

乳苗の出芽器内緑化育苗法と機械移植適応性*

斎藤満保・後藤雄佐**・松森一浩・山本由徳***

(宮城県農業短期大学・**東北大学農学部・***高知大学農学部)

1995年1月31日受理

要 旨 乳苗の育苗を出芽器内だけで完結させる育苗法に、緑化過程を取り入れる方法を開発し、その緑化苗の特質と、水田に機械移植した時の植え付け姿勢を調べた。水稻ササニシキを2種類の培地 (I, II 区) を用い、31°C の出芽器で4日間育苗した。育苗は、積み重ね方式で出芽させ、播種後約30時間で棚(間隔14 cm)に積みなおした。棚積み後に、光を通さない保温カバーのままの暗区と、透明エアークャップシートで作った保温カバーに替えて補光した光区とを設けた。光区の保温カバーは、真横から補光すると光が散乱し、出芽器内全体が明るくなった。光区では第1葉と第2葉葉鞘 (LS2) は淡緑色、第2葉葉身 (LB2) が濃緑色の「緑化苗」を得ることができた。光区の苗の草丈は、LS2 長の影響を受け暗区の苗と同じかやや短くなった。しかし、LB2 は同じか長く、光による伸長抑制は認められなかった。光区の苗は硬く弾力があるのに対し、暗区ではやや折れやすい感触であった。また、培地が異なることで、草丈など苗形質に差が現れた。II 区の草丈は、機械移植に必要とされる6 cm 以上を確保できたが、I 区では5 cm ほどであった。このように全面的に胚乳養分に依存していると考えられる初期の4日間の育苗でも、肥料だけでなく培地の素材も影響を与えることが推察され、乳苗育苗において移植に必要なマット強度以外でも培地素材の重要性を指摘した。水田での植え付け姿勢は、草丈が短いにもかかわらず光区の方が暗区より良かった。これは、緑化により苗の弾力性等の物理的形質が向上するためと考えた。

キーワード : 育苗培地、機械移植適応性、出芽器内育苗法、出芽苗、苗の物理性、乳苗、補光、緑化苗。

A Method of Greening of Nursling Seedlings in a Nursery Chamber and Adaptability for the Transplanting Machine: Mitsuo SAITO, Yusuke GOTO**, Kazuhiro MATSUMORI and Yoshinori YAMAMOTO***
(Miyagi Agricultural College, Sendai 982-02, Japan; **Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai 981, Japan; ***Faculty of Agriculture, Kochi University, Nankoku 783, Japan).

Abstract : A method of greening of nursling seedlings raised in nursery chamber, characteristics of these seedlings and transplanting accuracy to paddy field were investigated. Rice cultivar Sasanishiki seed was sowed on two types (I,II) of culture media which had different materials and amounts of fertilizer applied. It was raised in a nursery chamber kept at 31°C for 4 days. Nursery boxes were treated by applying the piling-method, then re-piled up on the two nursery chambers' shelves at intervals of 14 cm at 30 hours after sowing. One nursery chamber was kept warm using a light-proof cover (dark section). The other was kept warm using a clear air-cap-sheet (light section). The nursery chamber of the light section was lighted by artificial light. As this treatment made leaves green, this seedling could be called "green nursling seedling". Plant height of the light section was equal to or shorter than that of the dark section, but second leaf blade length was the opposite. Seedlings in the light section were hard and elastic. Nursling seedling raised on type II medium grew more than the 6 cm in length required for the transplanting machine. Although the endosperm would be enough for 4 days' raising after sowing, the difference in culture medium influenced the seedling's characters. So, consideration of the culture medium's materials is important. Transplanting accuracy of the light section's seedlings was better than the dark's. Judging from these results, greening will improve the physical characters of seedlings.

Key words : Adaptability for transplanting machine, Culture medium, 4-day rice nursling seedling, Green nursling seedling, Method of nursling seedling in nursery chamber, Nursling seedling, Physical character of seedling, Supplementary illumination.

