高精度施肥播種技術に関する研究

第1報 種々の碎土条件における大豆用傾斜大径目皿式播種機の適応性

下名迫 寛*・矢治幸夫**・中 精一***・今園支和**

Study on Accurate Fertilizing and Seeding

I. Adaptability of the Developed Seeding
Machine with Large Diameter Cell

Hiroshi SHIMONASAKO *, Yukio YAJI **,
Seiichi NAKA *** and Sasakazu IMAZONO **

1 緒 言

水田利用の再編が進むに伴って、水稻から畑作物への作付転換が進み、大豆の作付が伸びている。しかし、大豆が作付られる圃場は全般に碎土性の悪い場合が多く、このような状態での大豆の施肥播種は、正確な作業を行うことが必要で、それができなければ、その後の株立数の確保、初期生育の斉一化ならびに管理作業に影響を与え、収量低下の大きな原因の一つとなる。

特に、大豆の場合は肥料と種子の相互位置関係、碎土、覆土の状況によって発芽障害、生育遅延となる危険が大きい。また、収穫作業からみると最下着莢位置の高いほうが収穫損失が少なくなる²⁾こと、麦一大豆二毛作体系において、麦跡の大豆では晩播となるため、栽植密度を高めることが収量を向上する点で有効である^{11) 12)}とされ、この点で正確な播種位置の実現が重要になる。

ところで、苗立率向上を阻害する作業技術的要因としては、第一に播種機の播種精度がある。

現在使用されている施肥播種機の構造は、種子

や肥料を定量し、排出するための繰り出し部、それらを地上にまで搬送する播種導管、播種みぞあるいは施肥みぞをつくるオープナ、施肥播種後、種子や肥料を覆土、鎮圧する、覆土器、鎮圧輪等から構成される。このうち、施肥播種装置については播種精度の向上をはかるため、ロール式繰り出し装置をはじめ吸引式播種装置等、種々の播種装置が開発または改良が加えられ^{1) 5) 7) 9)}、繰り出し部については高精度化が図られている。

しかし、種子の繰り出しを高精度化しても、実際には株立ちが乱れる場合が多い。この原因としては播種床の碎土程度の良否によるものが代表的である。したがって、播種機の高性能化のほかに、播種される播種床の土壌との関係について解明する必要があるが、この点について検討した例は見あたらない。

本報告では、大豆の機械播種技術に関する上記問題点のうち、おもに、大豆を対象とした播種精度向上のために、構造が簡単な傾斜大径目皿式播種機を開発し、その作業精度を確認するとともに、碎土率の異なる土壌条件での播種適応性について

平成元年4月18日受理

* 農業研究センター 茨城県つくば市観音台3-1-1 〒305

** 東北農業試験場 岩手県盛岡市下厨川赤平4 〒020-01

*** 北海道農業試験場 北海道札幌市豊平区羊ヶ丘1 〒004

* National Agriculture Research Center, Tsukuba, Ibaraki 305

** Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka, Iwate 020-01

*** Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Sapporo, Hokkaido 004

図1 試作播種機の播種部概要図

試験を行い、知見を得たので報告する。

2 傾斜大径目皿式播種機の開発

大豆用播種機として市販されている代表的な4種類の播種機、すなわち、丸穴ロール式、傾斜ベルト式、傾斜目皿式、水平ベルト式播種機を供試して、大豆種子を繰り出し、種子の繰り出し率、繰り出し後の種子間隔および種子列の直進性^{注)}を、播種穴周速度、播種穴ピッチ、種子と播種穴の接触距離との関係などについて検討した結果⁸⁾、大豆用播種機の設計要素として望ましい条件は、以下の4項目に要約できた。

播種穴の直径は種子の平均厚さよりも1～2 mm大きくし、播種穴の深さは種子の平均厚さ程度、播種穴のピッチは20 mm以上、播種穴と種子との接触距離はできるだけ長くし、種子の放出高さはできるだけ低くする。

