

水稻の植傷みに関する研究
X. 生育・収量に対する活着日数を異にする苗間の競合

山本 由徳・久野 訓弘
(農学部作物・育種学研究室)

Studies on Transplanting Injury in Rice Plant
X. Competition among Seedlings with Different Earliness of Seedling
Establishment for the Growth and Yield

Yoshinori YAMAMOTO and Kunihiro HISANO
Laboratory of Crop Science and Plant Breeding, Faculty of Agriculture

Abstract : Four six-leaf-aged rice seedlings (cv. Koganenishiki) with different damaged part, that is, seedlings without pruning (CS) and with pruning all leaf blades (LS), top at 3cm from its base (T3S) or all roots (RS) were transplanted in a pot (ca. 1/1000a) at 17×17cm (MA plot) or 5×5cm (MB plot) with one plant per hill to clear the effects of earliness of seedling establishment (days required to first tiller appearance after transplanting¹⁾, DRFTA) due to the damaged part on the subsequent growth and characters related to yield in comparison with the case of transplanting each of the treated seedlings (S plot). 1) In MA and MB plots, as well as S plot, DRFTA was shorter in order of CS < RS ≅ LS < T3S, and seedlings with longer DRFTA had more main culm leaves and delayed flag leaf expansion or heading date. Vegetative growth of CS, RS and LS was promoted, but that of T3S was inhibited and resulted in advancing the heading date and decrease of leaf number on the main culm, as compared with those of S plot. 2) In MA and MB plots, yield of seedling with shorter DRFTA was higher than that of seedling with longer DRFTA, mainly due to the greater panicle number. Yield of CS, RS and LS in MA and MB plots were greater than that in S plot, and the increasing ratio was the highest in CS (76~112%). Although yields of T3S in MA and MB plots were lower than that in S plot, mainly due to the less panicle number, the decreasing ratio in MB plot (54%) was higher than that in MA (42%). 3) The growth and yield of each treated seedling in MA plot with dividing the soil surface and volume in the pot evenly were nearer to those in S plot than those in MA plot without such soil treatment. These results suggested that the difference of growth and yield among seedlings with different earliness of seedling establishment due to the damaged part were caused by the competition of both top and underground parts.

緒 言

前報¹⁾では成苗について、苗の根あるいは地上部の損傷に伴う活着日数（移植後初発分け迄日数）の差異が移植後の生育・収量に及ぼす影響について検討した。しかし、これらの実験においては、いずれも処理を同じくする苗を同一ポットに移植して検討したものであり、実際の移植栽培に

においては、損傷部位や程度を異にする苗が同一株内あるいは隣接株内に移植されることは当然、起こりうるところである。

そこで本報告では、損傷部位を異にする苗が、同一株内あるいは隣接株に移植された場合の苗体の損傷に伴う活着日数の差異が移植後の苗相互の生育と収量関連形質に及ぼす影響について検討した。

実験材料および方法

供試品種として黄金錦を用い、1982年と1984年の2箇年に実験を行った。苗の育成には縦42cm、横32cm、深さ20cmのプラスチック製のバットを用い、畑土を充填し、硫酸、過石、塩加をそれぞれ15、15、7.5gを全層に施用した。そして、1982年には5月1日に、1984年には5月11日に芽切り籾を3×2cmの密度に播種して畑状態で育成し、第3葉抽出後は約3cmの深さにに湛水した。移植は、畑土を充填して硫酸、過石、塩加をそれぞれ10、10、5gと硅カル15gを全層に混合した約1/1000aポット（内径37cm、深さ33cm）に行った。移植日は1982年は5月28日、1984年は6月9日であり、移植時の苗の葉齢、草丈、分けつ数はそれぞれ1982年は6.4、33.2cm、2本、1984年は6.7、35.8cm、2本であった。

次に、両実験年次における処理区と処理方法を示す。

1982年：無処理苗、剪葉（全葉身剪除）苗、地上部3cm（地上部の基部より3cmの位置で剪除）苗および剪根（全根剪除）苗の4種類の苗を作成した。そして、これらの苗が隣接株に移植された場合を想定して、同一ポットに各1本ずつ移植する区（以下混植A区、6ポット供試）と同一株内に4種類の苗が移植された場合を想定して、ポット内の苗間の距離を約5cmととして移植する区（以下混植B区、6ポット供試）を設けた。これら以外に同一処理苗を同一ポットに4株1株1本植で移植する区（以下単植区、各苗3ポット供試）を設けた。混植A区と単植区における苗間距離は約17cmである。なお、混植B区については個々の苗の生育調査を容易に行うために、苗間に厚さ1mmのプラスチック板を挿入（土壌上・下面にそれぞれ約3cmの長さ）した。

