

スイートコーン種子のパターン化による 目皿セルの形状決定

永田雅輝*, 古池寿夫**, 岡田芳一*, 御手洗正文**, 石川勝美*

Decision on Shape of Cells for Plate Seed-metering
Device by Seed-pattern with regards to Sweet Corn Seeds

Masateru NAGATA*, Toshio FURUCHI**, Yoshiichi OKADA*,
Masafumi MITARAI** and Katumi ISHIKAWA*

(平成 元年9月11日 受理)

The base of planting the sweet corn seeds on the mulch cultivation is the planting of the single seeds. In the case of an inclined-plate seed-metering, the performance of metering the single seeds is being influenced considerably by the shape of cells.

The rational shape of cells is decided by assuming the shape of various seeds. In this case, we proposed a procedure for deciding the shape of cells by seed-pattern and investigated the adaptability on the shape of cells. Five varieties in sweet corn were selected for the test, and the video pattern analyzer was used for measuring the pattern of seeds. After calculating the datum by the personal computer, the pattern of seeds was drawn up by X-Y plotter.

The formulas for deciding this cell type and the shape coefficient were proposed for deciding the shape of three cells, i. e. a circle, a rectangle and an elongated circle.

The adaptability for the single seed-metering at the circle cell type and at the elongated circle cell type were 90% and 60% respectively. The latter was not a good one when compared to the former. This is because there were many seeds entering into the cells vertically.

The adaptability for inclusive of two seeds-metering at the circle cell and at the elongated circle were above 98% and 80~90% respectively. From these results, the formulas for deciding the shape of cells were high conformation.

Key words : Planter, Mulch seeder, Sweet corn, Plate seed-metering cell

1. 緒 言

宮崎県は、南九州特有の温暖気候特性を生かした早

期栽培技術が極めて発達している。その技術は数多くの作物に生かされ、他県に先駆けた農作物出荷を可能にし付加価値を高めている。近年、スイートコーンもハウスやマルチによる早期栽培が導入され、年々規模

拡大されている。^{1) 2)}

一般に、スイートコーン播種ではマルチ栽培に限らず1粒播きが基本である。その種子はF1種で、その形状は不整形で、形状も品種間で異なるので、播種機構には目皿式の他、最近では真空式や空気式等の精密機構も利用されるようになった。^{5) 6)}

本研究は、マルチ栽培におけるスイートコーン播種用マルチシーダーの開発研究の一環として、その播種機構に傾斜型目皿式を用いる場合の1粒播種において、正確な1粒計量が可能なセルの形状を明らかにしようとするものである。

即ち、目皿セルでの確かな播種粒数を計量確保するには、まず第一の要因は対象とする種子とセルの大きさを一致させることである。従来のセル計量機構では、一セルで複数粒の計量をするのが普通であったので、これらの大きさの一致は漠然としていた。³⁾ そこで、今回は、一セルで1粒の計量を目的とするので、種子とセルはこれまでの大小のみの「大きさ」ではなく「形状」を問題とする。⁵⁾ よって、数値化、パターン化した種子形状から適正なセル形状を得るための形状決定式の提案とその適合性を検討したので報告する。

2. 実験方法

(1) 供試種子

供試したスイートコーン種子は、第1図に示すようなハニーバンタム20、ミルクィー100、ルーシー90の他にハニーバンダム36、アメリカンスイートNo1の5品種で、いずれも殺菌剤が粉衣されて萎縮した形状をしていた⁷⁾。

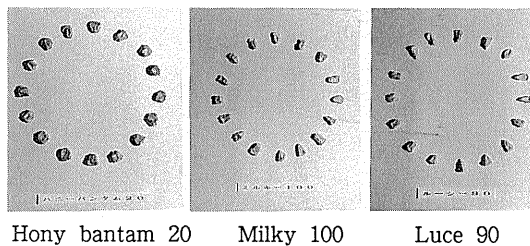


Fig. 1. Sweet corn seeds for testing

(2) 形状測定

①測定装置

種子形状の計測は、第2図のビデオパターンアナライザ (VPA-750) を使用した。本器はTVカメラを通してモニタに映し出した物体の形状及びその面積を精密計測できる。今回は、供試種子が小さいので実体顕微鏡で拡大計測した。データ処理にはパーソナルコンピュータ (PC-9801VM2), 及びX-Yプロッタ (DXY-980) を用いた。