以上の結果に基づいて、新しい播種装置を試作した。その主要な構造は、図1に示したように、傾斜目皿式で播種板の直径は300 mm、播種穴ピッチ円の直径280 mm、播種板の厚さは大豆種子の厚さとはほぼ同程度、播種板の傾斜角度は水平面から30～60°の範囲で調整できるようにし、播種板は進行方向に対して平行に配置し、その回転方向

は圃場面との相対速度を減少させる方向、すなわち、進行方向に対して、同方向に播種板が回転するようにし、種子は播種穴が地表面に最も近くなる最下端に達したときに放出するようにした。

3 <試験1>傾斜大径目皿式播種機の作業特性

1) 試験装置および方法

試作した傾斜大径目皿式播種機の最適な使用条件を明らかにするために定置試験を行った。

播種板の播種穴の直径は上述したように、種子の最大径よりも1～2 mm大きくすることが適切であるので、9 mmとし、播種穴ピッチは播種穴数18、36、72の3種類の播種板を使用して、12.2～48.9 mmの範囲で3段階に、播種穴周速度を4～40 cm/sの範囲で5段階、種子放出高さを35～145 mmの範囲で4段階、播種板の傾斜角度を37°、46°、59°の3段階とする試験区を設定した。

供試種子は7 mm φと8 mm φの丸目ふるいで選別した「タチスズナリ」を使用し、平均長さ7.36 mm、幅7.20 mm、厚さ6.34 mmでほぼ均質の種子を使用した。

試験は、無断変速機によって移動速度の調節が可能なベルトコンベア上に、傾斜大径目皿式播種機の駆動輪を乗せ、ベルトコンベアを動かすことによって、これに接触した駆動輪を回転させ、チェーンとスプロケットを介して、播種板を回転させ、種子を繰り出した。種子はベルトコンベア中央部に落下するようにし、ベルト中央部には落下後の種子が移動しないように、グリースを塗布するとともに、播種部をベルトコンベアにできるだ

注) 播種機からの種子落下点を基準点とし、その点を播種機の進行方向に延長した線を基準線とする。播種された種子から直角に基準線までの距離を測定して、平均、標準偏差を算出し、この両者の数値で種子列の直進性を評価する。

け近づけて種子を落下させ、ベルトコンベア上の種子間隔および種子列の直進性を1mm単位で測定した。種子の繰り出し率は播種された種子数を予定種子繰り出し数で除して求めた。

2) 結 果

(1) 播種板の傾斜角度を変えた時の種子繰り出し率の変化を図2に示した。播種板の傾斜角度が大きいくほど種子繰り出し率が低下し、また播種穴周速度が速くなるほど種子繰り出し率が低下した。種子繰り出し率を100%保持するためには、播種板の傾斜角度が37°の時、播種穴周速度の限界は15 cm/sであり、播種板の傾斜角度が大きくなるほど、播種穴周速度を低くする必要のあることがわかる。

次に、播種穴ピッチについてみると、播種穴ピッチを12.2 mmから24.4 mmに増すと、種子繰り出し率は増加したが、それ以上増加しても差が認められなかった。

種子放出高さや株間の変動ならびに直進性との関係については図3に示した。株間の変動ならびに直進性ともに、種子の放出高さが高くなるほど大きくなる傾向にあって、種子放出高さが低いほど株間の斉一性と直進性が保たれることがわかった。

図2 試作播種機の種子繰り出し率

た。

以上の結果から、設定株間を7 cmとした場合、種子の繰り出し率が100%となる播種穴周速度は約15 cm/sであって、この時対応する作業速度は0.7 m/sとなり、これは市販されている傾斜目皿式播種機の作業速度0.2～0.4 m/sに比較して高くなることなどから、試作播種機の設計目標が適切であり、また、このような播種部構造にすることにより播種作業の高速化が可能になると考えられる。

4 <試験2>種々の碎土条件下における試作播種機の適応性

1) 碎土率の調整

碎土率の異なる播種床を得るために、ボトムプラウ、ディスクハロー、ツースハロー、ロータリ、ドライブハロー等を組み合わせ、目標耕深を15 cmとして耕うん、碎土を行った結果、碎土率が61.3%から90.0%までの範囲で5段階の播種床を得た。また、ロータリ、ドライブハローで碎土した圃場は、播種作業時の走行が容易となるように平滑ローラで鎮圧・整地し、他の区は圃場面をレーキで整地した。