筆者らはすべての育苗行程を出芽器内だけで完了させる方法を考え、当初、その苗を出芽苗と呼んだ⁶⁻⁸⁾。1987年と1988年とに行った予備試験により、出芽器内温度30~32°Cで、3~5日育苗したものが有効であると判断し、それらの苗に絞って実験を進めた。そこではそれらの苗をその育苗期間により3日苗、4日苗、5日苗と呼んだ。

このような苗について葉齢を用いて齢を表すことは後述するように無理があると考えられるが、強いてこれらの苗の葉齢を示せば3日苗は1.2~1.5、4日苗と5日苗は1.8~2.2にあたり4,5日苗は、現在呼び名として広く用いられている「乳苗」の範疇^{1,3)}にはいる。このため、今後の混乱を避けるために、「出芽苗」については「乳苗」と呼び、その育苗法を出芽器内育苗法と呼ぶことにした。

* 大要は第198回講演会(1994年8月)で発表。

1989~1991年に、3日苗と4日苗とを用いて、寒

冷地における移植の早晚と収穫時期・収量との関係を調べ、実用化の可能性を示した⁸⁾。さらに、ここでは、特に有望と考えられる4日苗を用いた場合の、移植・収穫作業の时期的分散化について考察した。その実験では、緑化していない淡黄白色の苗を用いたが、それらの苗は、活着に時間がかかる傾向はあったものの、特に顕著な障害は認められなかった。しかし、移植時に低温に遭遇したときに、緑化していない苗の一部で第2葉が緑色とならないいわゆる「白化苗」が見られた。また、淡黄白色の苗は、移植後、緑色となるまでにある程度の時間が必要で、活着力を向上させるために、育苗行程に緑化過程を入れることの課題が残された。

一方、出芽後すぐに光を当てた場合、草丈が十分に伸びない恐れもあるが^{注1)}、500 Luxの光条件下で育苗しても、苗の伸長は抑制されないことから¹²⁾、3～5日の育苗期間でも緑化過程を取り込むことは可能と考えた。

1993年に、出芽器内育苗法における緑化に関して、いくつかの予備試験をしたところ、次のような問題点が明らかになった。すなわち、市販の棚式出芽器を用いたが、付属の緑化用ビニールカバーでは保温力が弱く、寒冷地では器内を30～32℃に保つことが困難であった。また、農家の作業場（下屋等）を想定して、作業室の窓に近いところで育苗したが、光が弱く、周縁部だけが緑化され、育苗器中央部までは十分な光が届かなかった。

そのような問題点を解決すべく、育苗器のカバーとするのに適した素材シートを探し、いくつかの試験をしたところ、透明エアークャップシートで製作した保温カバーが保温力が高く、光を効果的に通すことがわかった。そこで、本報では、このカバーを用いた出芽器内育苗における緑化法について紹介するとともに、得られた緑化苗の特質を明らかにするために、例として機械移植適応性についての結果を考察し、これに基づいて今後の作物学的な検討課題を示した。

材料と方法

水稻、品種ササニシキを用いた。十分に浸漬吸水させた粳を、約32℃の水中で10時間程度保って催芽させ、1994年5月2日に、乾粳で200g相当の催芽粳を育苗箱（内寸28×58×3cm）に播種した。本