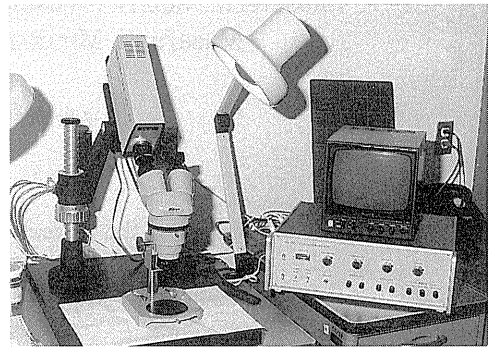


Fig. 2. Video pattern analyzer

②形状の測定方法

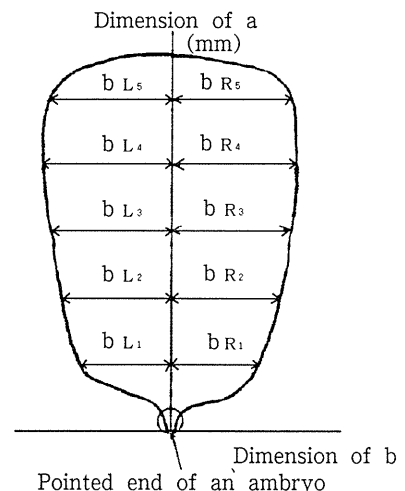


Fig. 3. Location of shape measurement

形状測定は、第3図に示すような尖帽部の先端を通るa方向の垂線を軸とし、尖帽部の先端から上方へ2mm間隔でb方向の左右の長さ (b_{L1} , b_{L2} , \dots , b_{R1} , b_{R2} , \dots) を計測 (測定個数は1品種につき50個) し、また種子正面の投影面積と種子の三軸方向の最大径を計測 (一品種につき200個) した。これらの各データはパソコンで平均値、標準偏差値を求め、X-Yプロットで種子のパターン図を描いた。

(3) 目皿セルの適合判定試験

前項で得た種子の形状から、適正なセルの形状を決定する要素を求めて、目皿セルを試作し、セル形状の適合判定試験を行なった。試験は、当研究室基礎実験室内の精密播種実験装置にてセルの計量回数が200回に達するまで連続回転させて、適合判定項目として

「1粒計量」, 「2粒以上計量」, 「目詰まり」, 「欠粒」の4項目について、目皿セルの周速度を2.3, 3.2, 4.3cm/sの速度要因毎に適合判定試験を行なった。

3. 実験結果及び考察

(1) スイートコーン種子の形状

種子形状の各位置における測定値を第1表に、パターン図を第4図に示す。これより、ハニーバンタム20と36は円形に近似した形状であり、ルーシー90、アメリカンスイートNo1、ミルキー100は、縦長の三角形に近似した形状であった。特にルーシー90はその傾向が顕著であった。

