

平成 22 年 6 月 15 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007 ～ 2009
 課題番号：19580299
 研究課題名（和文） 穴播き式不耕起播種機の実用化に関する研究

研究課題名（英文）

研究代表者 松森一浩
 (MATSUMORI KAZUHIRO)
 宮城大学・食産業学部・教授
 研究者番号：00181793

研究成果の概要（和文）：垂直に回転する円盤に放射状に取付けた振り子状凸子を固定して播種穴形成専用部とし、同部の回転方向前方に種子放出専用部を新たに設置した。0.82m/s 時の欠粒率が 19%から 14%に改善したが、当初設定の 2 粒率は 40%に留まった。株間を等間隔に設定できる同機の特徴を活かし、条間を標準の 1/2、株間を 2 倍で千鳥状播種した区は栽植密度が同じ他区と比べ、株当たり・面積当たり収量が 15%程度高まった。雑草乾物重は 3/4～1/2 に減少した。

研究成果の概要（英文）：A convex pendulum attached in the radial direction to a vertically rotating disc was fixed as a dedicated component for planting-hole formation. A part dedicated to the release of seeds was newly made on the front side of the rotation. The ratio of skipped holes at 0.82m/s was improved from 19% to 14%. The ratio of two seeds placed in one hole in the original setting was only 40%. One important characteristic of the device is that the planting distance can be set as equal. This feature was used to prepare a test group in which seeding was conducted in zigzags with half the distance between rows and twice the planting distance compared to the standard. The yield per plant as well as per unit of area in this test group was about 15% higher than in another test group using the same planting density, with weed dry weight decreased to 3/4 – 1/2 that of the other group.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
平成 20 年度	300,000	90,000	390,000
平成 21 年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：農作業システム、環境保全型栽培体系

1. 研究開始当初の背景

水田転作が奨励されてイネに変わる作物の栽培が求められる現在、ムギとダイズの二毛作は農家収入の確保および自給率向上に有効な方策といえる。しかしムギ収穫期～ダイズ播種期は梅雨に当り、慣行の耕うん・播種作業体系ではダイズ播種期が制約を受けて晩限期までずれ込み、収量低下につながる危険性が高い。この問題を解決するにはダイズ不耕起栽培の導入が有効と考えられるが、雑草対策の不十分さが同栽培普及の障害となっている。海外では遺伝子組換えダイズの導入で雑草問題を克服しているが、同ダイズの商業栽培が消費者に敬遠される日本では有効な対策がなく、不耕起栽培は実用化から遠い技術で終わっている。

不耕起栽培は、前述したように①前作物収穫作業～後作物播種作業が天候に影響されにくい、ほか②燃料消費量の大きい耕うん・碎土作業が不要なので地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出量を抑制する、③圃場表面に前作物残渣が存在するので風雨による土壌侵食を防ぐ、などの利点を有する。したがって同栽培の実用化は今後の日本農業の発展に有益であるが、対応機械は普及しておらず、栽培体系も確立されていない状況である。

2. 研究の目的

研究者らは、これまで不耕起播種対応機械を試作していたが、播種精度の点で更なる改良が必要との認識を持った。本研究における第一の目的は、現有不耕起播種機を実用に耐える精度にまで改良することである。

本機の作動原理は等間隔に穴を穿ってそこに播種する方式であるため、株間が等間隔になるという特徴を有する。本特徴を活かし、栽植様式の工夫で雑草生育を抑制し、併せて高収量を得るための栽植様式の確立を第二の目的とする。

3. 研究の方法

1) 不耕起播種機の改良

試作穴播き式不耕起播種機(松森ら 2004、以下、1号機)の播種精度を向上させるための改良を施した。1号機(図1)の問題点は、以下の通りであった。

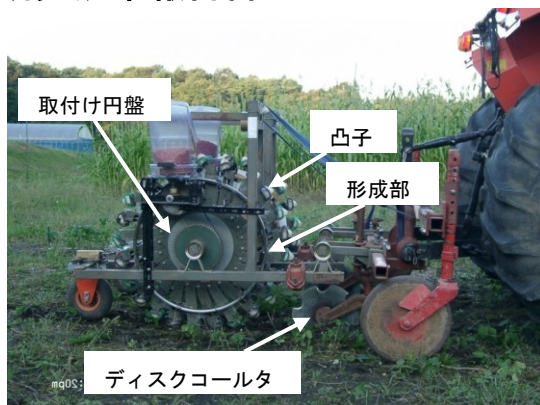


図1 穴播き式不耕起播種機(1号機)

