原著論文

葉ネギ裸種子用播種機の開発

川本靖信・今村城久・寺沢秀和・南部哲男

日本甜菜製糖株式会社 総合研究所

Development of Seeding Machine for Welsh Onion Seeds without Seed Coat

Yasunobu KAWAMOTO, Kunihisa IMAMURA, Hidekazu TERASAWA and Tetsuo NAMBU

Reserch Center, Nippon Beet Sugar Mfg., Co., LTD.

1. 緒言

日本におけるネギの種類は、非分けつ性で軟白部分が長い根深ネギ（白ネギ）と、分けつ性で白い部分が短い葉ネギ（青ネギ）に分かれており、前者は関東地方、後者は関西地方を中心に栽培されている。平成12年のネギの作付面積は約25,100haであり、このうち葉ネギは30%程度を占めると推定される（農林水産省 2001）。葉ネギの栽培方法は、シードテープまたは播種機で裸種子を直播する方法が一般的であるが、近年、①栽培日数が短縮され、ハウスや露地の回転率が高くなる、②土壌病害の被害が軽減される、③品質や収量が向上する、などの理由からペーパーポットやセルトレイなどの育苗容器を用いた移植栽培が普及してきている。

しかし、葉ネギを移植栽培する場合、一株当たり10本前後の苗立ちを確保する必要がある、10a当たりの種子量は500,000～600,000粒にのぼる。育苗容器1穴への播種粒数について精度高く播種可能なコート種子は価格が高く、種子を多量に用いる葉ネギには一般的に使用されていない。葉ネギ栽培にはもっぱら裸種子が用いられているのが現状である。

裸種子の形状は写真1(a)に示すように長径3mm、短径2mm、厚さ1mm程度であり、写真1(b)に示す直径4.0～4.5mmの球形をしたコート種子（規格LL

(a) 裸種子 (b) コート種子

写真1 葉ネギ種子

の場合) と比べ、小さく不揃いである。このため、播種板を用いた人手による播種方法が採られているものの育苗容器1穴への播種粒数のバラツキが大きく、労力も多くかかっている。水稻については、多粒播きで均一な苗立ちを確保するため、これまでに繰出装置の研究がいくつか発表されている（小田原ら1988、中村ら1997、富樫ら2001）。しかし、野菜用裸種子への関心はそれほど小さくなく、普及はほとんど見られていない。自動播種機は一部に使用されているが、コート種子用の播種機であるため、播種板と同様にこのバラツキが大きく、また播種量の微妙な調節ができないなどの問題がある。

そこで本研究では、①種子を繰出すロール（以下、繰出しロールと表す）の表面に付設した種子を定量的にすくい上げる穴（以下、種子計量用セルと表す）の実用的な形状の検討、②繰出しロールなどの種子に接触する部分の静電気発生の抑制、③繰出しロールとロールカバーとの間を密着させ、種子が挟まることの防止、④上下に可動する回転ブラシでかき取り量を調整することによる繰出し量の調節、⑤種子ホoppaは実用を想定し、約1時間連続運転できる容

平成15年 1月10日受付

平成16年11月19日受理

Corresponding author

川本靖信 Yasunobu KAWAMOTO

〒080-0831 北海道帯広市稲田町南9線西13番地

Inada-cho, Obihiro, Hokkaido, 080-0831, Japan

E-mail : kawamot@nitten.co.jp

量, という5つの目標をみたとペーパーポット用の実用的な葉ネギ裸種子用播種機の開発を行った。ここでは, これらの機械開発の概要と生産農家での性能試験の結果について報告する。

2. 材料および方法

種子計量用セルの形状や主要機構の検討を目的に実験機を製作した。

1) 実験機の全体構造

図1に示す構造で, 外径200mmのアルミニウム合金製の繰出しロールに, ペーパーポット(規格BP253)のピッチに合わせて種子計量用セルを加工した。回転ブラシは種子ホップとロールカバーとの間に上下可動に配置した。ロールカバーは繰出しロールの前方約1/3を被い, 繰出しロールのほぼ真下で種子を放出する構造とした。なお種子ホップは本実験機に限り種子の挙動を観察できるようにアクリル製とした。