注1) 石川県農業総合試験場 1993. 乳苗移植精度の向上技術。水稻栽培試験成績書。石川県。66—69。

実験で目標とした苗は、育苗期間が3～5日間と短く、この時点でのルートマットの形成は不十分である。従って、苗箱から移して機械で移植するためには、何らかの形で培土の形を維持しなくてはならない。さらに、機械移植の作業効率も考え、現在、容易に入手でき実用化できると考えられる培地は次の2種類であり、それら培土によりI区とII区とを設けた。I区は、ケイ酸カルシウム成型培地^{注2)}（無肥料）を用い、覆土には肥料を含む水稻育苗用粒状培土^{注3)}を、1箱当たり0.9kg使用した。それによる施肥量は1箱当たり成分で窒素0.4g、リン酸0.9g、カリ0.8gである。II区は育苗箱の底に高吸水性樹脂^{注4)}（含窒素成分0.5g）を敷き、同粒状培土1.4kgを詰めて床土とし、覆土はI区と同じくした。施肥量は1箱当たり成分で窒素1.6g、リン酸2.2g、カリ1.9gである。

出芽器に入れる前に、育苗箱全体を出芽器内の温度31℃と近い温度にするために、床土に約40℃の湯を灌水してから播種した。供試箱数は32箱とし、31℃に設定した出芽器内に積み重ね、約30時間出芽させた後に、光、暗各区に16箱ずつ分割して棚積みにした。棚は、通常の2段分に当たる14cmの間隔とした。棚積み後の光条件は、透明保温カバーを用い、さらに後述するように補光した光区と、ほとんど光を通さない保温カバーを用いた暗区とである。なお、器内の温度は両区ともに31℃とした。

光区の保温カバーは透明エアークャップシートで製作したが、これは保温力が強く、さらに円形のエアークャップなので光が散乱し、出芽器内全体が明るくなった。出芽器は作業室の半透明ガラスの窓の側に置いたが、午前5時から午後7時まで、300Wの屋外作業灯で、光が出芽器中央部まで通るように、真横から補光した（第1図、第2図）。このため、出芽器内の、日中の照度は50Lux以上となった。ただし、光は測定方向や時間、場所によって大きく値が変わり、作業灯が直接当たる方向では250～300Lux以上であった。

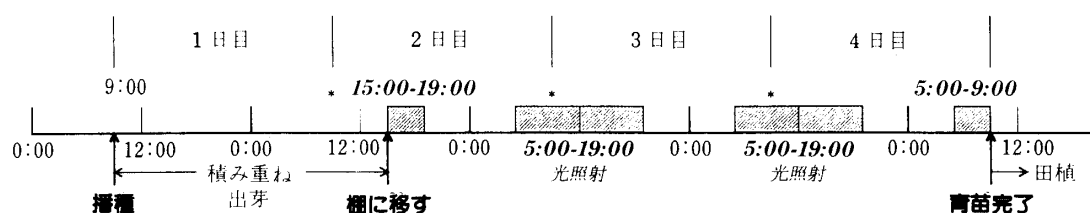
各苗の機械移植適応性は、実際に田植機により水田に移植することにより調べた。使用した田植機は乗用4条タイプ^{注5)}で、一般的な棒爪を用い、横送り26回、縦掻き取り11mmとした。

注2) 商品名：チビッコパワーマット。

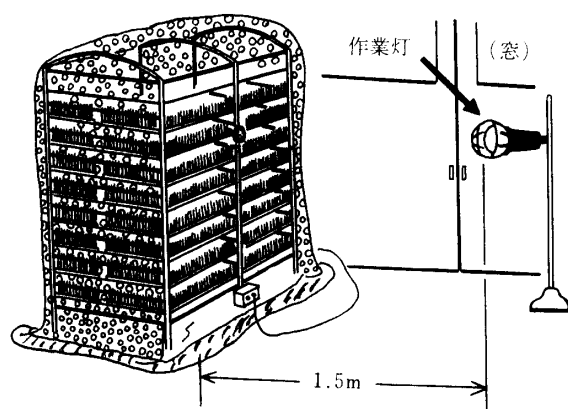
注3) 商品名：くみあい粒状培土 K。

注4) 商品名：三洋育苗シート。

注5) ヤンマー Pe4D-50ST。



第1図 4日苗・照射区の育苗方法.



第2図 光区の出芽器の状態.