- ①圃場表面が硬いと、ディスクコールタの作用では細い亀裂が形成されるのみで周りの土が膨軟にならないため、播種穴形成用に装着した凸子(以下、凸子)が十分に刺さらず、播種穴が浅い。
- ②播種穴が形成されても種子被覆用の土壌を確保できない。
- ③凸子と、凸子を支えて種子を播種穴上方まで導く筒状の播種穴形成部(以下、形成部)の接合面(=分離面)が地表高さに等しいため、両者が分離する際に接合面に土壌が侵入する(図2)。

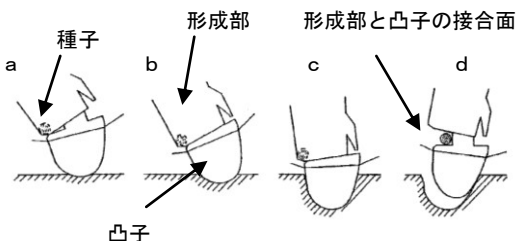


図2 播種穴形成過程

トラクタにけん引された播種機は左から右に移動。取付け円盤と同円盤に放射状に取付けられた形成部、形成部の先端に取付けられた凸子(以下、まとめて主要部)は右回り回転。
 b、c：形成部と凸子が一体化して地面に押しつけられ播種穴形成
 d：播種機が回転を続けると凸子が播種穴から浮いて形成部と分離

- ④作業速度 0.6m/s 程度では種子が播種穴に入らず欠粒率が20%近くになるなど、高速作業時の対応が難しい。
 上記問題解決のため、以下の改良を行った。
- ①' ディスクコールタをリップル型ディスクコールタ(以下、リップルコールタ)に変更し、播種穴形成域の圃場表面硬度低下と覆土の確保を目指した(図3)。

②' リップルコーラタ後方にツースハローを装着し、播種穴形成予定地の土壌硬度の一層の低下と覆土の確保を図った(図3)

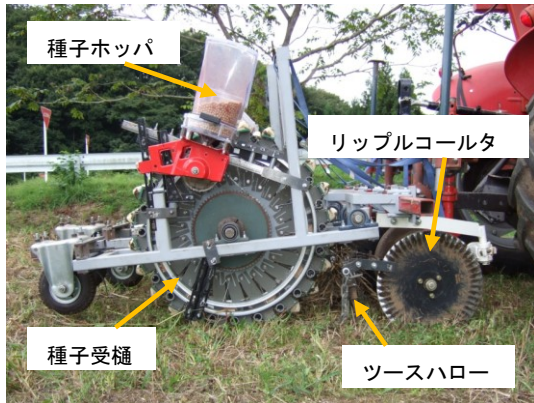


図3 改良機全体図

③' 凸子と形成部を固定化し、土壌に接する部分は播種穴形成専用部とした。形成部内部を巡らせる種子供給に代わり、種子繰出しは、播種穴形成専用部の回転方向前方に種子留め・放出装置を取付け、地表面高さより上方で行われるようにした(図4)。

