

黒ボク土水田転換畑において簡易耕同時播種栽培したダイズの生育、収量、品質

齋藤秀文・松波寿典

(農研機構東北農業研究センター)

要旨：東北地域の水田輪作体系では、幅広い作目を迅速に切替えることが重要であり、耕起・播種作業の効率化が求められている。本研究では、東北太平洋側地域に広く分布する黒ボク土水田転換畑において、チゼルプラウを用いた簡易耕同時播種栽培（以下、CPS）の播種作業性、ダイズの生育、収量、品質について、省力・簡易栽培技術である散播浅耕栽培（以下、散播）と比較し、その特徴を明らかにすることを目的とした。散播に比べCPSでは播種作業時間はやや短縮されたことから、CPSにおいても高い作業効率が達成されることが明らかになった。CPSの播種時の碎土率は、散播に比べて低かったものの、播種後20日頃の苗立ち状況や生育に有意な差は認められなかった。また、地上部乾物重の推移、開花期と子実肥大期におけるLAI、葉色に播種法間差は認められなかった。一方、開花期までの群落内の地際部における相対光量子密度の推移は散播よりもCPSでやや高かった。雑草の発生本数に播種法間差は認められなかったが、雑草の個体重はCPSで重い傾向がみられた。成熟期の生育、収量、品質に播種法間差は認められなかった。これらのことから、黒ボク土水田輪作体系下におけるチゼルプラウによる簡易耕同時播種栽培は散播浅耕栽培と同様にダイズに適した省力栽培法であることが明らかとなった。

キーワード：散播、水田輪作、ダイズ、チゼルプラウ、苗立。

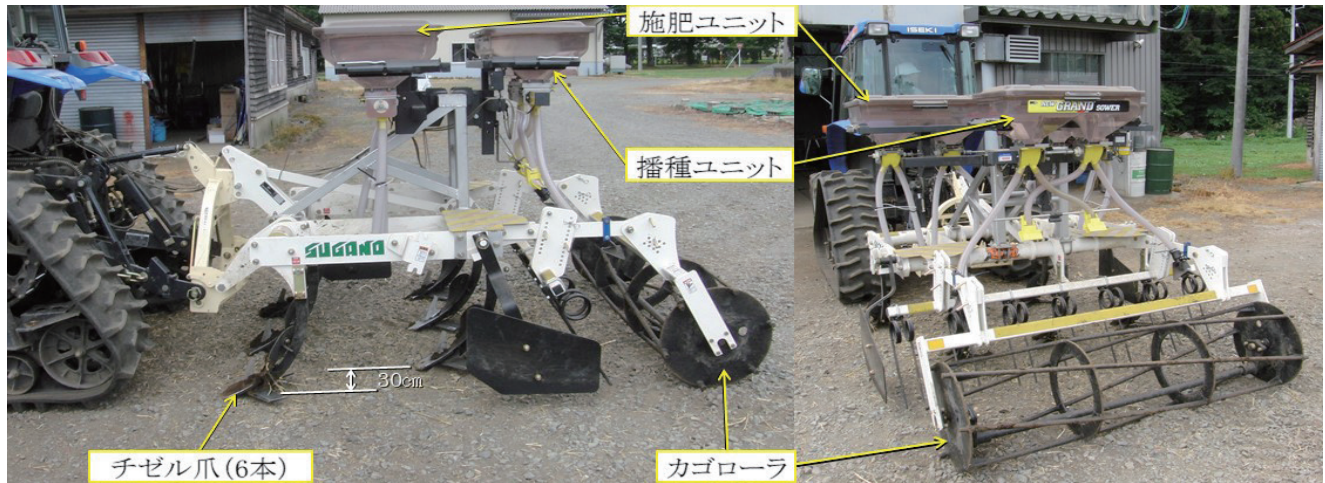
わが国では食料自給率が低迷するなか、水田の高度利用による作物の生産性の向上が期待される。そのなかで、農業現場においては担い手人口が減少する一方で、営農規模の拡大が進展している（農林水産省 2018）。また、水田作農業の所得確保のためには作業能率と収量性が優れた土地利用効率の高い営農面積の拡大が重要となる。一般的に水田の利用率向上のためには複数の作物を組み合わせた輪作体系が導入される。しかし、東北地域などの寒冷地では温暖地に比べ、作業可能日数が限られ、特に水田輪作体系下における作物切替え時期の作業可能日数率が低いことが指摘されている（星 2002, 大里 2014）。したがって、耕起、整地、施肥、播種などの作物切替え作業を短期間で実施する必要がある。この点に関して、大豆作においては播種前の耕起、整地作業を省略して前作収穫後の土壤に直接播種する不耕起栽培の研究が進展してきた（濱田ら 1988, 長野間ら 1989）。不耕起播種は高能率作業が可能で大面積の播種作業を短期間に行える一方で、前作栽培時の凹凸が圃場面に残り、降雨時に凹部に滞水が生じるため出芽不良となり易いことが示唆されている（濱田ら 2007）。また、開花期までの降水量が多い年次では不耕起栽培ダイズの収量性は耕起栽培ダイズよりも劣ることが報告されている（村田ら 2012）。この他の迅速な作物切替え技術として、省力・簡易栽培技術である散播浅耕栽培が報告されている（佐藤ら 1998）。さらに近年、様々な輪作体系下で幅広い作目を高能率に切替えることができるチゼルプラウを用いた簡易耕同時播種機も開発されている（農業・食品産業技術総合研究機構 2009）。しかし、簡易耕同時播種栽培の大豆作への適用に関する基礎的知見はほとんどなく、加えて、大豆