正面のカバーは、内部の描写のためはずしてある。
一段おきの棚積み。

調査は、水田に植え付けられた株を、1条につき約5m (30~33株) ずつ掘り取り、苗がどのような状態で植え付けられたのかを調査した (各4反復)。

結 果

4日間の育苗により得られた苗は、第1表および第3図に示すように、おおむね第2葉葉身 (LB2) が第1葉 (L1) より抽出完了し、第2葉鞘 (LS2) が伸びている状態であった。第2表に、その茎葉部の長さを示した。

I, II区とも、光区ではL1とLS2は淡緑色、LB2は濃緑色を呈する、いわゆる「緑化苗」が得られた。この、緑化の程度は、出芽器内のどの棚においても、また、育苗箱のどの部分においてもほぼ均一であった。

LB2が抽出完了した固体の割合は、I区よりII区の方が高く、両区とも暗区より光区の方が高かった (第1表)。LB3が出現開始した固体の割合も、I区よりII区の方が高かったが、暗区と光区との比較では、II区において逆に暗区の方が高い割合となった。

第2表に示したすべての葉部の長さについて、光

第1表 第2葉および第3葉の抽出展開の状態.

	LB2 抽出完了 個体割合 (%)	LB3 出現開始 個体割合 (%)	LB3 抽出長* (mm)
I 光区	95.8	26.7	-3.7±5.7
II 暗区	80.4	7.9	-4.4±3.3
II 光区	99.2	70.0	2.6±5.6
II 暗区	96.6	83.3	2.5±2.6

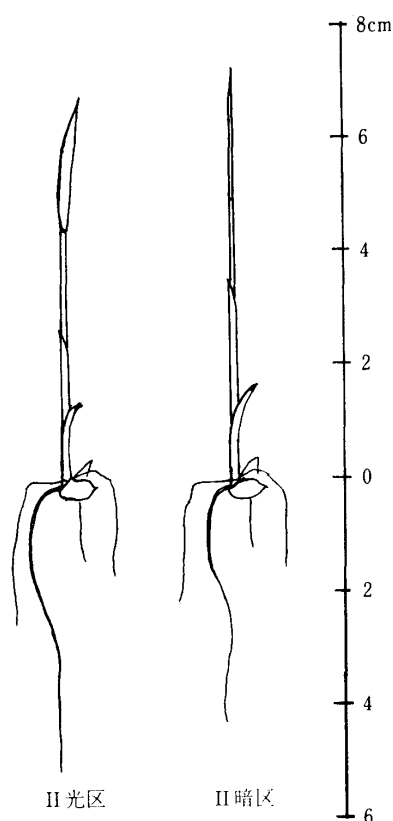
* LS2より抽出した部分の長さ、未抽出の場合はL2カラー部よりの長さを負の値として測定した：平均値±標準偏差。

区、暗区それぞれII区の方がI区より長かった。光区、暗区の比較では、鞘葉とL1、LS2とは暗区の方が長い傾向がみられたが、LB2は同じ (II区) か暗区の方が短かった (I区)。すなわち、初期に生長する部分では光が伸長を抑制する傾向にあるが、LB2ではそれが認められなかった。

II区の平均的な苗 (第3図) のLB2長は光区と暗区とではほとんど同じであったが、外観は大きく異なった。すなわち、光区ではLB2が展開して緑色となっていたが、暗区ではLB2は淡黄白色で、細く針のように巻いていた。また、さわったときの感触が、光区の苗は硬く弾力があるのに対し、暗区の苗はやや折れやすい感じがした。

草丈は、I区では光区と暗区とで差がほとんどなかったが、II区では暗区の方が光区より高かった。この場合、草丈は第2葉の長さと同義であるが、第2表のLS2とLB2の長さは、LB2が抽出完了した個体について求めているため、これらの和と草丈とはほぼ同じではあるが一致してはいない。I区、II区ともに、LS2は暗区の方が長く、LB2長が同じII区ではLS2の差がそのまま草丈の差となった。一方、I区では、LB2長は光区の方が長く、草丈に差がなくなった。

苗の種子根と冠根との状態を第3表に示した。I区とII区に共通する形での、光による根への影響は認められなかった。培地による影響については、種子根はI区よりII区の方が長かった。冠根について



第3図 4日苗の姿, II区.