Table 1. Results of shape measurement

	Term *SD: Standard Deviation	Lacation from a point of an ambryo						Dimension of a	Seed area
		2mm	4mm	6mm	8mm	10mm	12mm		
Hony bantam 20	Sample seeds	49	49	49	49	24	0	49	200
	Average + σ	8.179	9.385	10.383	10.415	6.729	0	10.723	81.224
	Average + σ	5.727	7.077	8.103	7.045	1.829	0	9.147	64.706
	Average of b	6.953	8.231	9.243	8.730	4.279	0	9.935	72.965
	SD of b	1.226	1.154	1.140	1.685	2.450	0	0.788	8.259
Hony bantam 36	Sample seeds	50	50	50	46	16	0	50	200
	Average + σ	8.766	10.008	10.562	10.245	7.128	0	10.597	85.154
	Average + σ	6.058	7.624	8.358	6.205	2.948	0	8.587	66.306
	Average of b	7.412	8.816	9.460	8.315	5.038	0	9.592	75.730
	SD of b	1.354	1.192	1.102	2.110	2.090	0	1.005	9.424
American sweet No1	Sample seeds	50	50	50	50	39	8	50	200
	Average + σ	4.897	6.630	7.409	7.912	7.607	5.769	11.837	64.544
	Average + σ	2.767	4.506	5.095	5.284	3.597	0.903	9.807	47.936
	Average of b	3.832	5.568	6.252	6.598	5.602	3.336	10.822	56.240
	SD of b	1.065	1.062	1.157	1.314	2.005	2.433	1.015	8.304
Milky 100	Sample seeds	50	50	50	50	38	1	50	200
	Average + σ	5.621	6.817	7.441	7.694	7.277	2.400	11.530	72.535
	Average + σ	3.847	5.055	5.703	5.850	4.193	2.400	9.842	55.775
	Average of b	4.734	5.936	6.572	6.772	5.735	2.400	10.686	64.155
	SD of b	0.887	0.881	0.869	0.922	1.542	0	0.844	8.380
Luce 90	Sample seeds	50	50	50	50	38	16	50	200
	Average + σ	4.245	5.563	6.216	6.638	6.966	5.446	12.454	58.862
	Average + σ	2.059	3.761	4.464	4.526	3.660	1.566	9.886	45.088
	Average of b	3.152	4.662	5.340	5.582	5.313	3.506	11.170	51.975
	SD of b	1.093	0.901	0.876	1.056	1.653	1.940	1.284	6.887

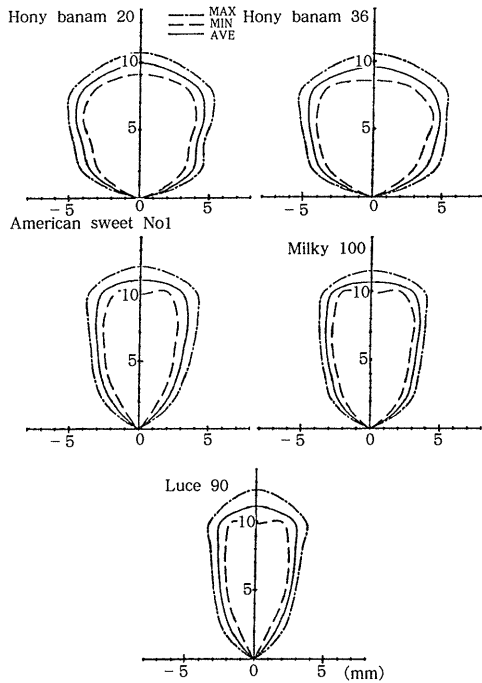


Fig. 4. Pattern of sweet corns

Table 2. Average size of sweet corns for testing

Variety	Length:a (mm)		Width:b (mm)		Thickness:c (mm)		Weigh of 1000seeds (g)	
	Average	SD	Average	SD	Average	SD		
Sweet corn	H o n y bantam 20	9.5	0.81	9.6	0.85	4.7	0.60	178.1
	H o n y bantam 36	9.3	1.22	9.6	1.00	5.1	1.08	180.9
	American sweet No.1	10.1	1.19	6.6	0.77	4.6	0.89	113.1
	Milky 100	10.1	0.83	7.1	0.64	3.9	0.52	114.2
	Luce 90	10.5	1.13	6.0	0.52	3.8	0.64	83.3

粒径は第2表に示すように、長さは9~11mm、幅は6~10mmの範囲にある。供試種子の最大長さはルーシー90の10.5mm、最小長さはハニーバンタム36の9.3mmであり、最大幅はハニーバンタム20及び36の9.6mm、最小幅はルーシー90の6.0mmであった。これらのデータから品種間の形状には明らかに相違があるので、品種毎に適切なセル形状を決定する必要が認められた。

(2) セルの形状決定式の導入

播種の基本要素の一つである播種粒数は、種子計量機構の影響を強く受けるが、同時に種子の形状要素も無視できない。一般に播種粒数を安定させやすい形状は球で、不安定なのは不整形形状のものである。前者の形状に近似する種子としては豆類があるが、多くの種子は不整形であるので、特に播種粒数を1粒播きあるいは少粒播きとする場合には、セルと種子の大きさが一致しないと、目標の粒数の確保は難しいし、確実にこなすには両者の形状一致が重要となる。