本実験機を搭載した既開発の土詰播種装置を図2に示す。繰出しロールの回転は, ペーパーポット搬送速度に同調させて4.7rpmとした。また繰出しロールの下面と播種されるペーパーポット上面の間隔は, 種子の飛散をできる限り防止するためペーパーポット搬送に支障のでない範囲で, 最小の10mmとした。

2) 実験1 種子計量用セル形状の予備検討

(1) 供試種子計量用セルの形状

事前の調査から10粒/セルの種子をすくい上げる

には, 100mm³前後のセル容積を必要とすることが得られているので, その穴形状を直径6.0mm, 深さ4.2mm, 容積118.8mm³とした。

(2) 試験方法

上記繰出しロールを組み込んだ実験機を図2の土詰播種装置に搭載し, モータにより回転させて種子をすくい上げたあと繰出しロールを停止させ, ロール表面以上に繰出され盛り上がった種子を人手によるブラシでかき取った。その後, 一つのセルごとに種子をかき出し, その粒数を計測し, 粒数/セル(以下, 繰出し量と表す)とその変動係数(Cv)を調査した(以下, 種子計量精度と表す)。なお供試種子は比較的多く栽培されている「わかさま黒」(1999年産)を用いた。

3) 実験2 種子かき取り用回転ブラシの検討

(1) 供試回転ブラシとその作用

種子ホップから種子計量用セルによってすくい上げた種子は, 繰出しロール表面から飛び出して盛り上がり, セルの容積以上になる現象が見られた。繰出し量はセルの形状と容積により規制するので, ロール表面から飛び出した余剰種子を種子ホップ内にかき落とす必要がある。また繰出し量が種子の大きさに影響を受けないように, かつ繰出し量の調節も可能なように, 繰出しロール表面に対し回転ブラシの作用高さを変更できるようにした(写真2)。

供試回転ブラシの外径は50mmとし, 種子への接触むらを無くするため全面植毛とした。回転ブラシは, かき落とされた種子が種子ホップ方向に戻るよう繰出しロール上方の種子ホップ側に配置した。また線径や材質により弾性が異なり, これがかき落とし性能に影響することが考えられたので線径は0.15, 0.2, 0.3, 0.5mmの4種類を供試した。なお材質

図1 実験機の主要構造

図2 実験に用いたコート種子用土詰播種装置の概略側面図

写真2 実験機の回転ブラシ部

は一般的な播種機に多く用いられているナイロンとした。

(2) 試験方法

回転ブラシの回転数は繰出しロールの周速に対して1.5倍のブラシ周速である28rpm, 2.7倍の50rpm, 5.4倍の100rpmの3段階、回転ブラシの作用位置は繰出しロール表面に対して-2mm, -1mm, 0mmの3段階とした。種子ホッパーに種子を供給して繰出しロールを駆動し、各部の動きが定常になったところで停止し、回転ブラシとロールカバーとの間で各セルに充填された種子の粒数を計測した。

4) 実験3 ロールカバーに対する検討

(1) ロールカバーの作用

繰出しロールにより繰出された種子はロールのほぼ真下の位置でペーパーポットなどの育苗容器に放出される。セルと回転ブラシにより計量された種子を、その状態で放出位置まで保持させるために、この間、繰出しロールを被うカバーが必須となる。在来のロール式播種機は写真1(b)のようなコート種子を対象とし、1セル当たり1粒の繰出しであるので、ロールとカバーとの間隙はコート種子の直径より小さければ種子がセルから飛び出すことはない。一方、裸種子の場合写真1(a)のように形状と大きさが不規則であり、かつ10粒/セルほどすくい上げるので、ロールとカバーとの間に僅かな隙があっても、そこに種子が挟まり破損することが多く、放出位置まで安定して種子を保持できない。そこで、ロールカバーの内側をゴムスポンジと摩擦係数の小さいポリエチレンシート（帯電防止品）により構成することで繰出しロールとロールカバーを密着させ、種子の挟まりと破損の防止を試みた。