1984年：1982年と同様に、無処理苗、剪葉苗、地上部3cm苗および剪根苗の4種類の苗を作成し、混植A区（8ポット供試）と単植区（各苗3ポット供試）を設けた。また、混植の影響を地上部と地下部に分けて検討するために、ポット内の土壤面積および容積が1/4ずつになるようにプラスチック板をいれて仕切り、それぞれに苗を植付ける区（以下根圏制限混植A区、8ポット供試）を設けた。

両実験年次とも各処理区の全個体について、移植時より生育を追って出穂期まで草丈、主稈葉齢及び分けつ数を定期的に調査するとともに、移植後の初発分けつ日、主稈止葉展開日と出穂日並びに株当り出穂始日を調査した。そして、成熟期に最長稈長を調査した後に、稲株をポットより抜取り、十分に風乾した後、収量関連形質の調査を行った。また、1982年には各処理区の穂重の中庸な2株について収量構成要素を測定し⁹⁾、それらの積によって株当りの精籾収量を算出した。なお、1984年には各処理区の出穂期あるいは穂孕期に相当した8月20日～21日にかけての台風の影響により、不稈籾が多発したために穂重の調査は行わず、籾数を収量の代替形質として測定した。

病虫害の防除は、両実験年次とも適宜農薬散布により行った。

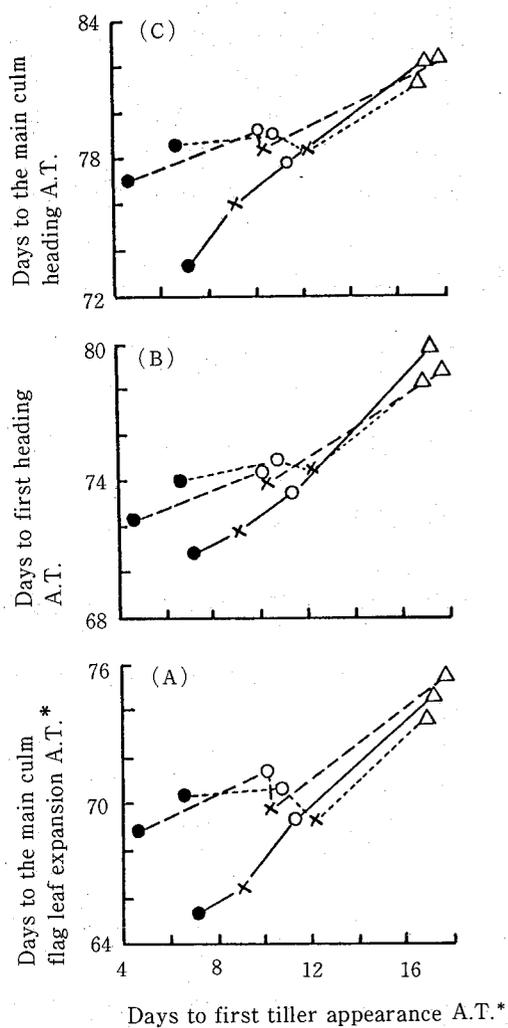


Fig. 1. Relationship between days to first tiller appearance and those to the main culm flag leaf expansion (A), the first heading (B) and the main culm heading (C) after transplanting.

- Note 1) ●, ○, △, × : Seedlings without pruning and with pruning all leaf blades, top at 3 cm from its base or all roots, respectively.
- 2) ——— : Four seedlings treated equally were transplanted in a pot at 17×17 cm spacing with one plant per hill.
 - - - - - : Four seedling treated differently were transplanted in a pot at 17×17cm or 5×5 cm spacing with one plant per hill, respectively.
- * After transplanting.

