

## シードテープを利用した水稻の再生紙マルチ直播における苗立ち

山内稔\*

(中国農業試験場)

**要旨:** 再生紙マルチを利用することにより水稻の無除草栽培が可能になり、これを利用した移植栽培技術が確立されている。本技術を直播栽培に発展させることにより省力化を期待できるため、再生紙に一定間隔で穴をあけそこに不織布に包んだイネ種子を接着剤で固定し、これを代かきをした水田に敷設する点播表面播種方式が考案されたが、構造が複雑であり量産化が難しく、また種子が土壌表面にあるため鳥害を受けやすかった。そこで再生紙に筋状に出芽のための切れ目を入れ、土壌に密着する側にシードテープに封入した種子を固定する条播方式による苗立ちの可否を検討した。出芽は切れ目の形状に影響された。種子を2 cmに1粒の間隔でシードテープに封入し、幅5 mmの間隔で平行に2本の切れ目を入れた再生紙に固定することにより、苗立ち率60%、苗立ち本数100本 $m^{-2}$ となった。この結果は、再生紙マルチ条播直播による苗立ちが可能であることを示している。

**キーワード:** イネ, 再生紙, 直播, 苗立ち, 播種法, マルチ.

水稻の移植栽培において再生紙マルチの使用は雑草の発生を抑制し、無除草栽培を可能にした(津野ら1993, 小林ら1995, 注:伊藤1995. 再生紙マルチ栽培の問題点と発展方向. 近畿中国農業試験研究推進会議作物生産部会・中国農業試験場編, 再生紙マルチを利用した水稻移植栽培技術, 中国農業試験場, 福山, 5-7.). 本栽培方法は再生紙マルチ移植栽培技術として実用化され、除草剤を使用しないことから、特に有機栽培を志向した生産者に普及しつつある。一方で水稻栽培における省力化の必要性が認識されており、移植栽培を直播栽培に転換することによりその達成が期待されている。再生紙マルチ移植栽培を再生紙マルチ直播栽培に転換すれば、省力化が期待できる(注:農林水産技術会議事務局1996. 環境保全型農業技術体系モデル事例, 54-66.).

現在、著者らが試験している再生紙マルチ直播栽培では、市販の再生紙に直径2.5 cmの植え穴をあけ、不織布でイネ種子(乾籾)5粒をサンドイッチ状に挟み、それを植え穴に接着剤で固定している(上野ら1997, 山内1997b). 一つの植え穴が一株になる。種子を固定した再生紙は直播シートと呼ばれ、これを代かき直後に落水した水田に敷設している。本播種法は点播表面播種であり種子に酸素が供給されていると推定され、湛水土中散播(酸素供給剤で催芽種子を被覆し代かき直後に散播)や嫌気土中散播(無粉衣湛水土中散播, 酸素供給剤で被覆しない催芽種子の散播)(山内1997a)と同等かそれ以上の苗立ち率を示し(多くの場合50%から70%), 特に苗立ち時に雑草の発生を抑制し、その生育に負けることもないので、苗立ちの安定化に寄与すると考えられる(山内1997b, c).

点播の再生紙マルチ直播では、種子が地表面に露出しており、鳥害(スズメ)を受け欠株になりやすい。そのため直播シートの敷設後直ちに湛水して鳥害を防いでいるが、敷設直後の湛水は再生紙と土壌の密着を妨げ、直播シート

の浮遊を引き起こし、浮き苗発生の一因となる(山内1997c). また植え穴からの雑草の発生が試験圃場で認められており(山内1997b), 土壌表面の露出を小さくする必要があるのである。

直播シートは、その製造工程や費用を考慮した場合、構造が簡略であることが望ましい。点播型の直播シートの製造にあたっては、植え穴を栽植距離に基づいて開け、柔らかい材質の不織布で種子をサンドイッチ状に挟み、植え穴に接着剤で固定する工程が必要である。