(2) 試験方法

ポリエチレンシートの厚さの違いによる耐久性を見るため、カバー内側に3mmのクロロプレンゴムスポンジを貼り、その上に厚さ0.13mmと0.25mmのポリエチレンシートを左右半分ずつ貼り付けた。このとき、0.12mmの厚さの差は、繰出しロールとロールカバーを密着させたときのスポンジのたわみで吸収させ、同じにした。種子ホッパーに種子（品種：わかさま黒）を充填し、ペーパーポット5,600ユニット（葉ネギ栽培面積約7ha）への播種に相当する20時間を連続運転し、一定時間ごとに停止させ、損耗状態を観察するとともに、繰出しロール周速に同期させて搬送されているペーパーポットの1穴に播かれた粒数（以下、播種量と表す）を計測した。同時に

図3 供試ペーパーポット(BP253)ーユニットの構造

播種量の変動係数（Cv）を調査した（以下、播種精度と表す）。測定点数は1処理につき35穴、6反復とした。供試したペーパーポットはBP253と呼ばれる直径25mmの円に内接する六角形状で1ユニットに364穴が図3に示すように配置されている。

次に、ゴムスポンジに変形が生じるとロール表面とシートとの密着性が悪くなり播種精度の低下が予想される。材質や硬度の違いによる経時的変形を見るため、クロロプレンゴムスポンジ（硬度25）およびEPDMゴムスポンジ（硬度5）をカバー内側に左右半分ずつ貼り付け、上記と同様の方法で連続運転時間を40時間、測定点数は1処理につき105穴、3反復とした。

5) 実験4 品種別種子容積と種子計量用セル形状

実験1で、繰出し量が目標より多かったことから、改めてセル形状を検討した。また品種間と採種年度によって種子の容積が異なり、これが繰出し量に影響することが予想されたので、併せて調査した。

(1) 種子容積調査

供試種子は1999年度産の7品種とした。25mLのメスシリンダーに振動を与えながら種子を詰め、20mLまで充填されたときの粒数を計測した。

(2) 供試セル形状

同じセル容積であっても穴径と穴の傾きによって種子の繰出し量や回転ブラシの作用は異なることが予想される。実験1の結果をもとに約20%減じたセル容積を基準に、図4(a)に示す種子繰出しロールの中心方向のセルと、図4(b)に示す中心方向に対してロール回転方向に30度傾斜させたセルとを組み合

表1 供試種子計量用セルの形状

セルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
角度(度)	30	30	30	30	30	30	30	30	0	0	0	0	0	0
直径(mm)	5.5	5.5	5	5	5	5	4.5	4.5	5.5	5.5	5.5	5	5	5
深さ(mm)	4.5	4.4	5.2	5.0	4.9	4.7	5.9	5.7	4.5	4.2	4.1	4.4	5.0	4.7
容積(mm)	106.9	104.5	102.1	98.2	94.4	92.3	93.8	90.7	106.9	99.8	97.4	86.4	98.2	92.3

図4 角度別の種子計量用セル形状

わせて、計14種のセルを1本の種子繰出しロールに1種類ごと円周方向に26穴配置した。供試したセルの形状を表1に示す。

(3) 試験方法

本種子繰出しロールを組み込んだ実験機を実験1と同様に土詰播種機に搭載し、モータにより回転させて種子を繰出したあと繰出しロールを停止させ、回転ブラシとロールカバーとの間で、一つのセルごと種子をかき出し、その粒数を計測した。測定点数は、1処理につき26セル(ロール1回転分)、5反復とした。種子は表2に示す一番粒数が多い「わかさま黒」と、1割少ない「夏っこ」の2品種を供試した。

6) 実験5 試作機の開発と性能試験

実験1から4の試験結果にもとづいて、試作機の開発を行った。また、これらを用いて、実験3と同様の方法で播種量および精度について調査を行った。また、実証試験として宮城県の2箇所、19戸の葉ネギ生産農家でペーパーポット(規格BP253)に計2,400ユニットの土詰播種を行った。

3. 結果および考察

1) 実験1 種子計量用セル形状の予備検討

繰出し量は平均14.8粒/セル、種子計量精度はCv10.1%であった。繰出し量は目標とする10粒/セルよりも多い結果となった。これは事前調査に用いた

(b) 種子計量精度

(a) 繰出し量

図5 回転ブラシの作用位置による繰出し量と種子計量精度

平板と本試験のロールとの違いや人手による種子の充填とモータによる連続的な充填の違いなどによるものと思われた。繰出し量が目標と異なったことから実験4の項で種子計量用セル形状の再検討を行った。

