

氏 名(本籍) やま 山 もと 本 よし 由 のり 徳

学位の種類 農 学 博 士

学位記番号 農 第 3 6 8 号

学位授与年月日 平 成 元 年 10 月 12 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学位論文題目 水稻の移植における植傷みとその意義に
関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 星川 清親

教授 庄子 貞雄

教授 菅 洋

助教授 高橋 清

論 文 内 容 要 旨

水稻の移植栽培において活着をよくすることは、本田での生育の促進、とくに有効分げつの確保や寒冷地での遅延型冷害の回避等、多くの面において重要である。苗の活着の良否には苗の素質と移植操作による苗の損傷部位や程度、さらには移植後の環境条件が関係していると考えられる。従来、水稻の活着と苗の素質や移植後の環境条件などとの関係について多くの研究がなされている。しかし、そのほとんどは実用的見地からの試験であり、対照区の無いものが多く、また供試苗の個体間の生育のバラツキ等が推定され、実証試験としては不十分である。一方、苗の損傷部位や程度と活着との関係について明らかにすることも重要であるが、この点の研究は少ない。著者は水稻の移植の意義について上記の点を勘案して改めて問いなおし、実験的に前述の活着に関係すると考えられる要因について検討を行ってきた。その中で苗の活着の前段階としての植傷みが活着並びにその後の生育に重要な役割を果たしていることが推定されたので、植傷みに焦点を当てて解析を行った。その結果、水稻の移植における植傷みの発現の様相とその栽培学的意義をある程度明らかにすることができたので、以下に概要を紹介する。

I. 水稻における植傷み発現の様相

根部の損傷程度を異にする苗を供試して、植傷みの発現の様相を水分並びに植物ホルモン生理の面から検討した。

苗の根部の損傷が大きくなるに従って、蒸散/吸水量比が著増することが認められた。これは移植後の吸水量の低下が蒸散量の低下にくらべて著しく大きいためである（第1表）。その結果、移植後の葉身の含水率は苗の断根程度に応じて低下し（第1図）、さらに断根

が著しい場合には萎凋・枯死した。一方、苗体内の植物ホルモン面では移植直後に生長促進物質と阻害物質のバランスが、阻害物質の方に傾くことが認められた（第2図）。移植直後の地上部の生長速度、すなわち葉身および分げつ芽の伸長速度が低下する。いわゆる植傷みは、これらの水分生理、ホルモン生理の変化に伴って発現したものと考えられる。この植傷みは、根部の損傷程度が同一の場合には移植後の環境条件によって異なった。すなわち、移植後の低水温、強日射、浅水管理等により植傷みは助長された。

II. 水稻の苗体の損傷に伴う植傷みと活着並びに初期生育との関係

1. 移植操作の影響

同一条件下で育成した苗について移植区（断根率は乾物重で18%）と非移植区を設けて、移植操作による植傷みとそれからの回復過程について検討した。その結果、苗の断根による一時的な生育の停滞（第3図）は、苗体内の炭水化物含有率および含有量の増加と窒素含有率および含有量の低下を伴うことが認められた（第4図、第2表）。増加炭水化物の主体は可溶性糖類であり、とくに基部の増加割合が大きかった。これらの炭水化物は新根の発生、伸長を促し、地上部では①出葉速度②分げつ発生速度③体内成分含有率④乾物重増加速度の順に回復して、活着が完了した（第3、4図）。

2. 苗の断根程度の影響

無剪根苗～全根剪除苗の5段階の剪根程度を異にする苗を移植して、植傷み程度とそれに伴う活着並びに初期生育への断根程度の影響について検討した。

苗に3cm以上根が残存していれば、植傷み程度の差は小さく、苗体内の炭水化物の増加

量の差も小さかった（第5図）。その結果、活着並びに初期生育への断根程度の影響も小さかった。これに対して、苗の残存根長が3 cm以下となると断根程度に応じて葉身の萎凋が急激に著しくなり、苗体内の炭水化物の増加量は残存根長の減少とともに低下し（第5図）、活着並びに初期生育も劣る傾向がみられた。しかし、全根剪除苗では地上部各器官の澱粉および葉身の蛋白質の分解が急速に進み、茎部の全糖および非蛋白態窒素含有量が著増した。このことはまた、移植に伴う水ストレスに対する一種の浸透調整作用と考えられ、断根の著しい苗の枯死を回避する意義を有しているものと推定された。そして、これらの可溶性物質を新根の生育に優先的に振り向けた結果、移植後の発根（第5図）、さらには活着への断根程度の影響は比較的小さくなった。また、断根の著しい苗においては、活着後に新たに抽出する3～4葉身の長さが短くなって出葉速度が促進され、それに伴って分けつの発生速度が速くなり、初期生育の回復は速くなった。

