

「半浸水フロート式栽培法」による水稻育苗の省力・低コスト化

柳本裕子・藤井一嘉・保科 亨*

キーワード：フロート，搬入作業，かん水管理，水稻育苗，浮き楽栽培法

近年，全国的に集落営農の法人化や中核農家への農地集積によって，効率的で持続可能な農業経営体への転換が進められている。広島県では，集落農場型農業生産法人（以下，集落法人）の設立が進み，その数は227（広島県農林水産局資料，2013年1月28日現在）である。これらの集落法人の多くは，水稻が基幹品目であり，地域全体的水稻育苗を集中的に行うことで経営の効率化を図っている。しかし，個別栽培からの規模拡大に伴い，育苗量が増加し，従来の育苗管理方法では対応が困難になっている。筆者らは，2010年に，広島県内の集落法人を対象として，法人化に伴う農作業や農業経営の改善点を探るためのアンケート調査を実施した。その結果，水稻育苗時のかん水管理や育苗箱搬入作業の省力化技術の開発を求める意見がいずれも全回答数の約30%を占めた（データ省略）。このことから，従来の育苗方法に代わる省力・低コストな育苗技術の開発が急務であると言える。かん水管理の省力化技術としては，育苗箱を湛水状態で管理するプール育苗が知られている（藤井・佐々木，1993）。この方法は，かん水作業の省力化に有効であるが，育苗箱

を直接地面に並べて均等に浸水させるために，ハウス内の土壌表面を均平にする整地作業が必要である。また，育苗箱の運搬・整列作業は，従来の育苗方法と同等の労力や設備を要する。

そこで，これらの問題を解決できる新たな技術，「半浸水フロート式栽培法」の開発に取り組み，その実用性を明らかにしたので報告する。

材料および方法

1. 半浸水フロート式栽培法による水稻苗の成長

「半浸水フロート式栽培法」とは，発泡スチロール製板（以下，フロート）に水稻育苗箱を載せ，育苗箱全体の重量により，底面のみが常時浸水する状態でプールに浮かべて管理する方法である（図1）。本栽培法は，かん水作業が省力化できる上，フロートが浮いて水平を保つので，地表面の精密な整地が不要である。また，プールの端から搬入すれば，フロートを浮かせたまま移動させることで運搬・整列作業の省力化が期

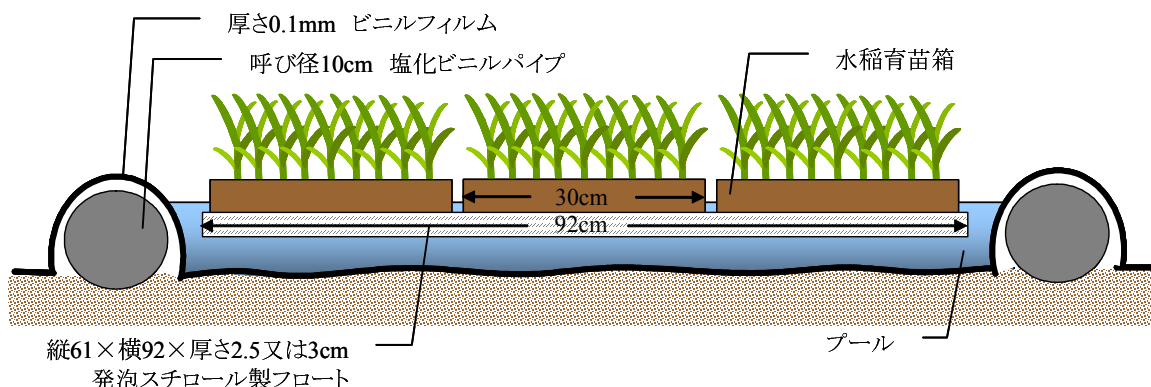


図1 半浸水フロート式栽培法の模式図（断面）

* 広島県東部農業技術指導所
平成25年3月25日受理

待できる。

水稲育苗は、2012年に広島県立総合技術研究所農業技術センター(広島県東広島市八本松町原、標高224m)内のガラス室で行った。プールは、幅2m×長さ4m×深さ10cmとし、呼び径10cmの塩化ビニルパイプの枠と厚さ0.1mmのビニルフィルムを用いて作成した。