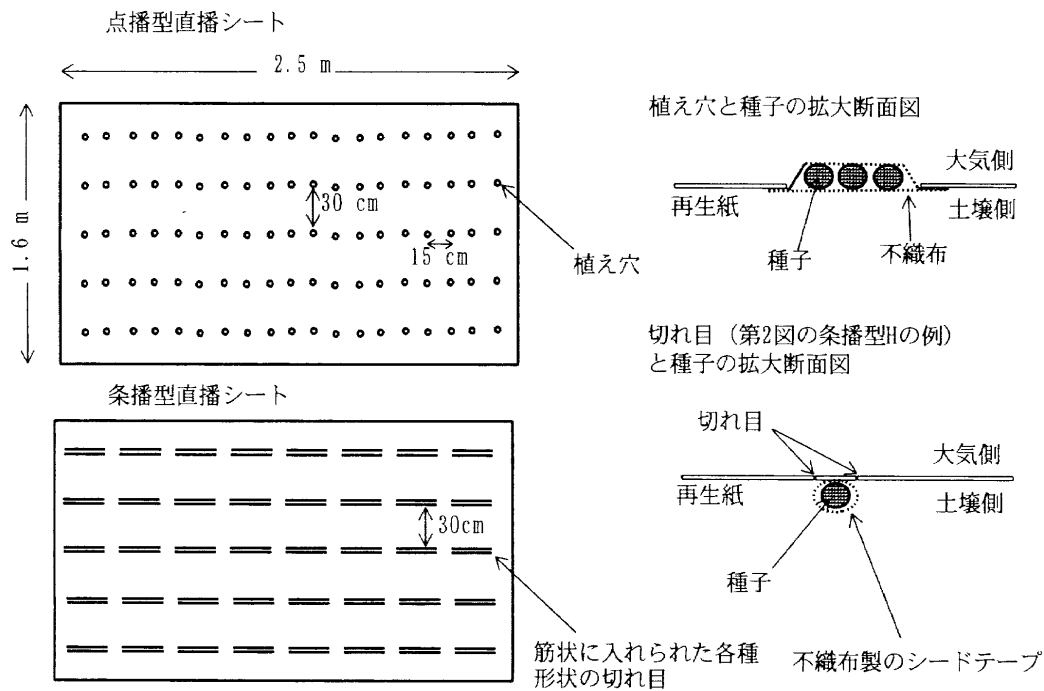
土壌中で分解する素材で種子を包みひも状にして条播するシードテープ(梅原1968, 入子・塩野1968)は、野菜の播種作業を合理化するために開発された。そこで、イネ種子をシードテープに封入し、切れ込みを入れた再生紙の下側(土壌に接触する面)に固定し、出芽・苗立ちさせる方式の可能性を検討した。種子をマルチの下側に固定することにより鳥害が軽減できるが、種子への酸素供給は表面播種に比べて低下すると考えられる。また、植え穴の代わりに切れ込みとすることにより土壌表面の露出が少なくなり、雑草の発生が抑制されうると推定される。本研究においては点播型の直播シートを対照として用いた。

### 材料と方法

再生紙はカミマルチ(三洋製紙(株)製, 幅1.6 m, 厚さ0.2 mm, 重さ120 g  $m^{-2}$ )を使用した。不織布はベンリーゼ(旭化成工業(株)製), 接着剤は土壌中で分解すると考えられているホットメルト接着剤ヒロダイン7550 EC(ヤスハラケミカル(株)製)を用いた。

イネ(品種ヒノヒカリまたはどんとこい)種子は中国農業試験場1996年産であった。種子を塩水選(比重1.12)にかけ、その後50°Cの通風乾燥機中に5日間保って、休眠を打破して直播シートの製造に供した。

点播型および様々な条播型の直播シートは佐藤産業



第1図 圃場試験に用いられた再生紙マルチ直播シートの模式図。点播型と条播型直播シートの全景および植え穴や切れ目と種子の位置関係の拡大断面図。

(株)が試作した。イネの未発芽種子(乾籾)を3または2 cmに1粒封入したシードテープ(素材は不織布)の製造は日本プラントシーダー(株)が行った。

試験に用いた点播(対照, 1穴5粒)と条播型直播シートおよび植え穴や切れ目への種子の固定部分の様子を模式的に第1図に、条播型直播シートにおける各種の形状の切れ目を第2図に示した。条播型AとBでは再生紙に円形(直径27 mm)や長方形(10×40 mm)の植え穴をあけ、種子を封入したシードテープを接着剤で固定した。シードテープは再生紙の下側(土壌に接触する側)に位置するが、植え穴の部分では再生紙に覆われていなかった。条播型C~Hでは、シードテープは再生紙と土壌表面の間に位置していた。再生紙には様々な形状に、またシードテープと様々な位置関係で切れ目を入れた。シードテープの一部(8~10 cmに1カ所, 5 mm幅)に接着剤を塗り、シードテープを切れ目を入れた再生紙に固定した。接着剤はマルチの切れ目を避けて塗布した。種子は、条播型A~Fでは3 cmに1粒また条播型GとHでは2 cmに1粒の割合でシードテープに封入した。