3. 苗の葉身あるいは地上部剪除程度の影響

葉身（乾物重で0～100%剪除の5段階）あるいは葉鞘を含む地上部（同0～78%剪除の4段階）の剪除程度を異にする苗を移植して、植傷み程度とそれに伴う活着ならびに初期生育への苗の地上部の剪除程度の影響について検討した。

葉身では100%、葉鞘を含む地上部では約50%程度まで剪除されても移植直後の出葉速度は低下せず、植傷みへの地上部剪除の影響は小さかった。また、断根の著しい苗においても地上部の剪除によって移植後の蒸散を抑制すると、出葉速度の低下や発根の抑制といった点は軽減された。しかし、葉身の剪除程度に応じて移植後の苗体内の炭水化物含有率（量）は低下した。さらに、貯蔵（あるいは同化）養分は新葉の生育に優先的に振り

向けられた結果、苗の発根が劣り、活着並びに初期生育は劣った。

以上の1.～3.の結果より、水稻苗は移植に伴う損傷部位に、損傷程度に応じて移植直後の貯蔵（あるいは同化）養分の分配割合を高めて、失われた部位を重点的に回復するものと思われた（第3表）。従って、移植直後の苗の地上部と根の生育は同調的に行われるものではなく、同一葉齢時における発根は断根程度が大きい苗で促進され、剪葉程度が大きい苗では抑制された（第6図）。

これらのことより、植傷みは移植直後の苗地上部の生長を一時的に抑制することにより、苗体内、とくに茎部の可溶性炭水化物含有量を増加させ、新根の発生、伸長を促し、活着を促進させる意義を有しているものと考えられた。

以上の結果をまとめて、断根に伴う植傷みの発現とその回復機構を第7図に図式化した。

4. 苗の蒸散抑制による植傷み軽減効果と活着並びに初期生育との関係

移植時の苗への蒸散抑制剤（OEDグリーン）散布処理や移植後の遮光あるいは深水処理によって苗の蒸散を抑制すると植傷みは軽減されたが、発根並びに初期生育は劣った。植傷みの軽減と同時に発根を促進しうるのは、処理によって苗体内に炭水化物の増加がみられる場合であった。水稻苗の蒸散抑制処理が必ずしも活着および初期生育に有利でない理由としては第8図のような機構が考えられる。従って、従来とられてきた植傷み軽減対策は必ずしも活着および初期生育の促進の上からは有効ではないものと推定された。

Ⅲ. 苗体の損傷に伴う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

1. 活着日数の判定基準の検討

苗の剪除部位および程度を異にする12種の苗を用いて、活着日数を簡便に判定する方法について検討した。その結果、移植後の初発分げつ迄日数と移植後の発根および初期生育との間に非常に高い有意な負の相関関係がみられたことから、初発分げつ迄日数は活着日数の指標として最も適しているものと考えた（第9図）。また、この指標を用いて検討した結果、活着日数は苗の剪除部位に関わりなく個体当りの剪除割合が高いほど遅延した。

2. 活着日数の差異が移植後の生育並びに収量関連形質に及ぼす影響

苗の剪除部位および程度を異にする苗について、数年にわたって活着日数（初発分げつ迄日数）の差異が本田での生育と収量関連形質に及ぼす影響について検討した。その結果、活着日数の増加に伴って主稈の最終葉数の増加および出穂期の遅延などが認められた（第4表）。また、活着の遅れた苗ほど移植後初期の生育は劣ったが、活着後の生育速度は速くなり、全根あるいは全葉身剪除苗においても出穂期迄に無処理苗の約90%まで生育が回復した。活着日数と最高分げつ数および穂数との間には有意な負の、また1穂重との間には有意な正の相関関係がみられた（第4表）。その結果、株当たり穂重に対する苗の剪除部位および程度の影響は小さくなった（第4表）。