フロートは、比重0.015の発泡スチロール製板を、縦61cm×横92cmの大ききで使用し、厚さは2.5cmと3cmの2種類について検討した。これらのフロートに、出芽・緑化させた水稲育苗箱(内寸縦58cm×横28cm×深さ2.8cm)を3箱載せ、育苗箱底面から0.5cm浸水した状態で水に浮かぶと想定される1箱あたりの培地重量(開封直後)を次の計算式から算出した。なお、培地は、床土、覆土ともに、くみあい宇部粒状培土2号(宇部興産株式会社)を用いた。

1箱あたりの培地重量(kg) = {61cm×92cm×(フロートの厚さ+0.5cm) / 3 - (育苗箱重量 g + 発芽糲重量 g + フロート重量 g / 3)} / (培地の吸水率+1) / 1000

品種は‘あきろまん’を用い、1箱あたりの播種量は乾糲重量で150gとした。糲は、比重1.13の塩水選を行った後に、イブコナゾール・銅水和剤200倍とMEP乳剤1000倍の混合薬液に24時間浸漬し、風乾した。これを真水に1日間浸漬し、鳩胸状態に催芽させて4月27日に播種した。ヒドロキシイソキサゾール・メタラキシル液剤1000倍液を1箱あたり1ℓ灌注後に覆土し、28℃に設定した育苗器内で出芽および緑化させた。5月1日に育苗器から搬出し、厚さ2.5cmと3cmのフロートに、それぞれ対応した培地重量の緑化した育苗箱を載せてプールに搬入し、半浸水フロート式栽培法で管理した(以下、フロート区)。対照には、同じ2種類の培地重量で、フロート区と同様に緑化させた育苗箱を地面上に整列して並べ、スプリンクラーによる1日5回、1回5分間の頭上かん水で管理した区を設定した(以下、対照区)。各区3箱ずつ供試し、5月15日に1箱あたり50本の苗の地上部乾物重、草丈、葉令および葉色(コニカミノルタ製SPAD-502による測定値)を調査した。なお、葉令は、不完全葉の次の葉を第1葉として調査した。

また、広島県三原市大和町萩原(標高380m)の農事組合法人「ファームはいばら」において、間口7.2m×奥行き30mのビニルハウス2棟で、本栽培法による水稲育苗の実証実験を行った。培地は炭太郎(水稲育

苗用粒状培土、有限会社協産業; 広島県世羅郡世羅町)を用いた。フロートは、前述の農業技術センターと同じ比重、大ききとし、厚さ2.5cmで育苗した。‘あきろまん’の種子を、温湯消毒および催芽処理後、4月23日に播種し、30℃に設定した育苗器で出芽・緑化させたものを本栽培法で管理した。

2. 作業性と設備費

1) 育苗箱搬入作業

フロート区の育苗箱搬入作業は、前述の集落法人で行った、ローラーコンベア(幅30cm×ローラーピッチ10cm×長さ300cm)をハウス入り口からプール内へ3度の傾斜で設置し、育苗箱を載せたフロートをプール内にすべり入れる方法で行った(図2)。フロートの整列は、水に浮かんだフロートを棒で操作して行った(図3)。これらの方法による育苗箱9箱分の作業をビデオカメラで撮影し、1秒間隔で作業姿勢を分析して、



図2 ローラーコンベアを利用した半浸水フロート式栽培法の育苗箱搬入作業



図3 半浸水フロート式栽培法における育苗箱整列作業

間口 7.2m×奥行き 30m のビニルハウス 1 棟で 720 箱を育苗する場合に必要な作業時間とつらさ指数(長町, 1995) の出現割合を求めた。対照区として、一輪車で育苗箱をハウス内に運び入れ地面に並べる方法について同様に撮影・分析した。

2) かん水作業

かん水作業は、前述の集落法人と一般農家からの聞取りにより、本栽培法、手かん水、タイマー制御式スプリンクラーによる自動かん水およびプール育苗の 4 種について、1) と同じ育苗規模を想定した場合に必要な作業時間に換算して比較した。

3) 設備費

設備費は、1) と同じ育苗規模と、2) と同じ 4 種のかん水方法を想定し、当センターの資材購入価格および集落法人への聞取り価格から算出し比較した。

結 果

1. 半浸水フロート式栽培法による水稻苗の成長

フロート 1 枚に育苗箱を 3 箱載せ、育苗箱底面が 0.5cm 浸水して浮かぶ 1 箱あたりの培地重量(開封直後)は、フロート厚 2.5cm で 3.8kg, 3cm では 4.5kg となった(表 1)。また、培地の深さは、フロート厚 2.5cm では 2.5cm, フロート厚 3cm では 2.8cm であった。そこで、フロート厚 2.5cm では床土 2.3kg, 覆土 1.5kg, フロート厚 3cm では床土 3kg, 覆土 1.5kg として播種作業を行い、緑化処理をした育苗箱を、フロートに載せてプールに搬入したところ、想定通りに育苗箱底面から 0.5cm 高まで浸水して浮かぶことを確認した。