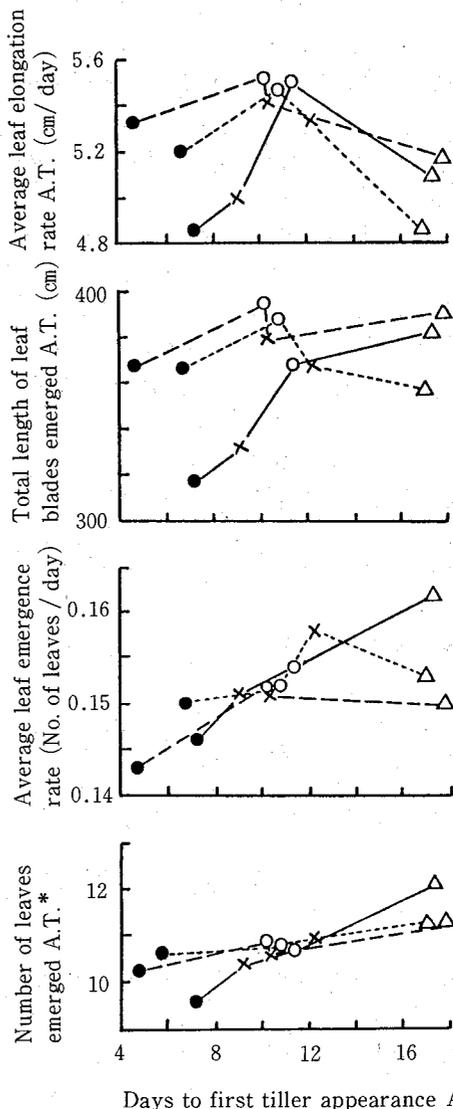


Fig. 2. Relationship between days to first tiller appearance and some characters related to leaf emergence rate on the main culm after transplanting.

- Note) Symbols are the same as those in Fig. 1.
- * After transplanting.

実験結果および考察

1982年:活着日数(初発分けつ迄日数)¹⁾は単植区では無処理苗>剪根苗>剪葉苗>地上部3cm苗の順に早くなったが、混植A, B両区においては、剪根区にくらべて剪葉区でやや早くなった(Fig. 1)。また、単植、混植A, B両区の同一処理苗を比較すると、活着日数が混植B区の無処理苗および混植A, B両区の剪根苗で、それぞれ単植区に対応する苗にくらべてやや早く、あるいは遅くなった以外は大きな差異は認められなかった。剪根苗における単植区と混植区の活着日数の差異の原因は、混植区では地上部3cm苗の水没を防ぐために、移植直後の水深を約1cmに保った(単植区は約5cm)ために萎凋が著しく、植傷みが大きくなったためと考えられるが、混植B区の無処理苗で早くなった原因は明かでない。

混植A, B両区における主稈止葉展開日と出穂日および株当り出穂始日は、いずれも単植区と同様に活着の早い苗ほど早くなる傾向がみられたが、処理苗間の差は単植区にくらべて小さく、また混植B区にくらべてA区でより小さくなった(Fig. 1)。そして、無処理苗、剪葉苗、剪根苗ではいずれの生育時期も単植区にくらべて遅延し、遅延程度は無処理苗>剪根苗>剪葉苗の順に大きくなり、また無処理苗では混植B区にくらべて栄養生長がより旺盛となった混植A区での遅延が明らかに大きかった。一方、地上部3cm苗では両混植区において、いずれの生育時期も他の苗とは逆に早くなる傾向がみられ、株当り出穂始日は単植区にくらべて1~2日早くなった。

Fig. 2には活着日数と主稈の出葉特性との関係を示した。混植A, B両区とも、活着の最も早かった無処理苗では単植区にくらべて移植後の増加葉数、総抽出葉身長は増加し、出葉速度および葉身伸長速度は速くなった。これに対して、活着が最も遅かった地上部3cm苗では混植A, B両区とも主稈の増加葉数および出葉速度は単植区にくらべて劣ったが、混植B区では混植A区とは異なり、総抽出葉身長および葉身伸長速度は単植区にくらべてやや優った。この原因としては、混植B区では同一株内に各処理苗が移植された状態を想定して苗間距離を5cmと短くしたために、苗の相互遮へいが単植区や混植A区にくらべて著しく、このことが葉身の徒長を招いたためと考えられる。このような傾向は混植B区の地上部3cm苗のみならず、無処理苗、剪葉苗および剪根苗においても同様に認められた。