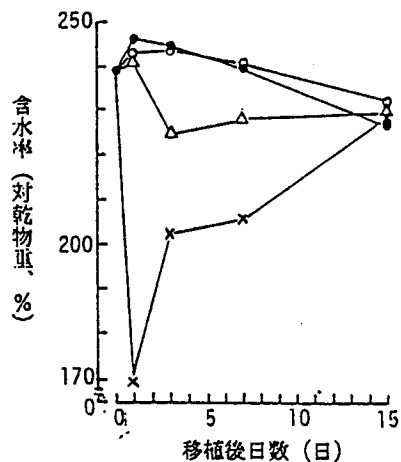
以上のことから、苗体の損傷に伴う活着日数の延長は総乾物生産量や穂数等の収量構成要素の減少をもたらすが、種々の補償作用によって最終的に収量への影響は小さくなることが示された。しかし、早植や晩植および晩期栽培、さらには素質の劣る苗では活着日数の遅延に伴う穂数の減少割合に対応した1穂重の増加がみられず、株当たり穂重は活着日数に応じて減少した。従って、このような場合には移植に伴う苗体の損傷を小さくして、活着の促進を計ることが増収上重要である。

第 1 表 苗の根部状態が吸水量と蒸散量に及ぼす影響

処理区	測定開始後0-2時間			測定開始後2.5-4.5時間			測定開始後5-7時間		
	吸水量*(cc)	蒸散量*(mg)	蒸散/吸水	吸水量(cc)	蒸散量(mg)	蒸散/吸水	吸水量(cc)	蒸散量(mg)	蒸散/吸水
土付き苗	0.083 (100)**	0.118 (100)	1.42	0.083 (100)	0.101 (100)	1.22	0.081 (100)	0.089 (100)	1.10
根洗い苗	0.037 (45)	0.124 (105)	3.34	0.084 (101)	0.129 (128)	1.53	0.078 (96)	0.095 (107)	1.22
剪根苗	0.007 (8)	0.090 (76)	12.86	0.004 (5)	0.069 (68)	18.75	0.041 (51)	0.062 (70)	1.52