苗立ち試験は中国農業試験場のファイトロン(自然光, 昼夜22°C)および試験圃場(灰色低地土, 土壌pH 6.6)で行った。ファイトロンではプラスチック製のバット(37×57×17 cm)に8 cmの高さまでメッシュ20の篩を通した風乾土壌(試験圃場から採取)を充填し、湛水後代かきを行い、同日中に落水し条播型直播シートA~Fを短冊形に切り取ったもの(約15×40 cm, 19~30種子を含む)を敷設した。ひとつのバットを1反復とし、4反復で試験した。苗立ち数の測定は播種後7日目および9日目に行った。

再生紙マルチを用いた点播(対照)と条播における苗立ちの比較試験を圃場で実施した。試験は乱塊法4反復で行い、土壌温度(土中深5 cm)を1時間間隔で記録した。代かき後落水し、点播(1区画大きさ1.6×2.5 m, 栽植距離30×15 cm)および条播の直播シート(1区画大きさ1.6×2.5 m, 条間隔30 cm)を敷設し、防鳥網を設置した。直播シートの敷設後少なくとも4日間落水状態を維持し、その後は土壌に亀裂が入らないように灌水した。本条件で直播シートは土壌に密着し、灌水により湛水状態になっても浮遊しなかった。条播型直播シートF, GまたはHを点播型直播シートを対照として、試験1, 2および3を行った。試験1, 2および3では1997年8月13日, 9月2日, 9月18日に直播シートを敷設し、苗立ちおよび雑草数をそれぞれシート敷設後12, 9および21日目に測定した。シート敷設から測定日までの土壌の平均温度(最高;最低°C)は試験1では28.5(36.5;23.5), 試験2では26.2(33.6;20.4), 試験3では20.7(30.9;10.7)であった。

苗立ちしていないイネ種子の生長を、播種後7~10日に再生紙を土壌表面からはがして観察した。区画全面(4 m<sup>2</sup>)における苗立ちしたイネと雑草の個体数を測定し、1 m<sup>2</sup>当たりの個体数を算出した。苗立ち率は播種した種子数に対する出葉(第1葉以上)したイネ個体数の割合であった。

圃場試験においては、欠株数または欠株相当数を算出した。点播の栽植距離は30×15 cmであり、条播の条間隔は30 cmであったので、両者は30 cmの栽植距離または条間隔で共通していた。点播における1欠株は30 cmのイネ個体の欠落部分をもたらすので、条播においてイネ個

体の欠落した区間が 30 cm 連続して認められた時を 1 欠株に相当する数と仮定した。

結 果

ファイトトロンにおける試験の目的は、シードテープに封入された種子が、代かきをした土壌表面で、また切れ目を入れた再生紙の下側（土壌密着面）から出芽し、苗立ち

できるか否かを解明することであった。条播型 A と B（第 2 図）において苗立ち率は 100% であった（データ省略）。この時シードテープは再生紙で覆われていなかった。このことはシードテープを代かきをした土壌の表面に置いた時、苗立ちは可能であることを示している。