Fig. 3には混植A, B両区における各処理苗の活着日数と収量関連形質との関係を単植区とともに示した。混植A, B区における稈長、最高分けつ数、穂数および穂重、わら重、全重は、無処理苗>剪根苗 \geq 剪葉苗>地上部3cm苗と活着日数の長い苗ほど劣る傾向がみられ、単植区にくらべて処理苗間の差が大きくなった。とくに株当りの穂重についてみると、地上部3cm苗では単植区にくらべて両混植区とも減少し、その他の苗ではいずれも増加した。そして、無処理苗、剪葉苗の増収割合は混植A区>B区、剪根苗では混植A区 \approx B区となり、地上部3cm苗の減収割合は混植B区>A区となった。これら各処理苗の単植区に対する混植区の収量の増減は、主として穂数および1穂粒数の増減に基づく株当り粒数の差異によってもたらされたものであり、全ての処理苗で単植区とくらべると登熟歩合の差は小さく、千粒重は低下した(Table 1)。とくに、混植A, B両区で最高収量を示した無処理区では単植区に対して穂数(遅発穂を除く)は、それぞれ78%, 61%増加し、1穂粒数もそれぞれ25%, 11%増となり、株当り粒数は混植A区で4,050粒、同B区で3,256粒となって、それぞれ112%, 76%増収した。これに対して、地上部3cm苗の株当り収量は、主として穂数の減少により株当り粒数が低下し、単植区にくらべて混植A, B区でそれぞれ42%, 54%減収した(Table 1)。また、混植区の地上部3cm区では、単植区でみられたような穂数の減少に対応した1穂粒数の増加が明瞭に認められなかったことも減収の一因と考えられた。

混植 A, B 両区の各処理苗のわら重は, 単植区にくらべて, 上述した穂重とほぼ同じ割合で増減しており, 従って穂重/わら重比あるいは精穀重/わら重比は単植区の場合と同様に地上部3cm 苗 > 剪葉苗 > 剪根苗 > 無処理苗の順に高くなる傾向がみられ, また単植区との差も比較的小さかった (Fig. 3)。