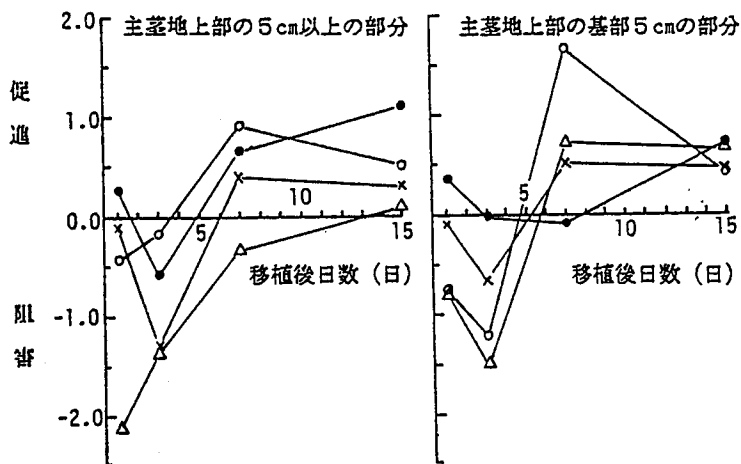
*吸水量と蒸散量は個体当たり、1時間当りの値。

** () 内の数字は土付き苗 (= 100) に対する比数。



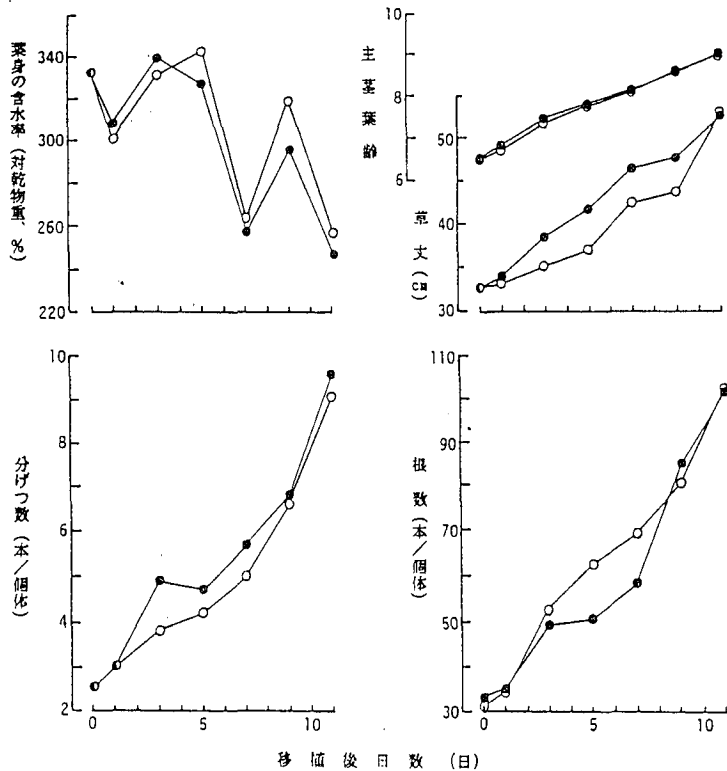
第 1 図 移植後の主茎葉身の含水率の推移

注) ●: 非移植区、○: 無剪根区
 △: 2cm根区、×: 全根剪除区



第 2 図 移植後の生長促進物質と阻害物質の変化

注) 図中の記号は第 1 図と同じ。

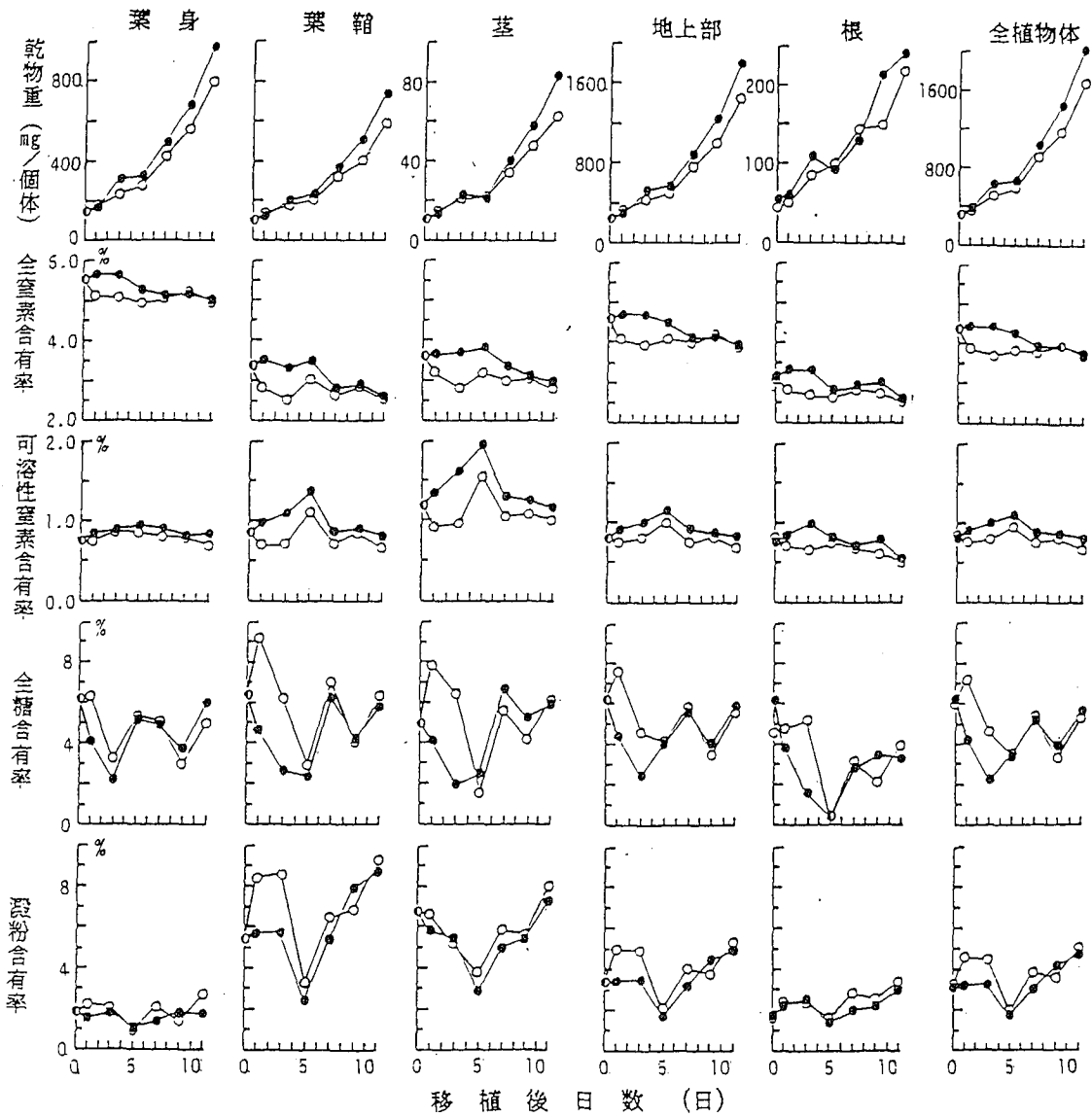


第 3 図 移植後の主茎葉身含水率と地上部および根の生育の推移
 注) ●: 非移植区、○: 移植区

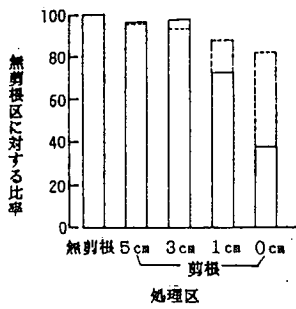
第 2 表 移植区の器官別乾物重並びに成分含有量の推移 (非移植区 = 100)