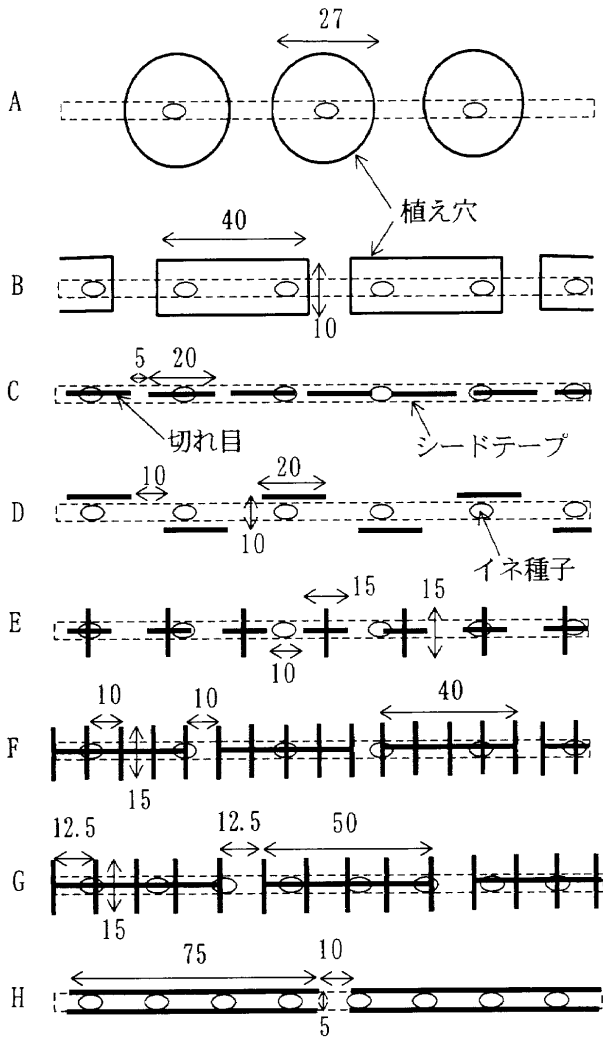
次に、再生紙に各種の形状の切れ目を入れシードテープを固定した条播型 C~F（第 2 図）をバットの中で代かき・落水した土壌の表面に敷設した。その結果、切れ目を通じて鞘葉が再生紙の上側に出てくることができ、苗立ちは可能であることが判明した。しかし、苗立ち率は切れ目の形状によって変動した。バットに詰めた土壌で試験した切れ目の形状のうち、最も苗立ち率が高かったのは条播型 F であった（第 1 表）。

敷設した再生紙をはがして苗立ちしていないイネの生長を観察した結果、種子は発芽していたが、鞘葉は再生紙の直下で密着して不規則に曲がって伸長していることが判明した。このことは、鞘葉は生長したが、再生紙の切れ目を通じて伸長しなかったことを示唆している。このとき第 1 葉や種子根の伸長は認められなかった。

圃場で点播型と条播型直播シート F と G の苗立ちを測定した（第 2 表、試験 1, 2）。点播型における苗立ち率は 60~75%、条播型 F と G では 37~48% であり、点播型に比べて 12~39% 低かった。欠株（相当）数は 1 m<sup>2</sup> 当たり 0.3~0.6 であった。1 m<sup>2</sup> 当たりの苗立ち数は点播型で 66~83、条播型 F と G では 53~61 であり、点播型で優れた。

試験 1 を実施した圃場では雑草の発生が多かった。この時、条播型 F における雑草の発生数は点播型よりも少なかった。雑草は点播型では植え穴から、条播型 F では切れ目から発生していた。認められた雑草の種は、タイヌビエ (*Echinochloa crus-galli*)、ミズカヤツリ (*Cyperus serotinus*)、アゼナ (*Lindernia pyxidaria*)、ヒデリコ (*Fimbristlis miliacea*) であった。

試験 2 と同時に条播型 H（ただし切れ目の長さは 50 mm）の苗立ち率を測定した（予備試験、反復なし）。その結果、条播型 G よりも高い 52% の苗立ち率が得られた。そこで条播型 H と点播型直播シートにおける苗立ちの比較を行った（第 2 表、試験 3）。条播型 H における苗立ち



第 2 図 条播直播の苗立ち試験に供された再生紙の植え穴や切れ目の形状、イネ種子およびシードテープの位置関係、図中の数値 (mm) は植え穴や切れ目の長さや配置を示す。A~F はファイトトロンで土壌を充填したバット中での苗立ち試験に用いた。F、G および H は圃場試験 1, 2 および 3 に用いた。A~F のシードテープにおいては種子は 3 cm に 1 粒、G と H では 2 cm に 1 粒封入した。シードテープは再生紙の土壌密着側に接着剤で固定した。植え穴や切れ目の形状は以下の通りであった。A: 直径 27 mm の円形の植え穴、B: 縦 10 mm、横 40 mm の長方形の植え穴、C: 20 mm の長さの切れ目、切れ目の間隔は 5 mm、D: シードテープの両側に 10 mm の幅で交互に 20 mm の長さの切れ目、切れ目の間隔は 10 mm、E: 15 mm の十字の切れ目、切れ目の間隔は 10 mm、F: シードテープに沿った 40 mm の長さの切れ目に、10 mm 間隔で縦に 15 mm の長さの切れ目 5 本、G: シードテープに沿った 50 mm の長さの切れ目に、12.5 mm 間隔で縦に 15 mm の長さの切れ目 5 本、H: シードテープの両側に 5 mm の幅で平行に 75 mm の長さの切れ目、切れ目の間隔は 10 mm。