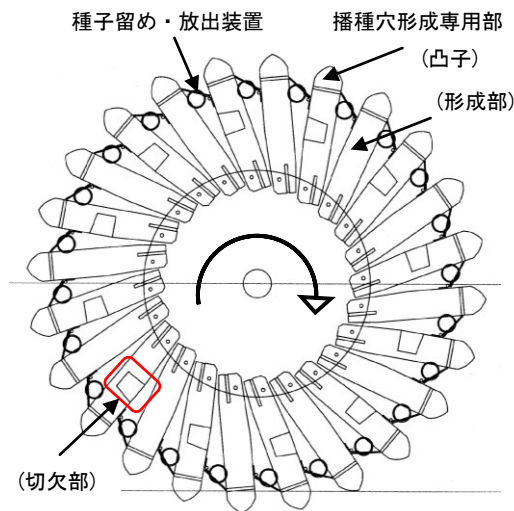


図4 播種穴形成専用部と種子留め・放出装置

④' 1号機では播種機の回転に従って凸子が播種穴から浮き上がると、これが回転方向前方(=進行方向後方)に傾斜して上面にある種子が播種穴内に落下した。作業速度が速いと凸子が傾斜するまでに上方に移動し、種子の落下が地表面から高い位置となって種子の穴内落下精度が低下することになった。このため凸子が播種穴から出た早い時点で、種子がある種子留め・放出装置を強制的に開放する構造とし、種子落下位置が作業速度にかかわらず一定の高

さとなるようにした(図5、図6)。

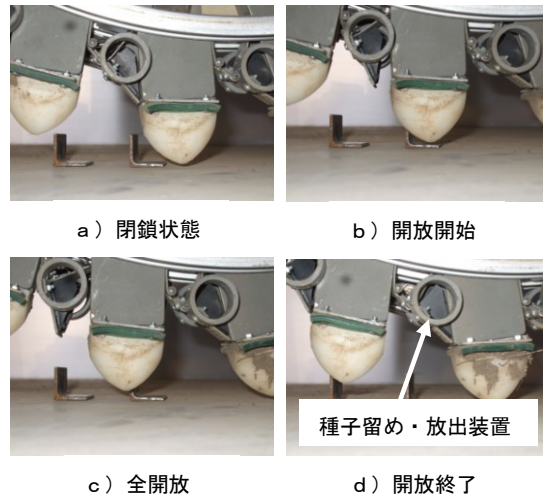


図5 種子留め・放出装置作動過程
注) 播種機は右回り回転

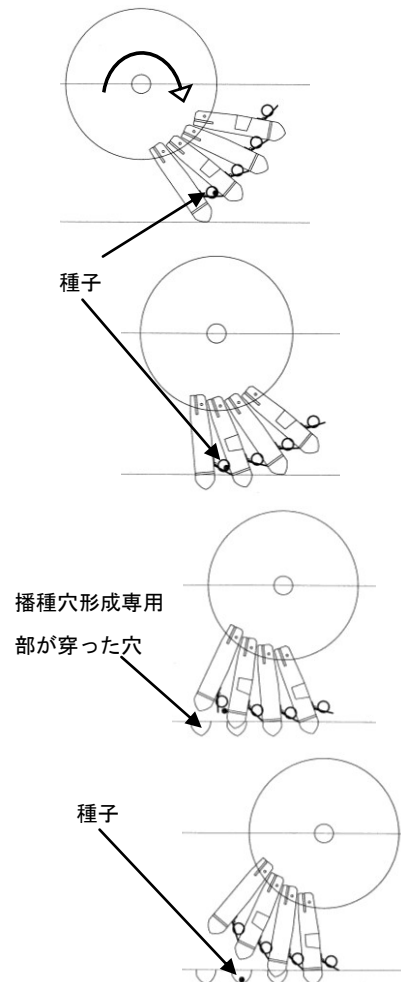


図6 主要部回転と播種穴形成～播種過程
注) トラクタにけん引された播種機は左から右に移動。主要部は右回り回転。主要部の回

転に従い、種子ホoppaから繰出された種子が切欠部～形成部内～種子留め・放出装置に移動する。一定の高さで種子留め・放出装置が開放し、播種穴形成専用部が形成した穴内に種子が落下する。

2) 穴播き式不耕起播種機利用による栽培体系の確立

等間隔にダイズを播種できる穴播き式の特徴を活かし、これを千鳥状に播種することで不耕起栽培の最大の問題である雑草対策を克服しようと考えた。

ムギ収穫跡の不耕起圃場で改良機を作動させて播種穴を形成し、穿たれた穴に手作業でダイズ種子を落とし入れて各試験区を設定した。試験は以下に示す各区をそれぞれ2mの長さで4条設定し、3反復とした。なお、ムギ跡圃場をロータリで耕うん～播種する慣行区も設定する予定であったが、試験実施の平成21年度は梅雨明けが発表されないほど降雨日が続き、結果としてロータリ耕うんができなかったため、慣行区は設定中止となった。試験区の土壌は粘土質である。