碎土率の測定は、外径30 cmのサンプラを使用し、圃場表層から10 cmまでの深さにある土壌を採取し、網目の径が1, 2, 3, 5 cmのふるいを用いてふるいわけ、土塊径が0～1 cmの土塊の重量百分率で表示した。

2) 試験方法

図3 試作播種機における種子放出高さや播種精度

試験1における定置試験の結果から、試作播種機において、播種板の傾斜角度 37° 、播種穴の直径 9 mm 、播種穴ピッチ 12.2 mm （播種穴数 72）が適切であることが明らかになったので、この播種板を、また、オープンにはチゼル型を使用して、上記の砕土率が5段階の圃場で、作業速度を $0.3 \sim 1.2\text{ m/s}$ の範囲で4段階とし、設定播種深さは 5 cm として播種作業を行った。

3) 調査項目および調査方法

株間間隔、種子列の直進性については、本葉4枚展開時に、1試験区当たり 2 m 間の株立ちおよび欠株となっているところは土壌を掘り起こして未発芽粒を見だし、それらの株間間隔および播種された種子の基準中心線からの左右への距離を測定し、その標準偏差を種子列の直進性とした。

播種深さについては、欠株がみられるところでは、未発芽粒は土壌を掘り起こして露出させ、土壌表面から種子までの深さを、出芽したものについては、土壌表面から大豆根の生じている部分までの距離を播種深さとした。

苗立率は1試験区当たり 2 m 間の出芽本数を播種粒数で除して求め、百分率で表示した。

4) 結 果

(1) 砕土率と株間間隔

株間間隔を 7.5 cm に設定して播種したが、表1に示したように、どの試験区においても株間間隔は $7.8 \sim 10.1\text{ cm}$ の範囲にあって、全体の平均でも 8.1 cm と大きくなる傾向にあった。

また、砕土率が約 80% 、作業速度が 0.6 m/s 程度において、設定播種間隔に近い値が得られたが、全体的には砕土率、作業速度の増減に対して、株間間隔に一定の傾向は認められなかった。

(2) 砕土率と株間の変動

砕土率と株間の変動との関係は図4に示した。株間間隔の変動係数は全体的に砕土率が高くなると小さくなる傾向にあり、また、砕土率が低い範囲において、株間間隔の変動係数と作業速度との間には一定の傾向は見いだせない。しかし、砕土率が高くなると、作業速度が速くなるほど変動係数が小さくなる傾向がわずかに認められ、砕土率と作業速度とが相乗して株間間隔の変動に影響を及ぼしていることがわかる。

(3) 砕土率と種子列の直進性

砕土率と種子列の直進性の標準偏差との関係は

表1 試作播種機の平均株間間隔 (cm)

作業速度 (m/s)	0.3	0.6	0.9	1.2
砕土率 (%)				
61.3	8.78	9.33	8.30	10.10
71.2	8.95	9.90	9.11	8.80
79.5	9.25	7.80	9.25	8.59
83.0	8.81	7.92	8.62	8.59
90.0	9.40	9.09	9.40	9.03

設定播種間隔 7.5 cm

図4 砕土率と株間の変動

図5 砕土率と種子列の直進性

図5に示したように、作業速度との間に一定の傾向を見いだすことができなかったが、全体として砕土率が高くなるにしたがって、種子列の直進性の標準偏差が小さくなるとともに、作業速度による差が小さくなる傾向にあって、砕土率が種子列の直進性に影響をおよぼしていることがわかる。

(4) 作業速度と播種深さ

作業速度と播種深さとの関係は図6に示したよ

図6 作業速度と播種深さ

うに、61.3%の碎土率では、作業速度が速くなると播種深さが浅くなる傾向にあったが、碎土率が高くなると、作業速度の増速に対して、播種深さが深くなる傾向が認められ、その境界の碎土率は70～80%の間に存在するよう思われた。