第 1 表 再生紙マルチの切れ目の形状がイネ種子の苗立ち率に及ぼす影響。

切れ目の形状 <sup>1)</sup>	苗立ち率%			
	播種後 7 日		播種後 9 日	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
C	13.6	10.6	24.4	7.5
D	1.7	3.5	1.7	3.5
E	21.6	12.5	35.3	17.2
F	42.8	11.7	50.4	17.0

土壌を充填したバットにおける試験。品種はどんとこい。

1) 切れ目の形状名は第 2 図に基づく。

第2表 直播シートの型式と切れ目の形状が苗立ちに及ぼす影響。

試験番号	型式と 切れ目の形状 <sup>1)</sup>	苗立ち率%		欠株(相当)数 m <sup>-2</sup>		苗立ち数 m <sup>-2</sup>		雑草数 m <sup>-2</sup>	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
試験1	点播型	59.5	9.7	0.6	0.5	66.0	10.7	24.1	5.7
	条播型 F	47.5	16.8	0.5	0.6	52.6	18.6	11.5	2.1
試験2	点播型	75.1	3.3	0.3	0.6	83.4	3.7	1.0	0.3
	条播型 G	36.6	11.3	0.5	0.5	60.9	18.9	0.8	0.6
試験3	点播型	69.5	4.3	1.3	1.2	77.1	4.8	3.1	0.9
	条播型 H	60.0	3.2	0.0	0.0	100.0	5.4	2.9	0.5

圃場試験。品種はヒノヒカリ。

1) 切れ目の形状名は第2図に基づく。

率は60%であり、点播型における苗立ち率に比べて約10%劣るのみであった。1m<sup>2</sup>当たりの欠株(相当)数は0であり、点播型の1.3に比べて優っていた。また苗立ち数も100であり、点播型の77より多かった。条播型Hにおける苗立ち率および苗立ち数の標準偏差は点播型と同等であり、条播型FとGよりも低く、苗立ちが安定していることを示唆している。点播型と条播型Hの間に雑草の発生数に大差はなかった(第2表)。

### 考 察

本研究は、代かきをし落水した水田で、再生紙の土壤密着側に固定されたイネ種子が発芽し、再生紙の切れ込みを通じて鞘葉が出芽し、葉と根が形成され、苗立ちできることを証明している。イネ種子は無酸素下でも発芽し、鞘葉を伸長できるが、葉と根の生長には酸素を必要とする(Alpi and Beevers 1983)。出芽できなかったイネ種子では鞘葉は伸長しているが第1葉や根は生長していなかったことから、再生紙と土壤の間で種子は酸素不足に陥っていたと推察される。イネは無酸素下で鞘葉を伸長させ、再生紙の切れ込みを通じてマルチの上に出て、酸素を獲得して第1葉と根を生長させ苗立ちを完了していると考えられる。

嫌気土壌条件下でもイネは出芽し苗立ちできるが、その時の苗立ちの安定さは好気条件下に比べて劣る(山内1997a)。圃場試験においても条播型F、GおよびHの苗立ち率は、種子が好気条件下におかれている点播型に比べて低かった。

本研究結果は、切れ目の形状が苗立ち率に影響を与えることを示している。パット試験において条播型EとFでの苗立ち率が条播型CとDに比べて高かった要因は、鞘葉が切れ目を通して伸長しやすかったためであると推察できる。圃場試験において条播型Hにおける苗立ち率が条播型FとGに比べて高く、また標準偏差が小さかったのは、鞘葉が切れ目に到達できる確率が高かったためであろう。それは切れ目と種子の胚(ここから鞘葉が生長を開始する)との位置関係や距離が他の条播型に比較して一定であったためであると推察できる。条播型Hにおいては鞘葉が切れ目と平行方向に伸長しなければ切れ目に到達でき

る。一方、条播型H以外では鞘葉の伸長方向に必ずしも切れ目が位置していないため、切れ目に到達し出芽できる種子の数は変動する。

圃場試験において、試験2の条播型Gにおいては苗立ち率が低いにも関わらず試験1の条播型Fより苗立ち数が多かった(第2表)。条播型Gにおいてはシードテープに封入した種子量が2cmに1粒であり、条播型Fの3cmに1粒に比べて多かったためである。