移植後 日 数	乾物重並 びに成分	器 官*					
		LB	LS	S	Top	R	WP
1 日目	乾物重	104	107	114	106	83	102
	全窒素	94	86	101	92	70	89
	可溶性窒素	94	78	78	86	70	83
	全糖	159	210	216	184	105	172
	澱粉	145	158	129	153	94	146
3 日目	乾物重	76	86	92	81	79	81
	全窒素	69	65	71	68	65	68
	可溶性窒素	75	55	55	65	54	63
	全糖	112	200	314	156	267	170
	澱粉	89	128	89	114	77	109
5 日目	乾物重	84	90	99	87	110	90
	全窒素	79	79	83	79	104	81
	可溶性窒素	76	73	78	75	100	77
	全糖	84	111	60	90	110	90
	澱粉	82	122	130	108	138	111

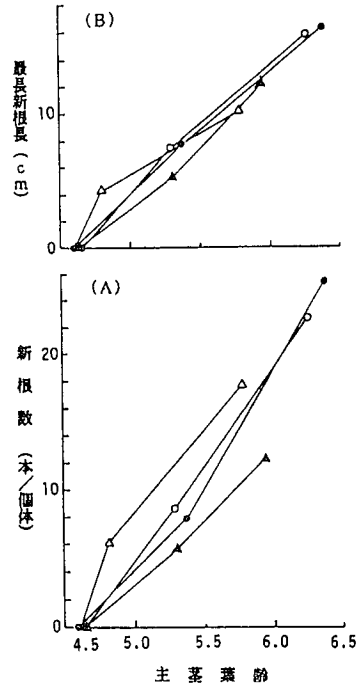
*LB: 葉身、LS: 葉鞘、S: 茎、Top: 地上部、R: 根、WP: 全植物体



第 4 図 移植後の器官別乾物重と体内成分含有率の推移
 注) 図中の記号は第 3 図と同じ。



第5図 移植後1週間目における葉鞘+茎の全炭水化物含有量と新根発生数(無剪根区=1.00)
 注1) ———: 全炭水化物、-----: 新根発生数
 2) 剪根区の数値は(cm)は移植時の苗の残存根長を示す。



第6図 移植後の主茎葉齢と新根数(A)および最長新根長(B)との関係
 注1) ●: 非移植区、○: 移植区、▲: 剪葉移植区、△: 剪根移植区

第3表 苗の器官別剪除割合と移植後1週間の各器官への乾物分配率

処理区	苗の器官別剪除割合(%) ⁴⁾				移植後0~7日目の乾物分配率(%)			
	葉身	地上部	根	個体	葉身	葉鞘+茎	地上部	根
無処理	0.0	0.0	0.0	0.0	40.5	42.5	82.8	17.2
下位葉剪除 ¹⁻¹⁾	13.2	8.1	0.0	6.9	41.0	40.7	81.7	18.3
半葉剪除 ¹⁻²⁾	42.9	26.5	0.0	22.4	45.5	36.0	81.6	18.4
上位葉剪除 ¹⁻³⁾	45.9	28.3	0.0	23.9	48.0	34.6	82.7	17.3
全葉剪除 ¹⁻⁴⁾	100.0	50.6	0.0	42.8	73.1	25.8	98.9	1.1
地上部 ²⁾ 15cm	49.8	30.7	0.0	25.9	51.8	35.1	86.9	13.1
〃 9cm	79.7	51.7	0.0	43.7	71.8	21.8	93.5	6.5
〃 3cm	100.0	77.7	0.0	65.7	33.3	-66.2	-32.8	-67.2
剪根 ³⁾ 5cm	0.0	0.0	48.3	7.5	35.8	44.4	80.1	19.9
〃 1cm	0.0	0.0	74.6	11.5	35.7	43.3	79.0	21.0
〃 0cm	0.0	0.0	100.0	15.4	31.7	38.5	70.3	29.7
(全葉+全根)剪除	100.0	50.6	100.0	58.2	58.2	9.1	67.3	32.7