2) 実験2 種子かき取り用回転ブラシの検討

回転ブラシの線径と作用位置を変えたときの繰出し量を図5(a)に示す。作用位置を-2mmから0mmに変化させたとき、いずれの線径も繰出し量がほぼ直線的に増加した。このことはブラシの作用位置を変えることによって繰出し量が調節可能であることを意味している。また線径が大きいほど繰出し量は少ない傾向にあり、そしてブラシ位置が-2mmのときが線径による繰出し量の差は最も大きいことも判った。種子計量精度を図5(b)に示す。ブラシ線径が小

図 6 回転ブラシの回転数による種子計量精度
ブラシ線径 0.2mm, ブラシ作用位置-1mm

さいほど、またブラシの作用位置が 0mm に近いほど Cv 値は小さく種子計量精度が良い傾向であった。

ブラシの回転数を変えたときの種子計量精度を図 6 に示す。回転数を変えても種子計量精度の変化は小さかった。なお線径 0.5mm の回転ブラシは、弾性が大きく、種子を装置外にはね飛ばす現象が多く見られたので、本用途に使用するの是不適当と判断して調査から除外した。

線径 0.15mm は、0.2mm に対し弾性が小さいため、繰出し量が回転ブラシの作用位置で 9.7～11.9 粒/セルとなり、目標の 10 粒/セルよりも多くなった。一方、0.3mm は、作用位置による変化割合が大きかったが、繰出し量が少なくなるほど Cv 値が大きくなり種子計量精度が悪くなった。これらの結果から、本播種機として開発目標とする 10 粒/セルに近く、種子計量精度が良い線径 0.2mm が実用的と判断した。

3) 実験 3 ロールカバーに対する検討

(1) シートの耐久性と播種精度

厚さ 0.13mm のポリエチレンシートは運転開始約 1 時間から変形が始まり、20 時間経過後の変形は著しく、一部に破損が見られた。また図 7 に示すように厚さ 0.13mm のシートは播種精度の Cv 値も大きい。これはシートの変形により、ロール表面とシート間に隙が生じ、種子がセルから外れ、ロール表面とシートの間に挟まりながら放出された割合が多かったためと推測された。一方、厚さ 0.25mm では 20 時間経過後でも大きな変形が見られなかった。

(2) ゴムスポンジの経時変化

40 時間運転後のゴムスポンジの変形程度は EPDM ゴムスポンジよりクロロプレンゴムスポンジが明らかに小さく、播種精度の Cv 値も図 8 に示すようにクロロプレンゴムスポンジが全体的に小さい。これは変形程度の差が播種精度に影響したと思われる。

以上から厚さ 0.25mm のポリエチレンシートと厚さ 3mm のクロロプレンゴムスポンジ (硬度 25) の

図 7 ポリエチレンシート厚さ別の播種精度

図 8 ゴムスポンジ材質別の播種精度

表 2 品種による葉ネギ種子の粒数

品 種	20mL 当たりの粒数 (粒)
わかさま黒	4,567
わかさまパワー小葱	4,420
夏どり若香	4,264
四季用小ねぎ (青っこ)	4,335
夏用小ねぎ (夏っこ)	4,152
アクアグリーン小葱	4,046
緑川小葱	4,024

1) 採種年は 1999 年

組み合わせが実用的に妥当と判断した。

4) 実験 4 品種別種子容積と種子計量用セル形状

品種別の種子粒数を表 2 に表した。一番粒数が多い品種は「わかさま黒」、少ない品種が「緑川小葱」であり、粒数に 1.13 倍の違いがあった。このことから「緑川小葱」に必要なセル容積は「わかさま黒」に対し 1.13 倍になることが判った。

図 9 は回転ブラシの位置を 0mm としたときの供試セルごとの繰出し量と種子計量精度 (Cv) を示す。図の横軸に表示した数字は供試セルの種類を表し、表 1 の番号と一致させている。図 9(a) から繰出し量は、セルが深くなるほど増加する傾向であり、セル