は,特に種子根長の短かったI光区において,冠根数は他区より約1本多かったが,各冠根長は他区よりは短かった。

次に,苗の機械移植適応性について検討するために,水田に移植された株を掘り取り,その植え付け姿勢を調べて第4表に示した。掘り取り調査の際,地上から株が認められなくとも,該当する場所を丁寧に掘り取り,慎重に調査した。

1株当たりの苗数は,計算上は6~7本であるが,実際には最多で13本のものも見られ,多くは4~9本の範囲にあった。植え付け姿勢の判断は,やや主観的なものとならざるを得なかったが,真っ直ぐに植え付けられ,しかも,苗の基部から約1cmは地中に安定して埋まり,LB2の半分以上が地面上に出ていた苗を「良好な状態」で植え付けられた苗とした。この,個体ごとの状態を基に,以下の田植機移植による株としての植え付け基準を設けた。

「良」は,株の中で,半数以上の苗が良好な状態で植え付けられていたもの,「やや良」は株の中に,良好な状態で植え付けられた苗が少なくとも1本はあるが,それが株内の半数に満たなかったもの,「不良」は株として移植されてはいるが,その株の中に良好

第2表 苗茎葉部の形質 (mm)。

	草丈	鞘葉長	L1長	LS2長	LB2長
I光区	52.4 ^{c*}	13.3 ^c	21.6 ^d	33.5 ^d	19.4 ^b
II暗区	53.3 ^c	13.9 ^{bc}	27.8 ^b	38.0 ^c	17.1 ^c
II光区	65.4 ^b	14.8 ^b	24.8 ^c	42.9 ^b	22.7 ^a
II暗区	71.5 ^a	15.7 ^a	32.9 ^a	49.9 ^a	22.4 ^a

* アルファベットが異なるものは,有意な差があることを示す (P=0.05: FisherのLSD法による)。

第3表 苗の根の形質。

	種子根長 (mm)	冠根数 (本)	最長冠根長 (mm)	総冠根長 (mm)
I光区	24.2 ^{d*}	4.4 ^a	20.2 ^c	50.6 ^{ab}
I暗区	32.2 ^c	3.3 ^b	22.8 ^b	49.1 ^b
II光区	51.3 ^a	3.3 ^b	25.8 ^a	56.0 ^a
II暗区	44.0 ^b	3.1 ^b	22.6 ^b	45.7 ^b

* アルファベットが異なるものは,有意な差があることを示す (P=0.05: FisherのLSD法による)。

な状態で植え付けられた苗はなく,埋没した株や不完全な植え付けにより倒れてしまった株などが含まれる。「欠株」は苗が存在しない状態を指す。

培地による影響を見ると,I区よりII区の方が植え付け姿勢は良かった。また,光の影響を同じ培地で比較すると,I区においては「不良」と「欠株」の率はほとんど同じであったが,「良」の率は光区の方が高かった。II区においても,「良」の率は,光区の方が高かった。

考 察

1. 培地の素材について

現在の田植機による移植に,最低限必要とされている苗の草丈は6cm^{11,注6)}~7cm²⁾とみなされている。II区においては,光区と暗区,どちらにおいても,現在の機械移植に最低限必要と考えられる苗の草丈6cmを確保できた。しかし,I区では6cmに達していなかった。I区のLS2はまだ伸びきった状態ではなく,時間をおけばこれらも6cmを越すものと考えられるが,4日間で育苗した苗の草丈は,現在の田植機移植には不足すると考えられる草丈であった。このことが,I区において,II区よりも植え付け姿勢が劣った直接の原因と考えられる。

注6) 津賀幸之介・小西達也・吉田清一・千葉哲朗・柿沼昭次 1992. 乳苗の田植機適応性(第3報). 生研機構農業機械化研究所。

第4表 田植機移植による植え付け姿勢 (%).

