報) 品種の熟性の早晩と根部剪定との関係. 日作紀 **3**: 243—257.
 13. YAMADA, N. and Y. OTA 1957. Physiological character of rice seedlings. (I). Proc. Crop Sci. Soc. Japan **25**: 165—168.
 14. ——— and ——— 1958. ———. (II). Proc. Crop Sci. Soc. Japan **26**: 78—80.
 15. ——— and ——— 1959. ———. (III). Proc. Crop Sci. Soc. Japan **27**: 28—30.
 16. 山本由徳・輪田 潔 1974. 水稻の本田初期生育に及ぼす移植時の剪根の影響について, 特に, 直播稲および稚苗移植稲との比較. 日作東北支部会報 **16**: 19—21.
 17. ———・前田和美・林喜三郎 1978. 水稻の植傷みに関する研究. 第2報 移植後の体内有機成分含有量並びに生長速度に及ぼす苗の剪根程度の影響. 日作紀 **47**: 39—47.
 18. 山崎耕宇 1963. 水稻の葉の形態形成に関する研究. IV 葉の形態形成を解明する二, 三の実験. 日作紀 **32**: 237—242.

Studies on Transplanting Injury in Rice Plant

I. The effects of root cutting treatments on the early growth of rice seedlings after transplanting

Yoshinori YAMAMOTO, Kazumi MAEDA and Kisaburo HAYASHI

(Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku 783)

Summary

This study was undertaken to clarify the effects of root cutting. Plots and experimental procedures were shown in Table 1. Top and root growth observed during 4 weeks after treatments were summarized as follows:

1) Immediately after transplanting, leaf wilting was not observed in C-, 5 cm- and 3 cm-plot, but leaves were wilted in 1 cm-plot and especially wilted in 0 cm-plot. And in these plots, leaf wilting recovered following the appearance of new roots about 3 days after transplanting, with slight death of the leaves (Fig. 1). However, development of tillers during the 1st week was very suppressed in all plots, whether the leaves were wilted or not (Fig. 3B).

2) There were no significant differences in top and root growth between C-plot and 5 cm-plot or between C-plot and 3 cm-plot, except total leaf area and dry weight during the 1st to 2nd week after transplanting (Figs. 3 and 5). Moreover, it was noteworthy that 5 cm- and 3 cm-plot were superior compared with C-plot in plant height, root number and dry weight of top and root at the 4th week after transplanting (Table 2).

3) In 1 cm- and 0 cm-plot, the increase of tillers during the 2nd week after transplanting was fewer than C-plot. And so, top and root growth of these plots were significantly inferior to C-plot over 4 weeks after transplanting (Figs. 3 and 5). Further, in comparison with the 1 cm-plot and 0 cm-plot, the plants in 1 cm-plot showed significantly greater growth than the plants in 0 cm-plot. This indicates that the short remainings of roots on the seedling at transplanting-time are very effective for the recovery from the transplanting injury.

4) During the 1st week after transplanting, dry matter distribution ratio to root was higher than any other time in all plots, and besides, higher in order of the strength of root cutting treatments (Fig. 6). But, following the development of tillers, the ratios to leaf blade and/or leaf sheath and to stem increased. And so, the distribution ratio of dry matter to root decreased and the difference between treatments became little. As such a pattern of the distributions, percentages of each organ to whole plant and top/root ratio in dry weight was nearly equal in all plots at the 4th week after transplanting (Figs. 7 and 8).

5) From the above-mentioned results, it may be suggested that transplanting injury, mainly due to root cutting, will not occur if the seedlings have 3 cm or more roots in length.