本研究では、種子の形状特性を考慮することにより、目皿式セルで1粒播きの安定確保の向上を狙うことから、種子の形状を詳細に調べ、それに一致するセルの形状を決めるものである。ただし、セルの形状は種子と全く同一形とすると、セルの加工上で問題があるので、両者の兼ね合いを考慮の上、①種子の形状に類似したセル形状とすること、②工作の容易な形状とすることの2項目を決定要素とした。

そこで、供試種子の形状を第4図及び第1表をもとに長さaと幅bの関係について見ると、ハニーバンタムはa=b、ミルキー、ルーシー及びアメリカンスイートはa>b、a≒1.4~1.7の関係にある。よって、セル形状のモデルは円形セル、長方形セル及び長円形セルの3種類とし、以下のように、これらのセル形状を求める簡易な決定式について検討を加えた。

①円形モデルセルのセル形状決定式

円形セルはドリル加工で簡単に作られることから、最も広く利用されている形状である。スイートコーン種子に対する円形セルの形状決定は次のようにして求められる。まず、種子の長さaの平均値 \bar{a} 及び2mm間隔での左右幅の和 b_1 の平均値 \bar{b}_1 の中の最大値を求め、それに各々の標準偏差 σ_a 及び σ_{b_1} を加えた $\bar{a} + \sigma_a$ 、 $\bar{b}_1 + \sigma_{b_1}$ を求める。次に、この両者を比較し、大きい方の値をもって円形セルの有効径とするものである。ただし、このセル形状では、種子の形状の標準偏差 σ を加算してはいるが、統計上では約31%の種子が計量

出来ない可能性がある。⁴⁾ もし+2σ, +3σを加算すると全領域の種子が計量出来るが、平均値以下の種子を計量する場合には、種子がセルに対して小さすぎて複数計量となり、1粒播きには不適合となるので、この両者のバランスが難しいといえる。

よって、求める円形セルの有効直径Dは、+σ値を考慮してD = (ā + σ_a または b̄ + σ_b) で決定する。

円形セルの面積A_cは次式で求める。

$$A_c = \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、D:有効直径 (mm)

②長方形モデルセルの形状決定式

本セルは長手の種子に適用する。セルの加工は円形セルほど簡単ではないが、長手の種子と円形セルの組合せでは隙間ができて複数計量になりやすいので、この隙間をなくすために長方形セルの形状を用いる。その形状は種子の長さ、幅から決める。

有効長さは長さaの平均値āとその標準偏差σ_aとの和ā + σ_aとし、有効幅は種子の2mm間隔の幅b_iの平均値b̄とその標準偏差σ_bとの和b̄ + σ_bの中で最大を示す値をとる。これらの値から長方形セルの面積A_sは次式で求められる。

$$A_s = A \times B \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (2)$$

A:有効長さ (mm) B:有効幅 (mm)

③長円形モデルセルの形状決定式

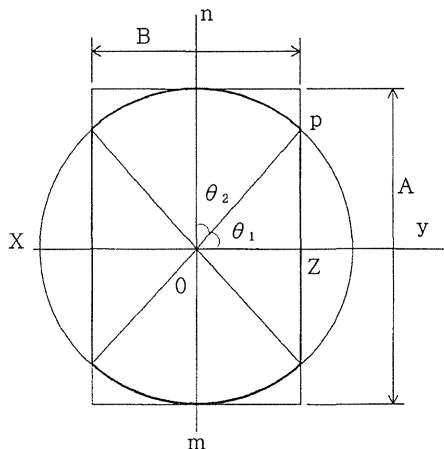


Fig. 5 The cell model of elongated circle

円錐形をした種子の場合、円形、長方形のいずれのセルでも隙間ができるので、その隙間を狭くするためには種子の形状に近いセル形状が望ましい。そこで、前項の円形セルと長方形セルの重心Oを重ねた共通部分の形状を長円形セルと称した。

長円形は第5図に示すような形状であるので、前項で求めた長方形セルの有効長さAと有効幅Bの値を用いてセル形状の決定式が導入できる。図において、直線mn, xyで4等分すると、等分された各面積は扇形と直角三角形の面積の和からなる。そこで、線分oz = B/2, 線分on = A/2より、長円形セルの面積は次式で求められる。