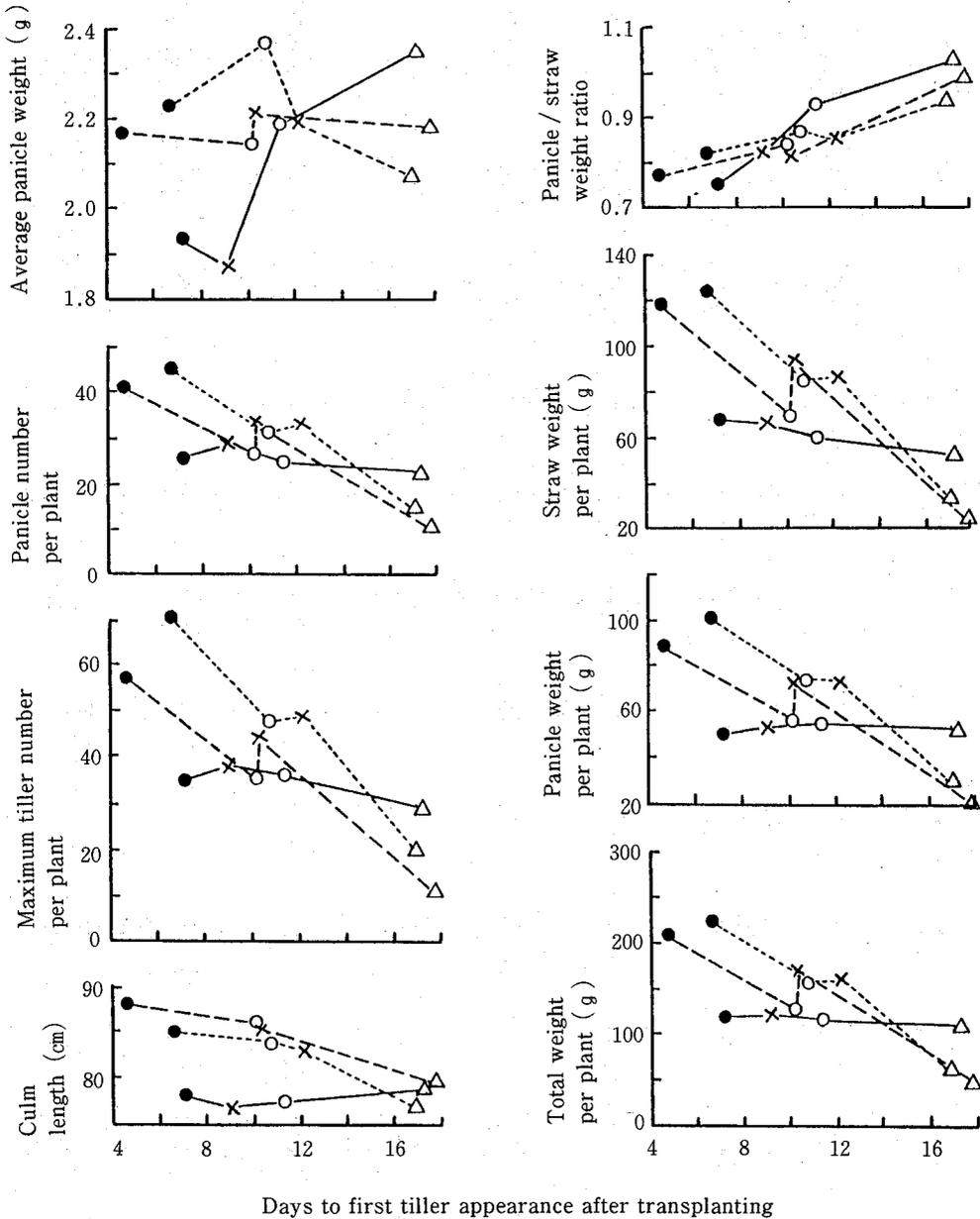


Fig. 3. Relationship between days to first tiller appearance after transplanting and some characters related to yield.

Note) Symbols are the same as those in Fig. 1.

Table 1. Yield components and yield per plant

Plot* of seedling**	Treatment	Panicle number	Mean no. of spikelets per panicle	No. of spikelets	% of ripened grains	1000 grain weight (g)	Paddy rice yield (g)
S	CS	25.3(100)	72(100)	1822(100)	93.0(100)	27.10(100)	45.9(100)
	LS	24.9(100)	80(100)	1992(100)	93.7(100)	26.72(100)	49.9(100)
	T3S	22.5(100)	85(100)	1913(100)	91.1(100)	25.93(100)	45.2(100)
	RS	28.5(100)	70(100)	1995(100)	94.3(100)	26.48(100)	49.8(100)
MA	CS	45.0(178)	90(125)	4050(222)	94.7(102)	25.41(94)	97.4(212)
	LS	31.2(125)	92(115)	2870(144)	92.9(99)	26.28(98)	70.1(140)
	T3S	14.5(64)	77(91)	1117(58)	91.3(100)	25.92(100)	26.4(58)
	RS	33.3(117)	77(110)	2564(129)	95.0(101)	25.44(96)	62.0(124)
MB	CS	40.7(161)	80(111)	3256(179)	93.8(101)	26.49(98)	80.9(176)
	LS	26.4(106)	85(106)	2244(113)	94.0(100)	25.81(97)	54.4(109)
	T3S	10.0(44)	89(105)	890(47)	93.3(102)	24.85(96)	20.6(46)
	RS	33.3(117)	81(116)	2697(135)	93.5(99)	25.91(98)	65.3(131)

Note) Numerals in parenthesis show the relative values of M and RM plots to S plot (=100).

*S: Four seedlings treated equally were transplanted in a pot at 17×17cm spacing with one plant per hill, MA, MB: Four seedlings treated differently were transplanted in a pot at 17×17cm or 5×5cm spacing with one plant per hill, respectively.

**CS, LS, T3S, RS: Seedlings without pruning and with pruning all leaf blades, top at 3cm from its base or all roots, respectively.

1984年: Fig. 4には混植A区および根圏制限混植A区における活着日数と生育時期との関係を単植区とともに示した。活着日は両混植区とも単植区と同様に無処理苗>剪葉苗≒剪根苗>地上部3cm苗の順に早くなり、さらに同一処理苗では両混植区とも単植区との差は小さかった。

根圏制限混植A区の主稈止葉展開日と出穂日および株当り出穂始日は、混植A区と同様に、無処理苗、剪根苗および剪葉苗では単植区にくらべて遅延した。また、地上部3cm苗では単植区にくらべて早くなったものの、その程度は混植A区にくらべて小さく、止葉展開日、出穂期は混植A区>根圏制限混植A区>単植区の順に早くなった。

Fig. 5には活着日数と主稈の出葉特性との、またFig. 6には収量関連形質との関係を示した。根圏制限混植A区では、活着日数の最も長くなった地上部3cm苗における各出葉速特性、および最高莖数、穂数、株当り籾数の低下程度は混植A区にくらべていずれも軽減され、総抽出葉身長および葉身伸長速度は単植区とほぼ等しい値を示した。そして、無処理苗においては、混植A区にくらべて最高莖数、穂数および株当り籾数の増加割合が減少した。