	良*	やや良	不良	欠株
I 光区	76.7±1.7**	8.1±0.9	9.0±1.8	6.3±0.9
I 暗区	55.3±5.2	29.5±0.8	9.8±3.1	5.3±1.9
II 光区	96.6±1.4	3.4±1.4	0.0	0.0
II 暗区	89.4±3.4	4.1±1.6	4.9±2.1	1.6±1.0

* 良, やや良, 不良の判断基準は本文中に示した.

** 平均値±標準誤差.

本実験では, 床土に用いた培地の素材だけでなく, 施肥量も I 区と II 区とで異なる. このため, I 区と II 区との草丈の差が生じた原因を一つに絞り込めないが, 施肥の有無で見られる範囲での草丈の差⁹⁾よりも大きな差が現れたと考えられる.

根については, 同じ素材の培地を用いた場合, 施肥量の多い方が種子根の伸長は遅く, またその最終的な長さが短くなる傾向が認められている⁹⁾. 本実験では II 区の方が施肥量が多いことから, I 区で種子根長が短いのは施肥量の差によるものではなく, 主に培地の素材に原因があるものと考えられた. 本実験では扱わなかったが, I 区の培地で 5 日間育苗すると II 区 (4 日育苗) で得られた以上の草丈の苗となり, 実用上問題はなかったことから, 培地に依存する何らかの要因で苗の生育が遅れたものと考えられた. 胚乳養分に依存した生長をする初期のわずか 4 日間の, しかも温度を厳密に管理された育苗においても, 茎葉部だけでなく, 根にも培地の素材の影響が強く現れていることは, 今後の培地等の開発に大きな可能性のあることが示されている.

2. 乳苗の齢の表し方について

LB2 の抽出完了個体割合と LB3 出現状態から, I 区より II 区の方が苗の齢は進んでいると考えられる. また, I 区では光区の方が苗の齢がやや進んでいると見られるが, II 区では判断できない.

葉身先端部が, その葉の前位の葉鞘から抽出していることに関しては, 一般に, その幼葉の時から葉身先端は前位の葉鞘より抽出しており, 先端部が抽出したまま, その前位の葉鞘と同調して葉身が伸長することが知られている¹⁰⁾.

このことに関し, L3 のような初期の葉についての詳細な知見はないが, 育苗において, LS2 と LB3 とは同調して伸長すると考えられてきた. したがって, I 区の個体の多くで見られるように LB3 が全く抽出していないことは, LS2 の急激な伸長により LS2 と LB3 との同調的生長が破られたものと考えられ

る. 葉身の伸長を伴わずに, 葉鞘だけがこのように急激に伸長することは, 胚乳の養分に依存している時だけに起こることなのか, 他の条件でも起こり得る現象なのか, 今後の解明が必要である.

しかし, 現時点で考えられることは, このような生長を行っている個体について, その齢を表すのに葉齢を用いることは適切でないということである. すなわち, LB2 が抽出完了した後も LS2 が伸長を続け, また LS2 の L1 から抽出する部分の LS2 が比較的長く, かなり長い時間 LS2 の抽出が続く. さらに, LB3 の抽出開始までに時間がかかることから, 葉齢 2.0 の状態が長く続くことになり, 「葉齢」の連続性が切れてしまうからである.

従って, 葉齢以外の方法で, 乳苗の齢を示すことが望ましいと考えられるが, 現在有効な方法が見あたらない. 本論文では, 第 2 葉の抽出完了と第 3 葉の出現程度を調べ, また第 3 葉の伸長様式に興味ある現象を見いだしたが, 直接, 齢を表す形には結びついていない. 育苗現場で利用できる形での齢の表し方を作るには, さらに研究と工夫が必要である.