播種後 18 日目のフロート区の草丈および葉令は、同じ培地重量で頭上かん水した対照区と比較して大きく、地上部乾物重および葉色は同等であった(表 2)。また、ルートマットの形成状態は、達観調査により、フロート区がやや上回った(図 4)。

フロート区の苗を培地重量で比較すると、フロート厚 3cm, 培地重量 4.5kg の葉色は、フロート厚 2.5cm, 培地重量 3.8kg と比較して濃かったが、地上部乾物重、草丈および葉令は同等であった。

一方、三原市大和町の集落法人では、フロート厚 2.5cm の条件で、前述した農業技術センターと同様に 1 箱あたりの培地重量を 3.8kg とし、床土 2.3kg, 覆土 1.5kg に設定して実証実験を行った。播種 29 日後の地上部乾物重は 1.6g/100 本, 草丈は 13.8cm, 葉令は 2.8, 葉色は 30.4 で、良好な苗が得られた。また、圃場での移植作業は特筆すべき問題も無く、順調に行われた。

2. 作業性と設備コスト

1) 育苗箱搬入作業

間口 7.2m×奥行き 30m のビニルハウス 1 棟で 720 箱を育苗する場合に必要な育苗箱搬入作業時間は、半浸水フロート式栽培法では、ローラーコンベアによるプールへの搬入に 1 時間 22 分、フロートを棒で操作して整列させる作業に 45 分で、合計作業時間は 2 時間 7 分であった(表 3)。また、作業姿勢においては、つらさ指数の出現頻度は、1~3 が 71%, 4~5 が 29%で、6 以上の姿勢は無かった。一方、手かん水、タイマー制御式スプリンクラーによる自動かん水およびプール育苗において、一輪車で同ハウスに 1 人で搬入した場合は、作業時間が 2 時間 42 分で、作業姿勢におけるつらさ指数の出現頻度は 1~3 は無く、4~5 が 36%, 6~10 が 64%であった。

表 1 育苗箱を半浸水状態に維持するフロートの厚さ別の培地重量

フロートの厚さ (cm)	1箱あたりの培地重量 ^{a)}			培地の 深さ (cm)	給水後 培地重量 (kg)	総重量 ^{b)} (kg)
	床土 (kg)	覆土 (kg)	合計 (kg)			
2.5	2.3	1.5	3.8	2.5	4.8	5.6
3.0	3.0	1.5	4.5	2.8	5.7	6.5

^{a)}1箱あたりの培地重量={61cm×92cm×(フロートの厚さ+0.5cm)÷3-(育苗箱重量g+発芽初重量g+フロート重量g÷3)}÷(培地の吸水率+1)÷1000 で計算。

^{b)}総重量は給水後培地重量+育苗箱重量600g+発芽初重量200g。

表2 かん水方法および培地重量が水稻の成長に及ぼす影響

かん水方法	培地量 (kg/箱)	地上部乾物重 (g/100本)	草丈 (cm)	葉令 (L)	葉色 ^{a)}
					(SPAD値)
半浸水フロート(フロート厚2.5cm)	3.8	1.3±0.1 ^{b)}	13.7±0.2	2.1±0.02	25.9±0.1
頭上かん水(対照)		1.1±0.1	12.9±0.5	2.0±0.02	25.5±0.7
半浸水フロート(フロート厚3.0cm)	4.5	1.3±0.1	13.9±0.5	2.1±0.01	27.1±0.5
頭上かん水(対照)		1.1±0.1	12.2±0.4	2.0±0.02	27.0±0.1

※品種はあきろまん。4月27日に播種, 5月15日に調査した。

^{a)}葉色は展開第2葉をコニカミノルタ社製葉緑素計(SPAD502)で測定した。

^{b)}値は平均値±標準誤差(n=3)で示した。

表3 かん水方法の違いによる育苗箱搬入作業時間および作業姿勢の比較

かん水方法	搬入作業内容 ^{a)}	作業時間		作業姿勢(つらさ指数) ^{b)} 出現頻度		
		搬入作業	整列作業	1~3	4~5	6~10
半浸水フロート式栽培	ローラーコンベアで プール内に滑り入れ, 浮いているフロートを棒 で操作して整列させる	1時間22分	45分	71%	29%	0%
手かん水 タイマー制御式スプリンクラー プール育苗	一輪車でハウス内に運 搬し, 地面に並べる	2時間42分		0%	36%	64%