上述の混植区における処理苗間の収量関連形質の差異は、活着の遅延に伴う地上部および地下部の競合によってもたらされたものと推定される。すなわち、混植A区では地上部と地下部の両者の競合が総合された結果として処理苗間に生育の差が著しくあらわれたものと理解できる。一方、根圏制限混植A区ではポット内の土壌を1/4ずつ均等に仕切って移植を行ったので、地下部に関する限り競合は生じなかったものと仮定できる。そこで、混植A区(MA)と単植区(S)の差は地上部と地下部の両者の競合の和であるとし、根圏制限混植A区(RMA)と単植区の差を地上部のみの競合の影響とすると、 $(MA-S) - (RMA-S)$ 、すなわち混植A区と根圏制限混植A区との差(MA-RMA)は地下部の競合の影響をあらわしているものと考えられる。そこで、各処理苗について混植による最高莖数、穂数および収量の代替形質として株当りの籾数への地上部と地下部競合の度合を、上述の仮定に従って求めた結果をTable 2に示した。同表によると、無処理苗の混植による生育の

促進効果は、最高莖数については地上部に比べて地下部の競合の影響がやや大きかったが大差なく、穂数と株当り籾数では地上部の競合の影響が大きかった。これに対して、剪葉苗と剪根苗では、いずれの形質も地上部の競合についてはやや促進効果がみられたが、地下部の競合については抑制効果がみられた。また、地上部3cm苗ではいずれの形質についても地上部および地下部の競合ともに抑制効果がみられたが、地上部と地下部の競合による抑制程度はほぼ等しかった。

上述のように、同一株内あるいは隣接株に損傷部位あるいは損傷程度を異にする苗が移植された場合には、活着日数の影響が移植後の生育、収量関連形質に大きく認められ、活着の早い苗ほど移植後の生育が旺盛となり、主として分けつ数の差に基づく穂数の差により、収量にも大きく影響した。また、この影響の程度は損傷部位あるいはその程度の異なる苗が隣接株に移植された場合に比べて、同一株内に移植された場合に大きく認められた。これらの結果は、同一処理苗を同一ポットに移植した単植区の結果¹⁾と著しく異なり、苗体の損傷部位あるいはその程度を異にする苗が同一株内あるいは隣接株に移植された場合には、活着の早晩によって苗間に競合が生じて、移植後の苗の生育、さらには収量に大きな差異の生じることが示唆された。渋谷²⁾は発根力の異なる2品種の苗を相接して移植した場合に、発根力の優る品種の苗が移植後の分けつの早晩を通して、各品種を単植した場合に比べて著しく穂数増となることを報告している。また、手塚ら³⁾は日本稲と外国稲(インド型)を混植した場合に、外国稲の生育が優るのは主として地下部の競合によると報告している。

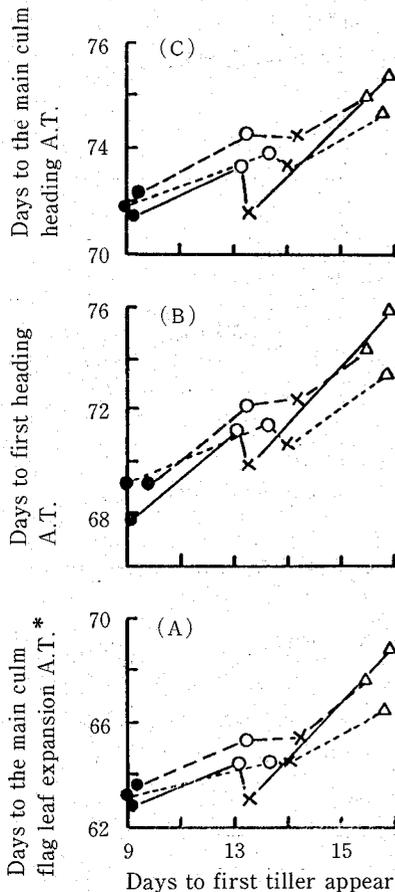


Fig. 4. Relationship between days to first tiller appearance and those to the main culm flag leaf expansion (A), the first heading (B) and the main culm heading (C) after transplanting.

- Note 1) ●, ○, △, ×: Seedlings without pruning and with pruning all leaf blades, top at 3 cm from its base or all roots, respectively.
- 2) ———: Four seedlings treated equally were transplanted in a pot at 17×17cm spacing with one per hill.
: Four seedlings treated differently were transplanted in a pot without and with dividing the soil surface and volume evenly at 17×17cm spacing with one plant per hill, respectively.
 * After transplanting.