(b) 種子計量精度

(a) 繰出し量

図9 セルの種類による繰出し量と種子計量精度

No.1, 2, 3, 5, 7, 9, 10, 12, 13 が、開発目標とする 10 粒 / セルに近いことが認められた。このとき品種間で 0.04 ~ 0.80 粒 / セルの差があることも認められた。一方、図 9(b) から種子計量精度は、直径が大きく、かつ深さが深くなるほど良くなる傾向にあり、セル No.1, 6, 7, 9 が良いことが認められた。これは、種子が入りやすく、かつセル容積以上にすくい上げた種子以外にはブラシの影響を受けないセル形状になっているためと推測された。一方、30 度傾斜させたセルの場合は、同一直径の 0 度のものよりもセルの開口面積が大きく、ブラシの影響を受けやすくなるため、逆の傾向も一部に見られた。品種間で差が小さいものは、セル No.3, 6, 8, 10, 13 だった。

これらの結果から、目標とする繰出し量が確保でき、かつ種子計量精度と品種間の種子計量精度の差も考慮した結果、セルNo.1, 3, 5, 7, 9, 12, 13の7種のセルを選別した。これを用いて回転ブラシの作用位置を-1mm, 0mm, 1mmの3段階に変えたときの供試セルごとの繰出し量を調査した。繰出し量は、図10からセルNo.1, 3, 9, 12が品種にかかわらず目標とする10粒/セルを満たしていた。またセルNo.1とNo.9は回転ブラシの位置により繰出し量がほぼ直線的に変化し、その変化割合が大きかった。このことは繰出し量の調節が容易であることを意味し、実用上望ましい。

以上から種子繰出し量，種子計量精度，繰出し量調節の容易さを総合した結果，実用にはセル No.1 が最も適し，次にセル No.9 が適していると判断した。

5) 実験5 試作機の開発と性能試験

(1) 構造の概要

試作機の構造を図 11 に示す。

(g) セル No.13

(e) セル No.9

(f) セル No.12

(c) セル No.5

(d) セル No.7

(a) セル No.1

(b)セル No.3

図 10 セルの種類と回転ブラシの位置による繰出し量

図 11 試作機的主要構造

①種子計量用セルの形状は、セルNo.1が適しているが、製作上の容易さを考慮して、繰出しロールの中心方向に穴をあけたNo.9（直径5.5mm、深さ4.5mm）を採用した。

②静電気の発生を抑えるため、種子ホッパ、種子繰り出しロールなどの主要部は、プラスチックの使用を避けた。

③種子繰出しロールとの密着性を高めるためロール

カバーの強度部材（鋼製）の真円度は0.2mm以内とし、カバーの内側に摩擦低減と種子破損防止のため、厚さ3mmのクロロプレンゴムスポンジを貼り、更に厚さ0.25mmのポリエチレンシート（帯電防止品）を貼った。

④回転ブラシは、ナイロン製で外径50mm、線径0.2mmを全面植毛し、播種量調整のため、繰出しロールに対するブラシの作用位置を-1～1mmの間で無段階に変更できるようにした。またブラシ回転数は既土詰播種機の伝動機構から駆動の取りやすい28rpmとした。

⑤種子ホッパーの容積は、無補給で1時間程度連続運転できる9Lとした。

(2) 性能試験

実験3と同様な方法で計測した。「わかさま黒」と「夏っこ」を用いた回転ブラシ位置による播種量とその精度を表3に示す。回転ブラシ位置により播種量は「わかさま黒」9.6～12.5粒/穴、「夏っこ」で9.5～11.6粒/穴の範囲で調節可能であることが判った。播種精度はCv16%以下と安定していた。また、100時間経過後も調査したところ、播種量、播種精度ともに大きな変化はなかった。

表3 試作機の播種量と播種精度

ブラシ位置 (mm)	わかさま黒		夏っこ	
	播種量 (粒/穴)	播種精度 (Cv%)	播種量 (粒/穴)	播種精度 (Cv%)
-1	9.6	15.9	9.5	15.2
0	11.6	13.4	10.0	15.8
1	12.5	14.5	11.6	13.8

写真3 実証試験

(3) 実証試験

2001年、試作機を用いて宮城県の2箇所、19戸の葉ネギ生産農家でペーパーポット（規格BP253）に計2,400ユニットの土詰播種を行った。実証試験風景を写真3に示した。品種は「大黒宝葱」、「鴨頭ねぎ」、「才次郎」であった。回転ブラシ位置の調整により、いずれの品種もペーパーポット1穴あたり10粒の播種量を確保でき、また機械的なトラブルも発生しなかった。