※育苗箱9箱分の作業をビデオカメラで撮影および分析し, 間口7.2m×奥行き30m育苗ハウス1棟あたり720箱の育苗箱を1人で運搬・整列した場合に換算。

^{a)}半浸水フロート式栽培法の作業は三原市大和町の農事組合法人「ファームはいばら」にて調査した。

その他のかん水方法の作業は農業技術センターにて調査した。

^{b)}長町のつらさ指数。1~3:座った姿勢~目より高い物を取る作業 4~5:軽く膝を曲げて立つ~膝を伸ばして上体を45~90度前屈する作業 6~10:膝を曲げた中腰姿勢~膝を深く曲げて上体を90度以上前屈する作業



図4 頭上かん水(左)と半浸水フロート式栽培法(右)による水稻苗のルートマット

2) かん水作業

前述の育苗規模で, 育苗期間を20日として試算したかん水時間は, 手かん水では延べ約80時間を要し, 人件費は約58,000円となった(表4)。タイマー制御式スプリンクラーによる自動かん水では, 風向きやノズルの詰りなどによる散水むらを確認し, 補完的に手かん水する必要があるため, 同条件で延べ約20時間を要し, 人件費が約14,000円となった。プール育苗は, かん水作業は不要であったが, 培地表面まで常時溜水しておくようにプールに水を補給する必要がある。一方, 半浸水フロート式栽培法は, 育苗箱の底面が常時浸水し, 水を供給できるため, かん水作業が不要であった。また, プール枠の高さが10cmの場合, 水深は5~8cmあるため, 水の補給回数は育苗期間中0~1回程度であった。

3) 設備費

前述の育苗規模に要する設備費は、手かん水では、散水用のホースとノズルのみで約 20,000 円であった(表 5)。タイマー制御式スプリンクラーは、ハウスサイド面にスプリンクラーを設置すると約 540,000 円となった。プール育苗では、プール枠材に呼び径 5cm の

塩化ビニルパイプを用い、幅 2.5m×長さ 28m×深さ 5cm のプールを 2 つ設置した場合には約 74,000 円となった。一方、半浸水フロート式栽培では、呼び径 10cm の塩化ビニルパイプのプール枠で幅 2.5m×長さ 28m×深さ 10cm のプールを 2 つ設置し、厚さ 2.5cm のフロートを使用した場合に約 166,000 円となった。

表 4 かん水方法がかん水時間に及ぼす影響

かん水方法	人力によるかん水作業時間	かん水作業に要する人件費 ^{a)}	備考
手かん水	のべ約80時間	約58,000円	1日にこのべ4時間のかん水が必要
タイマー制御式スプリンクラー	のべ約20時間	約14,000円	風向きや水圧による散水むらを手かん水で補完するために1日のべ1時間必要
プール育苗	無し	無し	常時、培地表面まで溜水しておくようにプールへの給水が必要
半浸水フロート式栽培	無し	無し	プールへの給水は育苗期間中0~1回

※間口7.2m×奥行き30m育苗ハウス1棟あたり720箱の育苗箱を20日間管理する場合。

^{a)}広島県最低賃金719円(平成24年10月改正)で計算した。

表 5 かん水方法と設備費

かん水方法	設備費 ^{a)}	備考
手かん水	約20,000円	・設備は散水用ホースとノズルのみ
タイマー制御式スプリンクラー	約540,000円	・ハウスサイド面設置タイプの場合
プール育苗	74,000円 (うちプール枠費は23,000円)	・プール枠 ^{b)} を呼び径5cm塩ビパイプとした場合 ・プールはハウス内に2つ設置 ・均等に浸漬させるためプール底面を均平に整地する必要あり
半浸水フロート式栽培	166,000円 (うちプール枠費は58,000円)	・プール枠 ^{b)} を呼び径10cm塩ビパイプで設置し、厚さ2.5cmのフロートを用いた場合 ・プールはハウス内に2つ設置 ・フロートで浮かんで水平になるためプール底面の精密な整地は不要