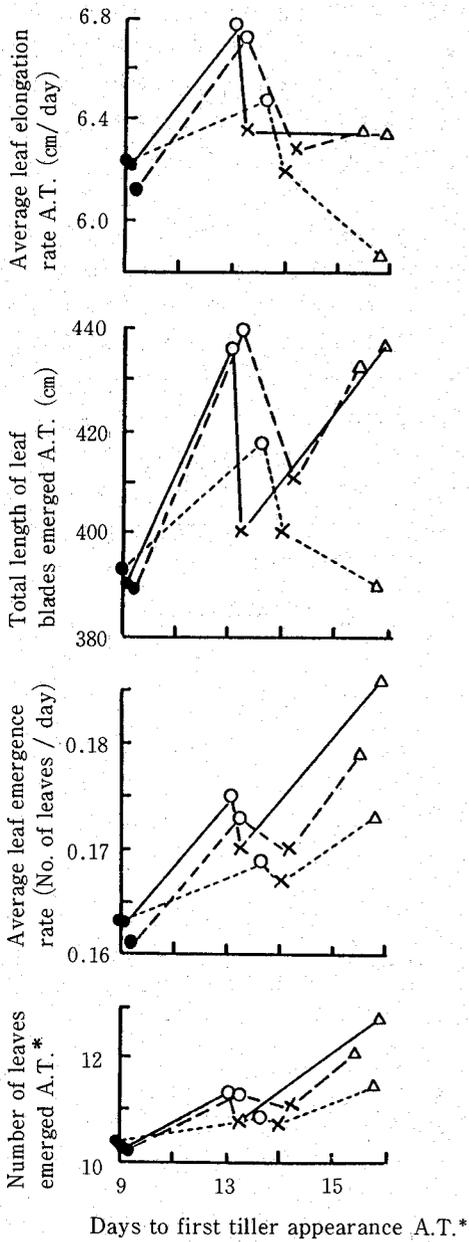


Fig. 5. Relationship between days to first tiller appearance and some characters related to leaf emergence rate on the main culm after transplanting.

Note) Symbols are the same as those in Fig. 4.

* After transplanting.

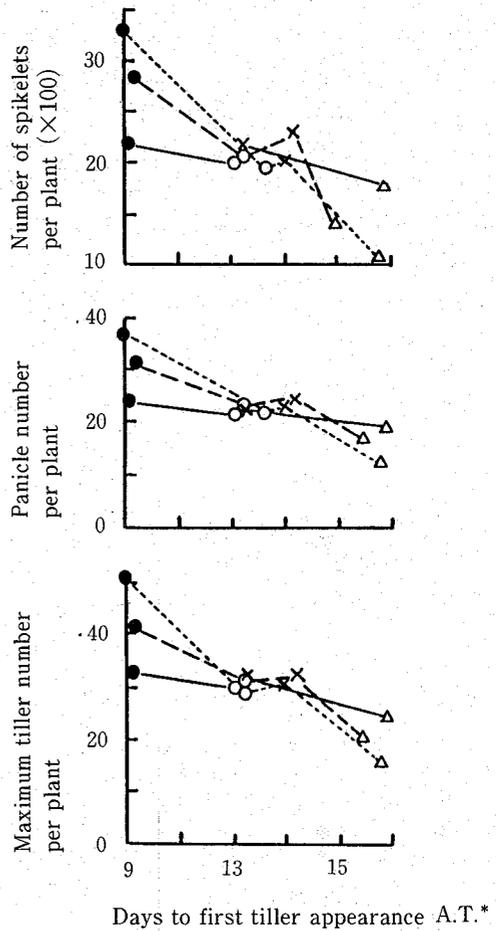


Fig. 6. Relationship between days to first tiller appearance after transplanting and some characters related to yield.

Note) Symbols are the same as those in Fig. 4.

Table 2. Competitive values of top and underground parts of seedlings with different damaged parts for maximum tiller number, panicle number and number of spikelets per plant

Treatment of seedling *	Plot **			Competitive values*** of		
	S	MA	RMA	Total	Top	Underground
(Maximum tiller number)						
CS	32.9	50.9	41.1	18.0	8.2	9.8
LS	29.8	29.1	31.4	-0.7	1.6	-2.3
T3S	24.6	15.8	20.6	-8.8	-4.0	-4.8
RS	32.1	31.0	32.3	-1.1	-0.2	-1.3
(Panicle number)						
CS	23.8	36.6	31.1	12.8	7.3	5.5
LS	21.3	22.0	22.9	0.7	1.6	-0.9
T3S	19.4	12.5	16.9	-6.9	-2.5	-4.4
RS	22.8	23.1	24.5	0.3	1.7	-1.4
(Number of Spikelets)						
CS	2187	3281	2842	1094	655	439
LS	1994	1956	2056	-38	62	-100
T3S	1777	1031	1408	-746	-369	-777
RS	2213	2044	2312	-169	99	-268

* Refer to Table 1.