(5) 碎土率と苗立率

碎土率と苗立率との関係は図7に示したように、作業速度のいかんにかかわらず、碎土率が高くなるほど苗立率が高くなる傾向にある。一方、作業速度と苗立率との関係についてみると、碎土率が90%のとき、作業速度が0.6 m/sでは苗立率がほぼ100%に達するが、1.2 m/sでは苗立率が79.3%と低下し、全体的に碎土率が70%以上の条件では作業速度が1.2 m/sで、苗立率の低下する傾向が認められる。

碎土率が低い時に苗立率が低下するのは、種子を覆土した土壤に含まれる土塊が種子の発芽に悪影響を及ぼしているためと考えられる。

以上の結果を碎土率ならびに作業速度を要因とする2元配置の分散分析を行って解析した結果、1%水準で有意であったのは、碎土率と直進性の標準偏差ならびに苗立率であり、播種深さの変動係数に対しては5%で有意であった。一方、作業速度については作業速度が1.2 m/sで苗立率の低下が認められるものの、いずれも有意ではなく、碎土率が播種精度ならびに苗立率に大きな影響をおよぼしていることがわかった。

5 考 察

試験1ならびに試験2の結果について総合的に

図7 碎土率と苗立率との関係

考察する。

まず、市販されている大豆用播種機について、播種穴の直径、播種穴の深さ、播種穴のピッチ、播種穴と種子との接触距離、種子の放出高さの5つの要因を取り上げて、播種精度を高めるための最適な要因と設計値を見いだした。そして、その結果に基づいて、外径300mm、播種穴ピッチ円の直径280mmの播種板を使用し、種子の放出方向を進行方向として試作した傾斜大径目皿式播種機は定置試験の結果、作業速度が0.7 m/sという高速条件でも高い播種精度が得られた。この結果より試作播種機は市販機の0.2～0.4 m/sよりも1.7倍の高速での作業が可能であり、その設計目標が適切であると考えられた。

次に、種々の碎土条件下での播種精度試験の結果、株間間隔は設定株間間隔よりも広くなる傾向にあり、株間間隔の変動係数は13.5～30.8%見られた。ところで、現行の播種機においては株間間隔の変動係数は15～20%程度は見られるのに対し、試作播種機においてもこれと同程度の変動が見られる。一方、種子放出高さを5～10 cmとした定置試験での株間間隔の変動係数が9.4～11.8%得られることを考慮すると、播種機をいかに高精度化しても播種されたあと、播種みぞに種子が播種され、覆土する過程で株間に変動が生じていることになる。

一方、碎土率が高くなるほど、また、碎土率が低い範囲では作業速度が速いほど種子列の直進性の精度は高くなる。しかし、株間間隔の変動に比

較すると種子列の直進性の変動は極めて小さいので、実用的には、株間の変動を少なくすることを優先すべきであると考ええる。この点については、大塚ら¹⁰⁾も同様のことを指適しており、作溝、覆土、鎮圧の点で問題が残されたと考える。

次に播種深さと作業速度との関係についてみると、砕土率が70%以上では、作業速度が遅くなるほど、播種深さが浅くなっている。これは種子が落下するまでに播種みぞに、作溝された土壌がくずれて、播種みぞが浅くなり、その部分に種子が播種されるために、播種深さが浅くなると考えられる。この傾向は砕土率が高い条件で著しくなる。このことから播種機を構成するオープナと種子繰り出し部あるいは播種導管との位置関係はできるだけ近づける必要のあることがわかる。

砕土率との関係についてみると、砕土率が高くなるほど株間間隔の変動係数、種子列の直進性の標準偏差が小さくなる傾向が認められ、播種精度向上の利点が認められる。しかし、作業速度の増速によって播種深さは設定値よりも深くなる傾向にあり、その結果として、苗立率が低下したと考えられ、過大に砕土率を向上した状態で作業速度を増速することは、大豆の発芽苗立にとって好ましくないように思われる。