^{a)}間口7.2m×奥行き30m育苗ハウス1棟あたりの設備費。

いずれも育苗箱搬入用具費(運搬車やローラーコンベア等)、土地整備費は含まない。

^{b)}プール枠は深さを維持できれば廃材等利用で費用削減可能。

考 察

本研究では、水稻育苗の省力・低コスト化技術として、発泡スチロール製のフロートに緑化苗を載せ、育苗箱底面のみが常時浸水する状態でプールに浮かべて管理する「半浸水フロート式栽培法」を考案し、その実用性について、苗質、作業性、設備費の面から検討した。

本栽培法による水稻育苗は、農業技術センター内および現地実証実験の結果から、頭上かん水による慣行の育苗法と比較して、葉令の進展および草丈の伸長が速く、同等以上の苗を生産できることが明らかになった。その要因は、プール育苗と同様に水の保温効果によるものと推察され、育苗期間の短縮が可能であると考えられた。また、ルートマットの形成も同等以上であったことから、田植え機へのセットも問題の無いことが推察された。

フロート厚2.5cm、培地重量3.8kgとフロート厚3cm、培地重量4.5kgで育苗した水稻苗の成長は同等であったことから、本栽培法では、フロート厚2.5cm、培地重量3.8kgでの育苗が、より低コストで軽量化できることが明らかとなった(藤井ら, 2012)。高橋ら(2004)は、プール育苗における培地重量について検討し、培地重量が小さくなるほど苗の成長は劣り、育苗中の追肥が必要となるものの、1箱あたり約2.5kg程度までは削減できると報告している。同様に、本栽培法においてもさらなる培地の削減が可能と考えられるが、総重量が小さくなると、より薄いフロートを用いることになり、フロートの強度や耐久性を検討する必要があるだろう。

本栽培法の育苗箱搬入作業は、ローラーコンベアによる搬入が適しており、その後の整列作業も、フロートが浮かんでいるため僅かな力で移動させることが可能となり、つらさ指数6以上の作業が出現しなかった。一方、その他のかん水方法のいずれにおいても、育苗箱をハウス内へ搬入し、運搬台から地面へ育苗箱を下ろして並べる作業が必要となり、つらさ指数6以上の作業が過半数を占めた。これらの結果から、本栽培法は、育苗箱搬入作業の省力化が可能となった。

かん水作業においては、本栽培法は、手かん水やタイマー制御式スプリンクラーによるかん水で問題となる1日数時間の人力による作業は不要である。この点に関してはプール育苗も同じであるが、本栽培法は、

プール育苗と比較して水深を確保できるため、プールへの水補給回数がより少なくて済む利点がある。

本栽培法の設備費は、タイマー制御式スプリンクラーによる自動かん水設備の半分以下であるが、プール育苗と比較して、水深を維持するプール枠材とフロートの購入が必要であるため、設備費は高額になる。しかし、プール育苗では、全ての育苗箱が均一に浸漬するように、プールを設置する土壌表面を均平に整地する労力と費用が別途必要となる。本栽培法では、フロートが浮かんで水平を保ち、全ての育苗箱が均等に浸漬するため、通常、水深が5cm以上あればプール育苗のような精密な整地作業は必要ない。

過去において、本栽培法と類似した育苗法として、発泡スチロール製の水に浮く育苗箱を用いた手法の検討事例がある(藤井・佐々木, 1993)。この育苗方法による苗の成長は頭上かん水による苗と同等で、育苗箱そのものが浮かぶためプール底面の整地が不要という点では、本栽培法と同様である。しかし、この育苗箱は市販されていないため、自作もしくは特注する必要があり、費用が高額になる可能性がある。また、この育苗箱では、床土内への水の浸透性について問題が指摘されているほか(藤井・佐々木, 1993)、発泡スチロールは根が貫通するので、直接この箱に培地を入れて育苗すると、田植え時に、ルートマットを維持した状態で苗を取り出すことが困難になる懸念がある。これに対して、従来の育苗箱を用いて育苗する本栽培法では、これらのような問題が生じることはなかった。

以上より、本栽培法は、従来の育苗方法と比較して、土地の精密整地が不要で、かん水および育苗箱搬入作業の大幅な省力化が可能となる技術であることが明らかとなった。本栽培法に要する設備は全て安価な市販品を用いて作成できることに加え、既存の育苗箱全てに対応可能なため、汎用性が高いと考えられた。実証実験を行った集落法人は、良質な苗が得られたことや育苗期間が従来よりも短縮されたことに加え、育苗管理作業が大幅に省力化したことから、本栽培法による育苗規模の拡大を検討している。