3. 乳苗の緑化の効果について

I 区, II 区ともに光区の方が植え付け姿勢が良かったことに関して, 草丈は, I 区では光区と暗区でほぼ同じで, また, II 区においては光区の方が短かったため, 草丈以外で植え付け姿勢に影響を与える要因があると考えられる.

移植作業において, 感覚の問題ではあるが, 明らかに, 光区の苗の方が弾力のある硬さが感じられた. この, 弾力は, 作業的にも安心感を与えるものであるが, 現段階では数値化できないこのような物理的な要因が, 植え付け姿勢に影響を与えていると推測した.

乳苗, 少なくとも出芽器内育苗による乳苗では, 短期間に一定以上の草丈を得ようとするために, 従来の稚苗や中苗の育苗と比較すれば, 強制的に徒長状態の苗を作り出していることになる. また, それだけの徒長をさせても, 従来扱われている苗の丈よりは, かなり短い状態で移植されることになる.

従って, 従来の苗の移植適応性を判断するのに注目されていた基部組織の強靱さや草丈の低さなどの物理的性質⁹⁾については, 大きく隔たった水準での問題となる. さらに, 従来の苗で重要な機械移植時の損傷を引き起こす要因を解決することが, 乳苗での植え付け姿勢を良くすることに直接結びつかないことから, 全く異なった物理的形質が重要になるも

のとも考えられる。

また、光の強さが苗の物理的形質に影響を及ぼすことも報告されているが⁹⁾、出芽器内緑化育苗による乳苗では、光を当てる期間も量も、また目的も従来の苗とは異なることから、今までの知見では対応できず、全面的な調査を要す。

今後、本実験で注目された弾力や硬さ、折れ易さなどの要因を、どのような形で数値化し、解析・表現していったらよいのかを検討することが、適正な緑化法や乳苗形質の判断に必要である。

引用文献

1. 姫田正美 1994. 乳苗その誕生から実用化まで. 乳苗の手引き. JA 全農, 東京. 11-26.
2. 桐山 隆 1991. 乳苗移植における植え付け精度. 日作北陸支報 26: 20-21.
3. 今野一男・高屋武彦 1991. 寒地における水稻の乳苗移植栽培. 農業技術 46: 407-411.
4. 西尾敏彦・藤井定吉 1975. 水稻苗の物理的性質に関する研究. 第1報 苗の物理的性質と機械移植時の損傷発生との関係. 日作紀 44: 471-476.
5. ———・——— 1978. ———. 第6報 光りの強さおよび気温の影響. 日作紀 47: 431-437.
6. 斎藤満保 1990. 水稻出芽苗の移植栽培法確立に関する研究. 第1報 苗立率および出穂期からみた出芽苗の移植適期について. 日作東北支報 33: 32-34.
7. ——— 1990. ———. 第2報 育苗日数および植付深の違いと分けつ発生について. 日作東北支報 33: 35-37.
8. ———・後藤雄佐 1993. 出芽苗による寒冷地稲作での移植・収穫作業の時期的分散化. 農作業研究 28: 195-200.
9. ———・——— 1994. 出芽苗(乳苗)育苗のための基礎的研究. 2. 床土肥料の有無の影響. 日作紀 63 (別2): 19-20.
10. 佐藤 庚 1952. 水稻主稈における葉及び節間の伸長生長について(予報). 日作紀 21: 75-76.
11. 津賀幸之介 1994. 乳苗の機械移植特性. 乳苗の手引き. JA 全農, 東京. 63-74.
12. 山本由徳・池尻明彦・新田洋司 1994. 水稻乳苗の育苗期間の温度および光条件が活着と初期生育に及ぼす影響. 日作紀 63 (別1): 44-45.