- ①条間 37 cm×株間 20 cmの狭畦密植区
 - ②条間 37cm×株間 40 cmの狭畦標準区
 - ③条間 37cm×株間 40 cm、隣接する条で種子を千鳥状に播種する狭畦標準千鳥区
 - ④条間 74cm×株間 20 cmの標準区
- の4区で測定を行った。

ダイズ品種ミヤギシロメの播種は7月3日に行った。播種後2週間ごとに草丈とSPAD値 (SPAD-502、コニカミノルタセンシング(株)) を測定した。ダイズの栽植様式の違いが地表面被覆程度に影響を及ぼすと考えられた8月3日以降、調査対象株中の4株から等距離にある畦間の地表面下3cmの深さに「おんどり Jr」(株ティ アンド ディ社製)のセンサを設置して地温を測定した。併せて各区に雑草生育調査用の1メートル四方コドラートを設置し、7月31日以降、雑草繁茂状態を写真撮影した。ダイズの開花期(8月19日)に土壌のpF値を「ダイキpFメータ02」で測定した。10月18日にはダイズの上位・中位・下位(地表)の照度(lux)を「ケニス環境メータLM-8000SN」で測定し、上位を100とする相対照度で示した。各測定日には雑草の種類、株数も調査した。10月26日の写真撮影後、コドラート内の雑草をすべて地際で切り取り、種類別に分けた後80℃で48時間乾燥させて乾物重を測定した。11月25日にダイズ茎を地際で刈り取り、収量構成要素を測定した後に自然乾燥させ、収量を算出した。

4. 研究成果

1) 穴播き式不耕起播種機の精度向上

(1) 不耕起播種機の改良結果

改良前の1号機の播種精度を表1に示す。

表1 穴播き式不耕起播種機1号機によるダイズ播種作業精度(%)

作業速度 (m/s)	2粒率 (%)	1粒率 (%)	欠粒率 (%)	平均粒数 (粒/穴)
0.60	31.4	45.1	19.6	1.20
0.58	45.3	32.8	17.2	1.38
0.53	48.3	40.0	8.3	1.47
0.35	66.7	24.2	3.0	1.76

注) 播種穴一つ当りの設定粒数は2.0粒。3粒以上入った播種穴が別途存在。

前述3.1)①'～④'で示した改良を施した結果、改良機の播種精度は表2で示すようになった。

表2 改良穴播き式不耕起播種機によるダイズ播種作業精度(%)

作業速度 (m/s)	2粒率 (%)	1粒率 (%)	欠粒率 (%)	平均粒数 (粒/穴)
0.68	48.8	40.7	5.8	1.52
0.83	45.3	37.5	14.1	1.38
0.90	43.7	34.9	17.5	1.34
0.93	39.3	43.4	13.1	1.34

注) 播種穴一つ当りの設定粒数は2.0粒。3粒以上入った播種穴が別途存在。

1号機は作業速度0.60m/s時の2粒率が31.4%、欠粒率が19.6%だった。改良後は0.68m/sでも2粒率が1.5倍以上に向上、欠粒率は1/3以下に低下していることから、改良の効果が認められた。一穴当りの平均粒数も1.20粒から1.52粒に増加しており、主要部上部にある種子ホoppaから播種穴までの種子の移動が、改良により円滑に行われたことが分かる。

しかし、作業速度が0.9m/s前後では欠粒率が15%程度となり、一穴当りの平均粒数も1.35粒前後に減少した。播種穴には2.0粒を供給する構造なため、種子ホoppaから出た種子が播種穴地点まで確実に到達していないことが明らかとなった。播種穴およびその周辺で確認した種子総数は供給したはずの種子総数より著しく少ないため、種子ホoppaから種子留め・放出装置までの確実な種子移動ルートの構築が重要と考えられた。