いま、直角三角形opzの底辺ozと斜辺opとの夾角をθ₁ (rag.) とすると、

$$\cos \theta_1 = \frac{OZ}{OP} = \frac{B}{A}$$

$$\therefore \theta_1 = \cos^{-1} \frac{B}{A} \dots\dots\dots (3)$$

よって、直角三角形opzの面積A_tは、

$$A_t = \frac{1}{2} \times \frac{B}{2} \times \frac{A}{2} \sin \theta_1$$

$$= \frac{AB}{8} \sin \theta_1$$

$$= \frac{AB}{8} \sin \left(\cos^{-1} \frac{B}{A}\right) \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (4)$$

次に、扇形の円周角をθ₂ (rag.) とすると、

$$\theta_1 + \theta_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2} - \theta_2$$

$$\cos \theta_1 = \cos \left(\frac{\pi}{2} - \theta_2\right) = \sin \theta_2$$

$$\therefore \theta_2 = \sin^{-1} \frac{B}{A} \dots\dots\dots (5)$$

よって、扇形の面積A_aは、

$$A_a = \pi \left(\frac{A}{2}\right)^2 \times \left(\frac{\theta_2}{2\pi}\right)$$

$$= \frac{A^2 \theta_2}{8}$$

$$= \frac{A^2 \sin^{-1} \frac{B}{A}}{8} \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (6)$$

故に、(4), (6) より長円形の面積A_eは、

$$A_e = 4 (A_t + A_a)$$

$$= 4 \left\{ \frac{AB}{8} \sin \theta_1 + \frac{A^2}{8} \theta_2 \right\}$$

$$= \frac{1}{2} (AB \sin \theta_1 + A^2 \theta_2)$$

$$= \frac{1}{2} \left\{ AB \sin \left(\cos^{-1} \frac{B}{A}\right) \right.$$

$$\left. + A^2 \sin^{-1} \frac{B}{A} \right\} \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots (7)$$

以上のモデルセルの決定式より求めた各種子の有効径、有効長さ、有効幅及び、面積は第3表のようになっ

た。

(3) モデルセルと種子との面積比較による形状決定係数

決定式から求めたセルの面積(大きさ)は、種子の

影像を二値化してパターンアナライザで求めた種子の実測面積を包含する大きさ(面積)としなければならない。

Table 3. Effective dimension and area of various cell type

		Hony bantam 20	Hony bantam 36	American sweet No.1	Milky 100	Luce 90
Circle	Dimension	10.7	10.6	11.8	11.5	12.5
	Area (mm ²)	89.9	88.2	109.4	103.9	12.7
Rectangle	Length × Width	10.7 × 10.4	10.6 × 10.6	11.8 × 7.9	11.5 × 7.7	12.5 × 7.0
	Area (mm ²)	111.3	112.4	93.2	88.6	87.5
Elongated circle	length × Width	10.7 × 10.4	10.6 × 10.6	11.8 × 7.9	11.5 × 7.7	12.5 × 7.0
	Area (mm ²)	89.4	88.2	85.7	81.4	82.7

そこで、この種子の実測面積とセル決定式から求めた面積とを比較してセル形状を決める。いま、種子の実測面積を A_0 、セルの面積を A_1 として、その比 r をとると、

$$r = \frac{A_0}{A_1}$$

ここで、この r をセル形状決定係数と称す。

r が1.00に近くなる程、セルと種子の形状(大きさ)が一致することになる。そこで、 r が1.00に近いセル形状をその種子の適合セル形状と決める。各種子における r の計算結果は第4表のようになった。

Table 4. Result of the shape coefficient r

		Hony bantam 20	Hony bantam 36	American sweet No. 1	Milky 100	Luce 90
Circle	$r + \sigma$	0.90	0.97	0.59	0.70	0.48
	$r - \sigma$	0.72	0.75	0.44	0.54	0.37
	Average r	0.82	0.87	0.51	0.62	0.42
Rectangle	$r + \sigma$	0.73	0.76	0.69	0.82	0.67
	$r - \sigma$	0.58	0.59	0.51	0.63	0.52
	Average r	0.66	0.67	0.60	0.73	0.59
Elongated circle	$r + \sigma$	0.91	0.97	0.75	0.89	0.71
	$r - \sigma$	0.72	0.75	0.56	0.69	0.55
	Average r	0.82	0.86	0.66	0.79	0.63