一方、本栽培法は、苗の地際部が完全に水没しないため、プール育苗で報告されているイネ苗立枯細菌病等の発病抑制効果(勝部・武田, 1997; 林ら, 1997; 内藤ら, 2008)は期待できないと考えられる。従って、健全種子および無菌培地の使用、塩水選による不良粒の除去、種子、育苗箱およびフロートの消毒に加えて、プール水に清浄な井戸水や上水を利用する等の基本技術を徹底する必要がある。

なお、集落法人からは、水稻育苗終了後のハウス遊休期間に、耕うんや畝立てを必要としない園芸品目栽培技術の開発についての要望も挙がっている。本栽培法は、水稻育苗の省力・低コスト化だけでなく、葉菜類栽培に活用できる可能性もあるため、今後は、同一設備で水稻育苗と葉菜類栽培の両方に実用性のある技術として発展させる計画である。

なお、本栽培法の呼称に親しみ易さを付与するため、通称を「浮き楽栽培法」とした。

摘 要

水稻育苗におけるかん水管理と育苗箱搬入作業の省力化および低コスト化を実現する手法として、縦 61cm × 横 92cm の発泡スチロール製フロートに育苗箱を 3 箱載せ、育苗箱底面が常時浸水する状態で簡易プールに浮かべて管理する「半浸水フロート式栽培法」（通称：浮き楽栽培法）を開発し、その実用性を検討した。半浸水フロート式栽培法による水稻苗の成長は、頭上かん水管理と同等以上であった。また、異なるフロート厚と培地重量による水稻苗の成長に差はほとんど無かったことから、フロート厚 2.5cm、培地重量 3.8kg での育苗が、低コスト化・軽量化の面で有利であると判断された。現地実証実験でもこの条件で良好な苗が得られた。本栽培法における育苗箱搬入作業は、つらさ指数 6 を越える作業が発生せず、かん水作業も不要であった。さらに、設備費や人件費は従来の育苗方法と比較してより安価であることが明らかとなった。

謝 辞

調査に際しては、農事組合法人「ファームはいばら」に多大な協力を得た。また、本報告の校閲にあたり、独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センターの長田健二氏には、懇切なご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 藤井 薫・佐々木次郎. 1993. 水稻プール育苗に関する試験. 宮城県農業センター研究報告. 59:20-67.
- 藤井一嘉・柳本裕子・保科亨. 2012. 半浸水フロート式栽培法による水稻の省力・安定育苗技術. 日本作物学会紀事. 81 別 2 : 48-49
- 林かずよ・小山 淳・菊田明実・藤井 薫. 1997. イネ苗立枯細菌病に対するプール育苗法の発病抑制効果. 北日本病害虫研究報告. 48 : 47-49.
- 勝部和則・武田眞一. 1997. プール育苗によるイネもみ枯細菌病苗腐敗症およびイネ苗立枯細菌病の発病抑制. 北日本病害虫研究報告. 48 : 43-46.
- 内藤秀樹・斉藤健介・古屋廣光・藤 晋一. 2008. イネばか苗病による徒長苗の形態とばか苗病菌の分布およびプール育苗による発病抑制. 日本植物病理学会報. 74 : 321-327.
- 長町光生. 1995. 安全管理の人間工学. 海文堂. 173.
- 高橋行継・佐藤泰史・加部 武・栗原 清・阿部邑美・吉田智彦. 2004. 水稻育苗箱の培土量減量による軽量・低コスト化に関する検討. 日本作物学会紀事. 73 (4) : 389-395.

Labor saving and cost reduction for rice seedling by semi submerged-floating cultivation method

Yuko YANAGIMOTO, Kazuyoshi FUJII and Tohru HOSHINA

Summary

As a method to realise labor saving and cost reduction of watering management and carrying-in work of nursery boxes in rice seedling, we verified the semi submerged-floating cultivation method, it mean that to put three nursery boxes on a float of styrene foam its size is 61cm wide × 92cm long and to float on pool with bottom of nursery boxes are in water at all times. The growth of the rice seedling by the semi submerged-floating cultivation method was same or better than the overhead watering method. Also, it was found that the rice seedling in the condition with 2.5cm of float thickness and 3.8kg of cultural medium would have an advantage in cost reduction and weight saving because there was little difference on the growth of rice seedling depending on float thickness and cultural medium weight. Good quality seedlings were provided in this condition in the demonstrative experiment, too. We couldn't find any work with the pain index number over 6 for carrying-in work for nursery boxes and didn't need work for watering management in this method. Moreover, the cost of equipment and personnel expenses could be lower than conventional method.

Key words : carrying-in work, float, rice seedling, watering management