** S: Four seedlings treated equally were transplanted in a pot at 17×17cm spacing with one plant per hill, MA, RMA: Four seedlings treated differently were transplanted in a pot without and with dividing the soil surface and volume evenly by plastic plate at 17×17cm spacing with one plant per hill, respectively.

*** Total=MA-S, Top=RMA-S, Underground=MA-RMA.

しかし、無処理苗との間に活着日数に4~5日の差がみられた剪葉苗あるいは剪根苗では、単植区との間に生育、収量関連形質にほとんど差がみられなかった。このことから、少なくとも活着日数に数日以上の変異が生じた場合に、苗体の損傷部位や程度による苗間の競合が生じるものと推定した。しかし、この日数については、苗間の距離や移植後の環境条件によって異なるものと考えられ、今後さらに検討を要する。

また、損傷部位を異にする苗（無処理苗、剪葉苗、地上部3cm苗、剪根苗）を隣接株に混植した区を対象に最高莖数、穂数および株当り全穂数に対する苗間の競合を地上部と地下部に分けて検討した。その結果、無処理苗ではこれらの形質に対する地上部および地下部の競合効果は、いずれもプラスの効果のみがみられたが、地上部でやや大きかったのに対して、剪葉、剪根苗の地下部ではマイナスの効果、地上部ではわずかながらプラスの効果のみがみられた。また、地上部3cm苗では地上部および地下部ともにマイナスの効果のみがみられたが、その程度はほぼ等しかった。

要 約

普通期栽培の中生品種、黄金錦の成苗を供試し、無処理苗、剪葉（全葉身剪除）苗、地上部3cm（地上部の基部より3cmの位置で剪除）苗および剪根（全根剪除）苗の4種類の苗を、同一ポット（約1/1000a、内径37cm、深さ33cm）の隣接株（17cmの正方形植、混植A区）あるいは同一株内（5cmの正方形植、混植B区）に移植して、苗体の損傷に基づく活着日数（移植後初発分げつ日迄日数）¹⁾の差が生育、収量関連形質に及ぼす影響について、同一処理苗のみを隣接株に移植した場合（単植区）との比較において検討した。

1) 両混植区とも活着日数は無処理苗<剪根苗=剪葉苗<地上部3cm苗の順に早かった。また、活着日数の増加に伴って、主稈葉数が増加し、主稈止葉展開日および出穂期は遅延したが、単植区にくらべて無処理苗、剪根苗および剪葉苗では出穂期の遅延、主稈葉数の増加が、また地上部3cm苗では逆に出穂期の促進、主稈葉数の減少がみられた。

2) 両混植区とも活着の早い苗ほど最高分けつ数、さらには穂数が優り増収した。また、無処理苗、剪根苗および剪葉苗では単植区とくらべても増収したが、増収割合は剪根苗(24~31%)および剪葉苗(9~40%)にくらべて無処理苗(76~112%)で著しかった。一方、活着が最も遅延した地上部3cm苗では、両混植区において穂数が著しく減少し、単植区にくらべて減収したが、減収割合は混植A区(42%)にくらべて、混植B区(54%)で著しかった。

3) 根圏の大きさを均一に仕切って、各処理苗を隣接株に移植すると、仕切りのない場合にくらべて、活着日数の差異に基づく苗間の競合が緩和され、各処理苗とも単植区に近い生育・収量を示した。これらの結果より、損傷部位を異にする苗間の活着の遅速に基づく生育・収量に対する競合は、地上部と地下部の両者によってもたらされていることが示唆された。

引用文献

- 1) 山本由徳・久野訓弘: 水稻の植傷みに関する研究 第6報 活着日数の差異が移植後の生育と収量関連形質に及ぼす影響. 日作紀, 59, 737-746(1990).
- 2) 松島省三・角田公正: 収量の診断. 戸荻義次・天辰克己編, 最新稲作診断法, p.71-80, 農業技術協会, 東京(1969).
- 3) 渋谷紀起: 稲苗の発根力の日変化. 日作紀, 23, 92-94(1955).
- 4) 手塚隆久・星野孝文・八木忠之: 水稻の混合栽培に関する研究 第2報 地下部の競合と生育との関係. 日作九州支報, 51, 57-59(1984).

(1990年9月29日受理)

(1990年12月27日発行)