以上のことから、試作機は実証試験においても目標どおりの性能をほぼ発揮し、耐久性も含めて実用に十分供し得ることが立証されたものと判断できる。

4. 摘要

ペーパーポット1穴あたり約10粒播種できる葉ネギの裸種子用播種機の開発を目的に、種子繰出しロールのセル、回転ブラシおよびロールカバーの機能と構造を検討した。併せて、検討結果をもとに実用的な試作機を製作し、その性能を確認した。

- 1) 種子を定量繰り出すセルの形状は直径5.5mm、深さ4.5mmの垂直穴が種子繰出し量、種子計量精度および製作上から最も適当と判断した。
- 2) 7品種の種子を調査した結果、一番粒数が多い品種は「わかさま黒」、少ない品種が「緑川小葱」であり、粒数に1.13倍の違いがあった。
- 3) 回転ブラシは繰出しロール周速の1.5倍以上あれば、余剰種子のかき取り性能に差がなく、また繰出しロールとの間隔を-1mm～1mmに変化させることにより種子計量精度をあまり落とさずに繰出し量の調節ができることが判った。
- 4) ロールカバーと繰出しロールとの密着性を確保することと、種子およびロールとの摩擦低減を目的にカバーの内側に硬度25、厚さ3mmのクロロプレンゴムスポンジと厚さ0.25mmのポリエチレンシートを順に貼り付けた構造とした。
- 5) 試作機の性能を調査したところ、目標とする10粒/穴の播種量を達成し、そのときの播種精度はCv16%以内であった。また品種にもよるが2～3粒/穴の範囲内で播種量を調節することができた。宮城県内の19戸の農家に供試したところ、これらの性能が維持され、機械的なトラブルも発生しなかったため、実用に十分供し得るものと判断した。

キーワード

葉ネギ, 裸種子, 播種機, ペーパーポット, 種子計
量精度, 播種精度

引用文献

- 中村喜彰・大角雅晴・斉藤正道 (1997) : コーティン
グ種子の繰り出し装置に関する研究, 農業機械
学会関西支部報82 : 29~30
- 農林水産省統計情報部 (2001) : 平成12年産野菜の作
付面積, 収穫量および出荷量 (野菜計, 根菜類,
葉茎菜類, 葉菜類, ばれいしょ), 農林水産統計
速報13-112 (生産-47), 30-33
- 小田原和弘・荻原武雄・及川光史・高橋修 (1988) :
水稻育苗用播種機の性能, 農業機械学会東北支
部報35 : 17~20
- 富樫辰志・下坪訓次・吉永悟志 (2001) : 水稻代かき
同時打込み点播機の点播特性, 農作業研究
36(4) : 187~194

Summary

We developed a seeding machine for Paperpot™ system in which approximately 10 seeds of Welsh onion seeds without seed coat are sown in 1 hole. We examined the cell of a cell roll structure, the rotary brush and the cell roller cover, and made a prototype using the frame of a seeding machine as a basis.

- 1) We investigated the seeding accuracy of 14 different combinations of hole diameters, depths

and inclinations in order to find the proper hole dimension for the cell that would allow for 10 ± 2 seeds per pot. The cell had 14 lines of holes with each hole in each line having the same diameter. The seeding accuracy was examined at different brush positions. The optimum hole diameter was 5.5mm, inclination was vertical and depth was 4.5mm.

- 2) The seed size varied with the variety of Welsh onion. We investigated the seed size since the seeding rate would change when working with different seeds.
- 3) The following results were recorded during the performance test of the seeding machine. When the brush position was -1mm ~ 1mm, Seeding accuracy was less than Cv16%. We accomplished our goal of sowing 10 ± 2 grains of seed in 1 pot. We judged that our machine could be used efficiently focussing on seeding accuracy and machine reliability.
- 4) As a result of practical trials with nineteen farmers in Miyagi we found that there were no mechanical trouble with the seeding machine. As a result of these tests, this machine was developed and sufficient practical applications were confirmed.

Key Words

Welsh onion, Seeds without seed coat, Seeding machine, Paperpot™, Feeding accuracy, Seeding accuracy