再生紙に切れ目を持つ条播型では、植え穴を持つ点播型と比較して土壤表面の露出が小さいので、雑草の発生はより強く抑制されると考えられる。雑草の発生については、圃場の履歴のみでなく苗立ち時の水管理によっても影響される。また、条播型ではイネ種子は嫌気条件下にあり、出芽は水条件、温度、土壤特性によって影響され不安定になりやすく、雑草との競合性の程度も、イネ種子が好気条件下に保たれる点播型とは異なるであろう。また本研究では、防鳥網を使用して鳥害を防いだ。今後、鳥害をも含め、様々な圃場条件下での試験が必要であろう。

再生紙マルチ直播栽培を実用化するためには、直播シートの製造コストは低くなければならない。条播型直播シートの製造にあたっては、点播型における植え穴を切れ目に、また種子を不織布で挟む工程がシードテープに種子を封入する工程に取って代わる。本研究は再生紙マルチを利用した条播直播による苗立ちが可能であることを示すにすぎないが、再生紙マルチ直播栽培の実用化にあたっては、直播シートの大量生産によるコストの低減化という観点からの技術開発および評価が必要である。

謝辞: 本研究における圃場試験の実施にあたり、中国農業試験場藤村一人氏にお世話になった。

### 引用文献

- Alpi, A. and H. Beevers 1983. Effect of O<sub>2</sub> concentration on rice seedlings. *Plant Physiol.* 71: 30-34.
- 入子善助・塩野勇 1968. シーダー農法の実際. *農及園* 43: 29-33.
- 小林勝志・湯谷一也・伊藤邦夫 1995. 農用再生紙の水田マルチングによる雑草抑制と水稻栽培. *農業技術* 50: 168-173.
- 津野幸人・山口武視・中野淳一・河上英俊 1993. 水稻の再生紙マルチ栽培の理論的根拠ならびにその応用試験. *日作紀* 62 (別1): 28-

29. 上野秀人・志村もと子・山内稔 1997. 再生紙マルチ直播栽培の開発. 日作中支集録 38: 46-47.
- 梅原寧 1968. シーダー農法によるそさいの省力栽培. 農業技術 23: 306-310.
- 山内稔 1997a. 湛水土壤中における直播水稲の苗立ち. 土肥誌 68: 467-476.
- 山内稔 1997b. 水稲の再生紙マルチ直播技術開発の現状と発展方向. 日作紀 66: 710-713.
- 山内稔 1997c. 水稲の再生紙マルチ直播における苗立ち特性. 日作紀 66(別2): 185-186.

**Rice Seedling Establishment in Drill Direct Sowing with the Use of Recycled-Paper Mulch: Minoru YAMAUCHI\***  
(*Chugoku Natl. Agr. Exp. Stn. Fukuyama 721-8514, Japan*)

**Abstract:** The use of recycled paper mulch for rice cultivation eliminates the need to use herbicides. The technology of transplanting with recycled paper mulch has been established and used by farmers in Japan. To reduce the labor requirement of transplanting with recycled paper mulch, we developed a direct sowing method with recycled paper mulch. Currently, we hold five rice seeds between two layers of non-woven cloth and paste them on a planting hole of the recycled paper. The seeds are attached to the paper in a hilly manner at 30×15 cm spacing. The paper is spread on the surface of puddled soil after drainage. The problem is that the seedlings are apt to be eaten by birds because the seeds are on the soil surface and exposed to the air. In addition, the complex structure of the seed-attached recycled-paper prevents the low cost mass production. We assumed that attachment of the seeds accommodated in a seed tape underneath the paper which has slits for the emergence of seedlings would reduce the damage by birds and make mass-production possible. This study was conducted to reveal the feasibility of seedling establishment of seeds placed underneath the paper mulch. The seedling establishment was controlled by the shape of the slits. When two lines of slits were made in parallel 5 mm apart, and the seed was placed every 2 cm in the seed tape between the slits, we achieved seedling establishment of 60% and 100 seedlings per m<sup>2</sup>, suggesting the feasibility of drill direct sowing with recycled paper mulch.

**Key words:** Direct sowing, Mulch, Recycled-paper, Rice, Seedling establishment, Sowing method.