(2) 今後の改良方向

穴播き式不耕起播種機の一層の精度向上・実用化を目指し、今後は以下の改良を検討する。

- 種子ホップから繰出される種子が高速で回転している形成部にぶつかっても、はじかれないで種子受樋に渡る。
- 種子受樋に移った種子は、主要部の回転に従って回転方向前方に移動しながら形成部内に入る構造になっているが、回転が早まっても前方に振り出されて形成部内に入る。
- 改良機は、形成部+凸子の通過経路が種子落下位置と交差しているが、主要部が高速回転しても種子留め・放出装置から放出された種子を弾き飛ばすことがない。

2) 穴播き式不耕起播種機利用による栽植様式と収量との関係

(1) 試験区と地温

標準区は試験期間中に測定機器が異常をきたし、データを得られなかった。狭畦密植区、狭畦標準区、狭畦標準千鳥区の間で地温間に有意差 (Tukey-Kramer 法) は見られなかった。

(2) 茎長

茎長の推移を図7に示す。調査初日は標準区が若干劣った。8月27日には狭畦密植区が66.6cmで最も高くなった。9月26日から調査最終日の10月11日に掛けて茎長の伸長は止まり、10月11日は狭畦密植区72.2cm、標準区68.6cm、狭畦標準千鳥区67.4cm、狭畦標準67.2cmとなった。狭畦密植区では栽植密度が高いため株同士の競合によって茎長の伸長が促進されたと考えられる。

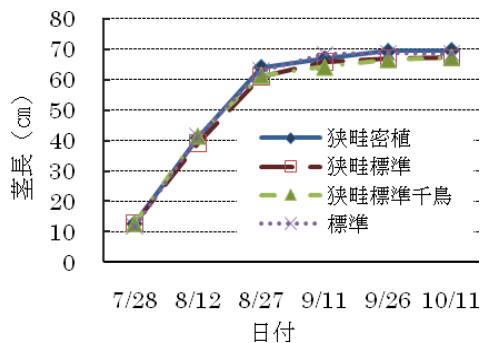


図7 茎長の推移

(3) SPAD 値

SPAD 値の推移を図8に示す。調査初日から8月27日にかけて、各区間に大きな差はなかった。9月11日には標準区が他区と比べ若干低い値となったが、同26日には再び全区が同等となりピークを迎えた。その後調査最終日まで各区での大きな違いはなかったが、8月下旬以降は標準区が低い値で推移した。

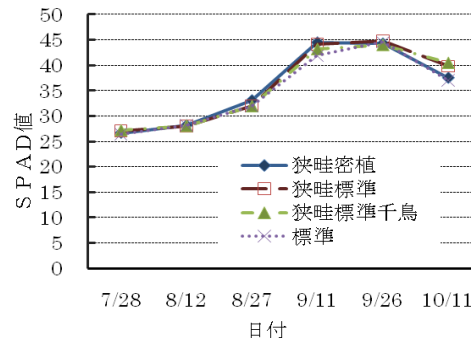


図8 SPAD 値の推移

(4) 収量および収量構成要素

1株当りの収量構成要素を表3に示す。1株当り収量は高い順に狭畦標準千鳥区22.9g、標準区20.4g、狭畦標準区19.9g、狭畦密植区14.6gとなり、狭畦標準千鳥区は狭畦密植区に対し5%水準で優位に高くなった (Tukey-Kramer 法)。収量構成要素の莢数、整粒数にも試験区間で有意差が認められた。主茎節数に有意な差はないが、節数の違いが莢数に影響し、1莢当り粒数は各区間で差が無い (データ略)、これが整粒数の差となって収量に作用したと考えられる。なお、有意差はないが、同じ栽植密度であっても千鳥播きにすることが被害粒の減少に有効と思われた。

表3 1株当り収量構成要素

	主茎節数 (節/株)	莢数 (莢/株)	整粒数 (粒/株)
狭畦密植区	18.2	34.3b	43.3b
狭畦標準区	19.7	47.5ab	56.9ab
狭畦標準千鳥区	21.2	51.8a	66.5a
標準区	19.1	48.6a	61.0ab