注1-1) 主茎の第2, 3, 4葉身をカラーの位置で剪除。

1-2) 全葉身の先端より約半分を剪除。

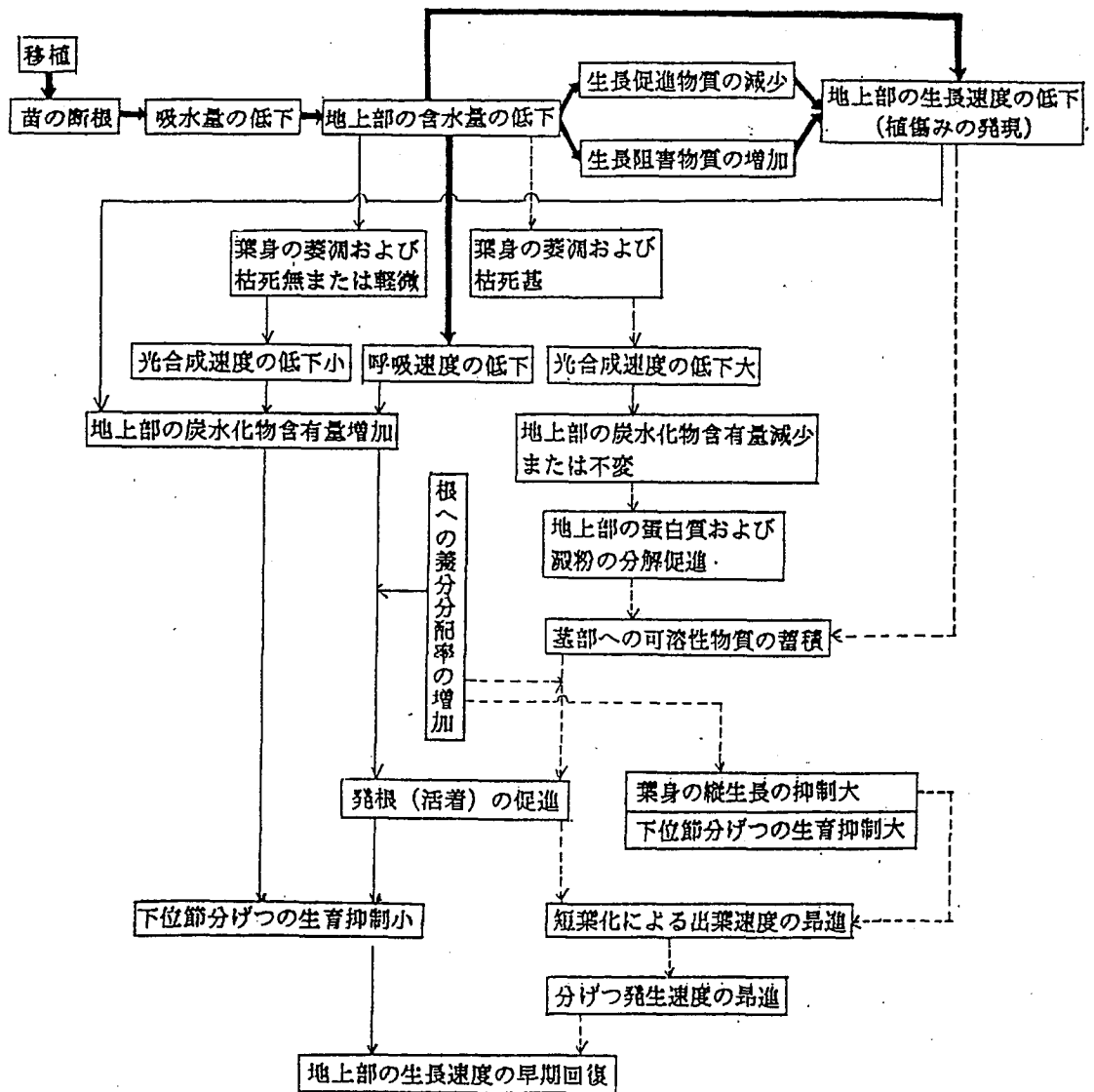
1-3) 主茎の第5, 6葉身をカラーの位置で剪除。

1-4) 全葉身をカラーの部分で剪除(但し、抽出中の葉身は1葉位下位の葉のカラーの位置で剪除)。

2) 地上部を基部よりそれぞれ15, 9, 3cmの位置で剪除。

3) 全根を基部よりそれぞれ5, 1, 0cmで剪除。

4) 乾物重による剪除割合

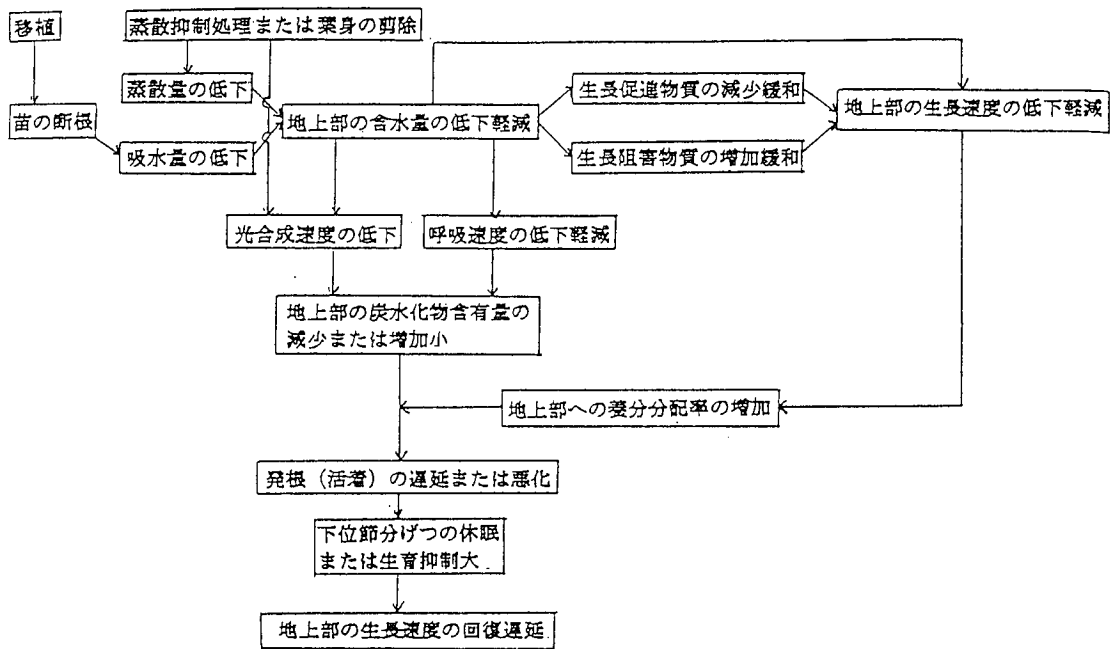


第 7 図 水稻苗の断根に伴う植傷み発現と活着並びに初期生育との関係

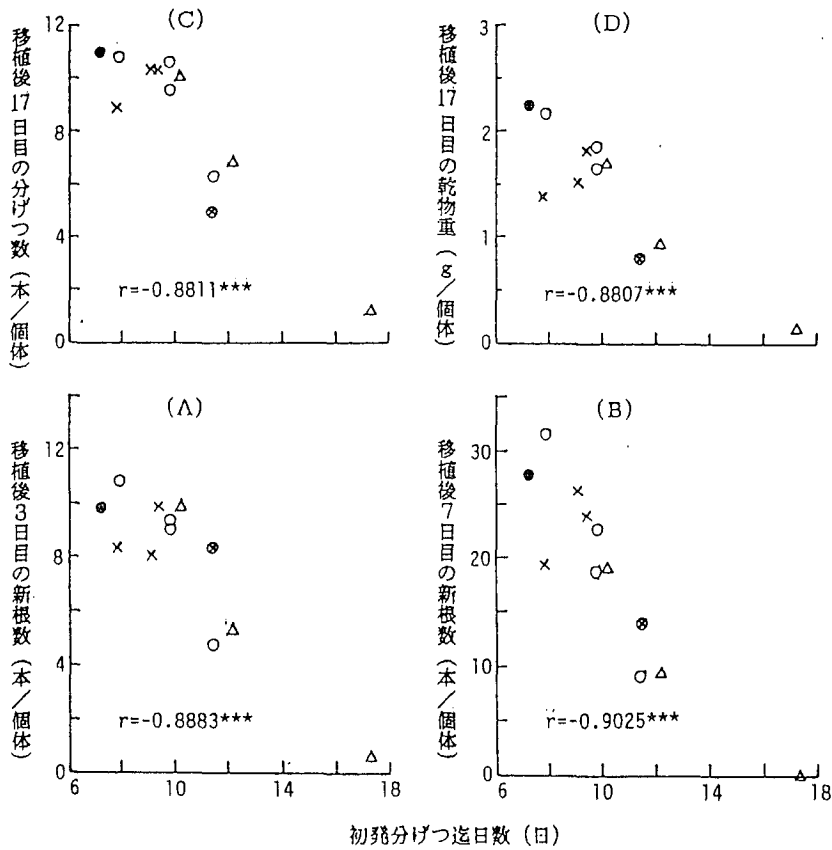
注) ——: 苗の断根程度に関わりなくみられる経路

-----: 苗の断根程度が軽度の場合の経路

.....: 苗の断根程度が強度の場合の経路



第 8 図 水稲苗の蒸散抑制処理が活着並びに初期生育に及ぼす影響



第 9 図 移植後初発分けつ迄日数と移植後 3 日目 (A)、7 日目 (B) の新根発生数
および移植後 17 日目分けつ数 (C)、乾物重 (D) との関係 (1982 年)

注) ●: 無処理区、○: 剪葉区、△: 地上部剪除区、×: 剪根区、
⊗: (全葉+全根) 剪除区 (第 2 表参照)
***は 0.1% 水準で有意であることを示す。

第 4 表 活着日数と生育並びに収量関連形質との関係 (r)

形 質	1981年 (n=11)	1982年 (n=12)