一般に、大豆の播種床では65%以上の砕土率が必要である⁶⁾とされるが、実際の播種作業においては、播種時の土壌の移動や播種導管内部での播種間隔の乱れおよび播種深さに変動があると考えられ、また、大豆種子の播種床定置後の位置³⁾や種子の芽の抽出力⁴⁾なども発芽苗立に影響を与える。実際には本試験の結果からみて、80%以上の苗立率を得るためには、耕うん砕土の目標砕土率としては、土塊径1cmの砕土率が少なくとも80%は必要であり、また、砕土率が高い条件での最大作業速度は0.9 m/sであると推察された。

6 摘 要

1) 市販大豆用播種機の種子繰り出し特性について、播種穴周速度、播種穴ピッチとの関係から種子繰り出し率を検討して、播種精度を高める播種部の条件を明らかにした。

2) 上記条件に基づいて試作した傾斜大径目皿式播種機は定置試験の結果、作業速度が0.7 m/sでの作業でも播種精度が高く、市販機の0.2~0.4

m/sに比較して1.7倍程度の増速が可能であった。

3) 試作機の播種精度を種々の砕土条件下で調査した結果、株間間隔の変動、種子列の直進性、播種深さの変動は砕土率が高いほど有意に小さかった。

4) 播種した大豆の苗立率を80%以上得るには、0~1 cm間に含まれる土塊の砕土率が80%以上必要であり、作業速度の限界は0.9 m/sと推察された。

引 用 文 献

- 1) 藤尾福蔵・涌井 学(1962), 播種機の改良に関する研究(第3報), 農業機械学会誌 24(2): 70~72
- 2) G. R. Quick, W. F. Buchele(1974), Reducing Combine Gathering Loss in Soybeans, Trans. ASAE 17(6): 1123-1129
- 3) 池田 武(1981), 種子の置床方向が大豆の発芽状態に及ぼす影響, 日本作物学会記事 50(3): 407-408
- 4) 井之上準・陳 日斗(1981), 作物の出芽に関する研究, 日本作物学会記事 50(3): 344-350
- 5) 伊藤道秋・端 俊一・岡村俊民(1976), 吸引式播種機に関する研究, 農業機械学会誌 37(4): 526-532
- 6) 金谷 豊・倉田 勇(1989), 重粘土壌の耕うん方法に関する研究(第2報), 農業機械学会誌 51(1): 45~53
- 7) 小嶋和雄・村田 敏・吉村克規・大久保淳一(1966), 回転目皿式排種装置の研究(第1報), 農業機械学会誌 28(4): 208-211, 203
- 8) 農事試験場畑作研究センター畑作機械化研究室試験研究成績書(1981) 畑作の機械化に関する研究 1-7: 141 pp
- 9) 岡村俊民・高畑英彦・伊藤道秋・外館隆二(1966) 傾斜回転目皿式播種装置のビート種子排出性能について, 農業機械学会誌 28(2): 90-94
- 10) 大塚寛治・倉田久治・小堀 乃(1986), セル繰り出し方式による精密播種の可能性,

農業機械学会誌 48(3, 4) : 361 ~ 367

- 11) 吉田 堯(1984), 転換畑における大豆の栽培法, 農業研究センター年報 昭和56・57年度 : 76-83
- 12) W. R. Nave, R. L. Cooper, L. M. Wax (1977), Tillage-Planter Interaction in Narrow-Row Soybeans, Trans. ASAE 20(1) : 9-12, 17

Summary

1) The discharging ability of seeding machine for soybean which was on the market was studied on the opening diameter, the peripheral velocity and the pitch of seed holes, then the optimum conditions for accurate seeding were clarified.

2) According with the above results, the seeding machine with the declining large diameter cell was developed.

3) The developed seeding machine is

able to have a high accuracy of seeding under the 0.7 m/s working speed and a capability of speed up to 1.7 times of the machine which is on the market.

4) In the field condition, the seeding accuracy of the developed machine was investigated about the variation of the seeding interval, the seeding depth and the linearity of seeding row. The variation of them was statistically small when the clod breaking ratio was higher. But it was not clear on the working speed.

5) In order to get over 80 % of the plant standing ratio, the ratio of clod breaking was required over 80 % and the maximum limit of working speed was 0.9 m/s under the soil condition with high clod breaking ratio.