	百粒重 (g/株)	株当収量 (g/株)	被害粒率 (%)
狭畦密植区	33.7	14.6b	24.0
狭畦標準区	34.8	19.9ab	25.0
狭畦標準千鳥区	34.3	22.9a	22.3
標準区	33.2	20.4ab	22.5

注1) 同一のアルファベット小文字がついた数値は試験区間に5%水準で有意差が認められなかったことを示す。

注2) 被害粒率 = 被害粒数 / (整粒数 + 被害粒数) × 100 で算出。被害粒は未熟粒、カビ粒、虫食い粒などをいう。

10a 当り収量を表 4 に示す。10a 当り収量は高い順に狭畦密植区 197.1 kg、狭畦標準千鳥区 154.9 kg、標準区 138.0 kg、狭畦標準区 134.4 kg で、各試験区間に有意差はなかった。狭畦密植区は 1 株当り収量は低いが、生育株数が他区の 2 倍あるため、結果として最も収量が高くなった。狭畦標準千鳥区が栽植密度の同じ他の 2 区より高い収量を得たのは、千鳥播きにより株個体の占有可能域が同心円状に広く確保されたためと考えられる。

表 4 面積当り収量構成要素

	主茎節数 (節/m ²)	10a 当り収量 (kg/10a)
狭畦密植区	246.2	197.1
狭畦標準区	133.3	134.4
狭畦標準千鳥区	143.4	154.9
標準区	128.8	138.0

(5) 穴播き式不耕起播種機利用による栽植様式と雑草抑制効果の比較

10 月 18 日に測定したダイズの上位・中位・下位（地表）の照度 (lux)、および雑草の種類、株数の測定結果を表 5 に示す。また、各試験区に設置したコドラート内の様子を一定期間ごとに撮影した写真を図 9 に示す。

表 5 栽植密度と主要雑草株数および照度

	雑草 (株数)	相対照度 (%)	
		中位	下位
狭畦密植区	32.9	31.5	4.2
狭畦標準区	36.6	20.2	12.5
狭畦標準千鳥区	33.2	26.4	17.2
標準区	40.2	35.0	20.6

注 1) 相対照度は上位を 100 とした相対値。

注 2) 雑草の密度は占有率の高い①ノビエ②メヒシバ③アオビユ④アメリカセンダングサの株数の合計とした。

10 月 18 日時点での雑草株数は標準区、狭畦標準区で多く、狭畦密植区および狭畦標準千鳥区で少ない傾向にあった。

相対照度は中位が 20%~35%、下位が 4%~20%であった。特に狭畦密植区では地面近くの光量が少なかった。

雑草抑制効果は、狭畦密植区と狭畦標準千鳥区で比較的高かった。一方ダイズの生育、つまり光合成に利用される太陽光の面からは、茎葉の相互遮蔽と雑草の繁茂による生育障害の両面を複合的に考える必要がある。