主稈止葉展開日	0.8235**	0.9332***
株当り出穂始日	0.8327**	0.9481***
主稈葉数 (枚)	0.8503***	0.9293***
平均出葉速度 (葉数/日)	0.8119**	0.8529***
主稈総抽出葉身長 (cm)	0.7580**	0.8453***
稈 長 (cm)	0.9198***	-0.0678
最高分けつ数 (本/株)	-0.7310*	-0.6243*
穂 数 (本/株)	-0.8757***	-0.6092*
1 穂重 (g)	0.9019***	0.7319**
穂 重 (g/株)	-0.2741	0.2081
わら重 (g/株)	0.0186	-0.9095***
全 重 (g/株)	-0.1144	-0.8529***
穂重/わら重	-0.2277	0.9108***

注) 普通期栽培 (品種: 黄金錦)

*, **, *** はそれぞれ 5%, 1%, 0.1% 水準で有意であることを示す。

審査結果の要旨

水稲苗が移植される時の器官の植え傷みは、活着やその後の生育に影響する。しかし従来植え傷みについての直接的研究はほとんどなされていなかった。そこで植え傷みがどのような状態で生ずるかを調べ、種々の程度の植え傷みを人工的に損傷を与えることによって作出し、苗が活着に至る間における生理的・形態的反応をくわしく調べた。

根の植え傷み（切断）は、吸水量の低下により苗体含水量を減じ、ホルモンの生育阻害系物質を増し、そしてそのために炭水化物含量が増え、やがて新根、新葉、新分げつ発生が促進され、しだいに乾物重増加速度も増すという、回復、活着の機構が明らかにされた。