ハニーバンタム20の r は、円形セルで $r = 0.90$ 、長方形で $r = 0.73$ 、長円形で $r = 0.90$ となったので、本種子

での最適セル形状は円形セルとなる。その他の種子も同様に、ハニーバンタム36は円形、ルーシー90、アメ

リカンスイートNo1及びミルキー100は長円形のセル形状となる。

以上より、スイートコーン種子を正確に1粒ずつ計量するための供試種子のセル形状は、ハニーバンタム20と36では円形セル、ルーシー90、アメリカンスイートNo1、ミルキー100では長円形セルと決定した。

(4) 適合判定試験

上記で求めたセル形状の適合性を確認するために、第6図のような円形セルと長円形セルの二つの目皿を試作した。長円形セルでのセルの長径方向は回転方向に設定した。両セル共、セルの間隔は5mmとした。

ここで、形状決定式から求められたセルの大きさは、円形セルでは直径10.6mm、長円形セルでは長さ11.5mm、幅7.7mmであったが、これらの値は、種子の大きさが正規分布するものとしての標準偏差 σ の考

え方から求めたものであるので、確率論的には、例えば円形セルの場合、「1粒計量可能な種子の大きさ<10.6mm」を満足する種子数は全体の68.3%存在することを意味するため、形状決定式から得たこの10.6mmのセルの大きさでは、セルへ進入できる種子の割合は供試種子全体の約68%以下と言うことになる。もし、形状決定式で、 2σ 、 3σ を採用した場合、各々にセルも大きくなって、95.4%、99.7%とセルへの進入割合も高くなるが、反面、セルと種子との間隙が大となって、小さい種子どうしても複数粒が計量される確率が高くなり、1粒計量には不適合となる。

よって、 σ を考慮した1粒計量セルの決定式から求めた各セルの大きさの値を約10%程大きく修正することにして、最終的にセルの大きさを、円形セルでは直径12mm、長円形セルでは長さ12.5mm、幅8.5mmとした。

これらの目皿セルによる適合判定試験結果は第7図に示すように、ハニーバンタム20及び36に対する円形セルの場合、1粒計量が約90%と高い割合となり、2粒計量が8~10%、欠粒が0%、目詰まりが極少となった。一方、ルーシー90、アメリカンNo.1及びミルキー100に対する長円形セルでは、1粒計量が約60%、2粒計量が約20~30%、目詰まりが5~8%、欠粒は極少であった。長円形セルが円形セルより、1粒計量の割合で約30%も低い値となったのは、種子が細長いために、直立してセルへ進入するものが多かったことが原因であった。この対策としてはブラシやセレクトラの補助器を取り付ける必要を認めた。目詰まりや欠粒には筆者等が開発研究中の欠粒補償機構を用いて解決できると言える。なお、1粒計量と2粒計量を含めた2粒播種を考えると、円形セルで98%以上、長円形セルでも80~90%と高い割合になった。

よって、目皿式播種機構によるスイートコーン播種のセル形状では、本論で導入された形状決定式から形状決定係数 r を求めて、 r が最も1.00に近似する値のセル形状(大きさ)に10%の修正値を加算したセル形状によって、円形セルでの1粒計量の適合性は高く、また長円形セルでも1粒計量には若干の検討の余地を残すものの、2粒播種では高い適合性となること等が明らかになった。

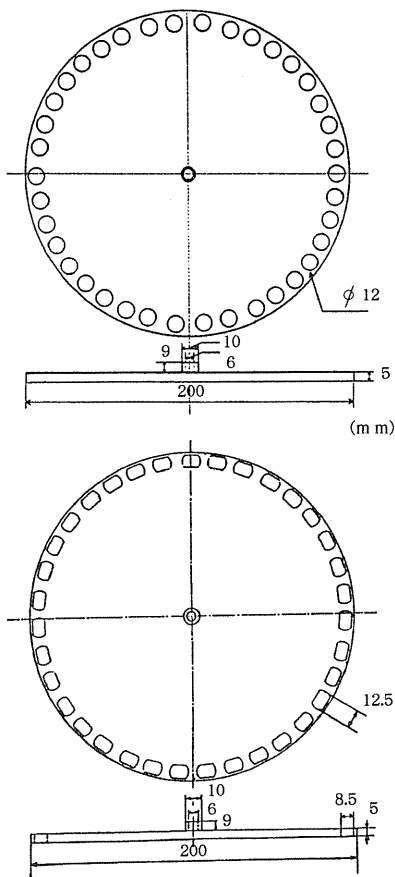


Fig. 6 Plate seed-metering of the circle cell and the elongated circle for testing