これらを総合的に判断すると雑草が比較的抑制され、中位、下位にも光が透過する、狭畦標準千鳥区か狭畦標準区が好ましいと推測された。

なお降雨等で十分な水分が得られたため土壌の pF 値には有意な差はみられなかった。

収量にも顕著な差異はみられなかった。今後はさらに収量に的を絞った比較的高面積の実証実験が必要であろう。

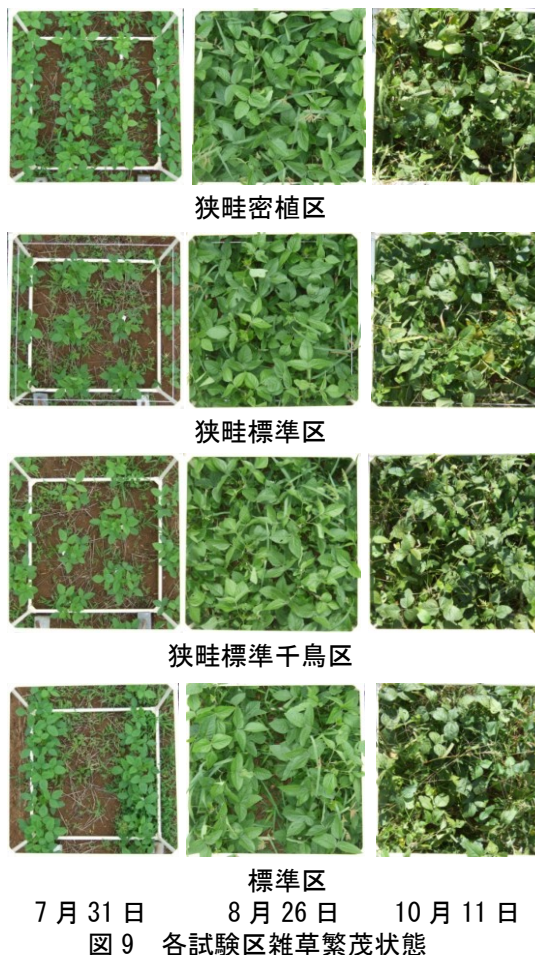


図 9 各試験区雑草繁茂状態

(6) 雑草乾物重と 10a 当り収量の関係

10 月 26 日に刈取ったコドラート内の雑草の種別乾物重を図 10 に示す。

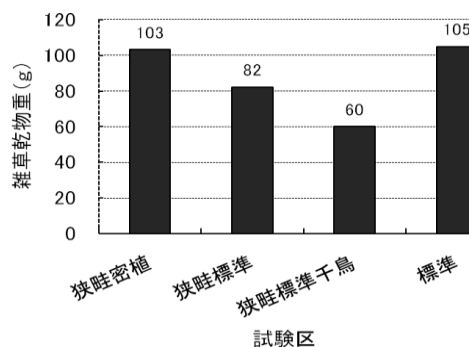


図 10 試験区別雑草乾物重

雑草乾物重の合計は高い区から順に標準区 105g、狭畦密植区 103g、狭畦標準区 82g、狭畦標準千鳥区 60g となった。狭畦標準千鳥区では株同士の隙間を埋める様に草冠が形成されるため、他区と比較して条間および株間の雑草に日光が当りにくく、その結果雑草生育が抑制されて乾物重が低下したと考えられる。しかし、栽植密度の高い狭畦密植区が狭畦標準区、狭畦標準千鳥区を上回る雑草乾物重となった。生育初期（7月31日）の写真では地表面が露出しており、ムギ～ダイズ二毛作体系でダイズ播種時に圃場表面に存在するはずの麦稈量が著しく少なかったことが推察される。このため雑草の初期生育を抑えられず、その後のイネ科雑草の繁茂を許したと考えられる。

雑草調査・刈取区の雑草乾物重と 10a 当りダイズ収量の関係を図 11 に示す。相関係数 $r = -0.044$ となり、両者間の相関は見られなかった。

全体的に播種時期が晩限期まで延び、圃場表面の麦稈量も不十分な状態での試験だったため、今後も継続して狭畦標準千鳥播種導入によるダイズ生育および雑草抑制に対する効果を検証していく必要がある。

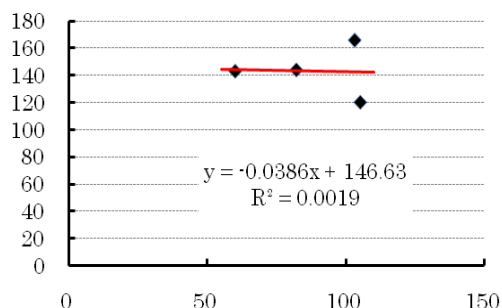


図 11 雑草乾物重と 10a 当り収量の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計◇件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

[その他]
 ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松森 一浩 (MATSUMORI KAZUHIRO)
 宮城大学・食産業学部・教授
 研究者番号：00181793

(2) 研究分担者

小黒 仁司 (OGURO HITOSHI)
 宮城大学・食産業学部・教授
 研究者番号：70194529

(3) 連携研究者

()

研究者番号：