根の損傷（切断）は、基部から3 cm残っておれば植え傷みの悪影響は少ないこと、また損傷がよりひどい場合も、茎部の糖・窒素含量を増すことによって、やがて新根発生を促し、また新葉が小さくなることを通して、出葉速度を増し、初期生育を回復してゆく機構についても明らかにされた。

地上部の損傷は、50%迄の剪葉は、後の出葉速度に影響が少なかった。地上・地下部共に損傷が大きいと、炭水化物が新葉形成に主に用いられ、発根が劣り、活着・初期生育が劣った。また植え傷み苗に蒸散抑制処理を種々試みたが、炭水化物含量が増す場合に限り、発根・活着を良くすることができた。

これらの結果から、移植直後の地上部生長が一時的に抑制される植え傷みは、それにより茎部の炭水化物含量を増して、新根発生を促し、活着を促進させる意義を有していることが判明した。

移植後初分げつ迄の日数が、発根と高い相関があることを見たので、これを活着日数の指標とし、種々の植え傷み程度の苗を用いて温暖条件化で、活着日数と本田での生育・収量形質との関係を調べた。活着日数は総乾物重・穂数とは負の相関であったが、一穂重との間には正の相関が得られた。この結果、植え傷みの部位や程度は、株当たり穂重つまり収量への影響は、大きいものとはならないことが推定された。

これらの研究結果は、植え傷みの実相を、部位別・成分別に、具体的に数値として初めて解析し、それをもとに植え傷みが移植から活着、さらにその後の生育・収量に至るまでに及ぼす意義を明らかにした点について、作物学に優れた業績であると評価できる。

よってこの論文を農学博士の学位授与に値するものであると判定した。