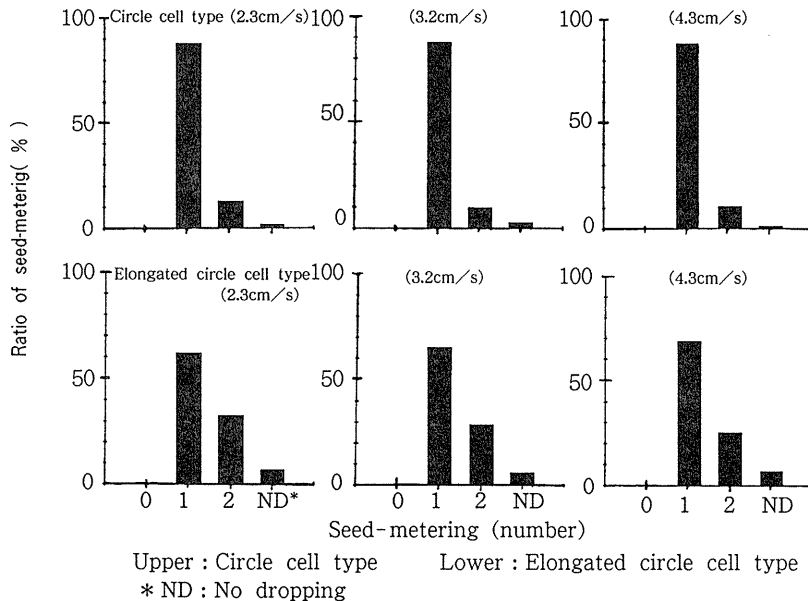


Fig. 7 Results of the test for judging adaptability of seed-metering

摘 要

マルチ栽培におけるスイートコーン播種は1粒播きを基本とする。傾斜型目皿式機構の場合、1粒計量の良否はセル形状の影響を受ける。そこで、合理的なセル形状は種子形状から決め得るものと仮定し、種子パターン化によるセル形状の決定手順を提案し、その適合性を検討した。

供試種子には5品種のスイートコーンを用いて、ビデオパターンアナライザでそれらの形状を精密計測し、パソコンで統計処理後、各種子のパターン化を行った。

種子パターンより円形、長方形、長円形の3種類のセル形状を決めるための形状決定式、形状決定係数を提案した。

1粒計量の適合性は、円形セルでは90%と高かったが、長円形セルでは直立で進入する種子もあって60%と低くなった。これにはセレクト等の補助器の使用を考慮する必要がある。2粒播種とする場合には、前

者は98%以上、後者では80~90%であったことより、いずれにも決定式は高い適合性となることを認めた。

謝 辞

本研究を遂行するに当たっては、当研究室専攻学生の協力を得た。なお、本研究は昭和63年度文部省科学研究費補助金試験研究(1)の課題研究(課題番号63860033)の一環として遂行された。ここに関係各位に感謝申し上げる。

キーワード：播種機，マルチシード，スイートコーン目皿セル

参考文献

- 1) 宮崎県経済連園芸部：昭和63年産野菜類生産出荷計画書。p76-80(1987)
- 2) 東京青果物情報センター：青果物流通年報野菜編。p12(1988)

-
- 3) 農業機械学会編：農業機械ハンドブック：コロナ社, p477-487 (1984)
 - 4) 石川栄介：新実用統計の手引. 槇書店, p45-49 (1967)
 - 5) Kepner R. A., Bainer R., Barger E. L. :
PRINCIPLES OF FARM MACHINERY, THE
AVI PUB. CO. INC., p215-218 (1972)
 - 6) 遠藤織太郎：畑青刈トウモロコシの耕うん播種作業, 農作業研究, 24 (1), p91 (1989)
 - 7) 戸沢英夫：スイートコーンの作り方, 農文協,
p80-81 (1985)