作において現在、最も省力的な簡易栽培技術である散播浅耕栽培と比較した事例もない。そこで、本研究では黒ボク土水田転換畑におけるチゼルプラウを用いた簡易耕同時播種栽培したダイズの生育、収量、品質について散播浅耕栽培と比較し、その特徴を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

岩手県盛岡市東北農研センター内の水田転換畑（前作乾田直播水稻；黒ボク土）において、無施肥として2014年6月10日、2015年6月11日にリュウホウを約29.0粒/m²（播種量8.7kg/10a）の設定で播種した。散播浅耕栽培区（以下、散播）は、スパウト式ブロードキャスタ（BF401-S, ササキコーポレーション社製）で散播後、耕深約5cmとして作業幅1.8mの縦軸駆動型ハロー（BETA230SP, スガノ農機社製）で浅耕した。簡易耕同時播種栽培区（以下、CPS）は作業幅1.8m、チゼル爪間隔30cmのチゼルプラウ（MSC6PSQLK, スガノ農機社製）に播種ユニット（DS-130R24, タイショー社製）を装備した作業機（第1図）で粗耕起同時播種した。播種後は中耕・培土は行わず、その他の栽培管理は慣行法に準じた。本研究において試験区は、長辺約60m×短辺約50mの30a圃場を短辺側で分割し、CPS区6a（60m×10m）と散播区24a（60m×40m）を設けた。各調査、サンプリングは対角線上に4箇所設置した3m×10mの調査区で実施し、4箇所の平均値を1反復の値とした。

播種直後、各調査区から20cm×20cmの土壌表層3~4cmにおいて1.5~2.0kgの生土をサンプリングし、メッシュサイズ19mmの篩を用いて篩前後の重量差から碎土



第1図 本試験で使用した簡易耕同時播種機。

率を算出した。播種後20日目に各調査区において円形1 m²内の苗立ち本数を調査した。その後、無作為に20本採取し、草丈、白化茎長を調査後、90℃で3日間以上通風乾燥し、地上部乾物重を秤量した。そして、白化茎長を播種深とし、地上部乾物重を草丈で除した値を苗の充実度とした。播種後1ヵ月から開花期まで光量子計(LI-189, LI-COR社製)にライン光量子センサー(LI-191S, LI-COR社製)を接続して、群落上部と地際部の光量子密度を測定し、相対光量子密度を算出した。また、CPSに関しては、畦に平行となるようにライン光量子センサーを設置し、畦間中央部と播種条地際部の相対光量子密度についても測定した。

開花期および子実肥大期に草丈が中庸な6個体(計24個体)を採取し、そのうち草丈が平均的な4個体(計16個体)について最上位完全展開頂小葉の葉色を葉緑素計(SPAD-502, コニカミノルタ社製)で測定し、生育調査した後、器官別に分解後、90℃で3日間以上通風乾燥し、器官別乾物重を秤量した。葉面積指数(LAI)は各反復4個体中の草丈が平均的な1個体の全葉について葉面積を葉面積計(LI-3100C, LI-COR社製)で測定し、この平均株の葉重より比例式を求め、4個体の葉重から算出した。外観品質調査は成熟期に半径1.0 mの円形3.14 m²を坪刈し、収穫物を2週間以上自然乾燥させた後、脱穀、唐箕選し、粒径5.5 mm以上の粗子実から農産物検査規格(農林水産省2018)に基づき著しい被害粒を除いた精子実について、(財)日本穀物検定協会東北支部に依頼し、1(1等上), 2(1等下), 3(2等上), 4(2等下), 5(3等上), 6(3等下), 7(特定用途), 8(規格外)の8段階で評価した。子実の粗タンパク質含有率は近赤外分光分析器(Infratec1241 Grain Analyzer, FOSS社製)を用いて測定した。また、坪刈地点に隣接する箇所において生育中庸な10個体(計40個体)を子葉節で切断、採取し、そのうち主茎長が平均的な6個体(計24個体)について生育調査し、その後、前述と同様の方法で地上部乾物重を秤量した。茎太は主茎の子葉節と初生葉節

第1表 散播とCPSの播種作業時間。

| 作業項目 | 散播 (h/ha) | CPS (h/ha) |
|-------|--------------|---------------|
| 播種 | 0.15 | 1.26 |
| 耕起 | 1.26 | |
| 播種+耕起 | 1.41 | 1.26 |

表中の値は平均値(n=2)を表す。作業面積は散播が24 a, CPSは6 aとした。

の節間中央部の長径をノギスで計測した。倒伏程度は水稻の倒伏程度の調査に準じて、成熟期に地際から主茎先端部を結んだ直線の地面に対する傾斜角度が0°, 0~15°, 16~32°, 33~53°, 54~71°, 72°以上をそれぞれ、0(無), 1(微), 2(少), 3(中), 4(多), 5(甚)の6段階として評価した。全刈収量は試験区全面積をコンバインで収穫した粗子実重を水分15%換算した値とした。9月上旬に各調査区から発生した雑草本数を調査後、サンプリングし、地上部の新鮮重を秤量した。

データは2ヵ年の平均値で示し、統計解析は年次を反復としたt検定を行った。

結 果

1. 播種作業時間と苗立ち状況、生育に及ぼす影響

耕起作業の時間は、両播種法とも1.26 h/haと同様であったが、CPSは散播に比べ、播種と耕起を合わせた作業時間が11%短かった(第1表)。播種時の碎土率は散播よりもCPSで低かった。播種後20日目の播種深、苗立ち率、苗立ち本数、草丈、地上部乾物重、苗の充実度に有意な播種法間差は認められなかったが、CPSで苗立ち本数がやや多く、地上部乾物重、苗の充実度が劣る傾向が認められた(第2表)。栽植様式に関する出芽個体の分布は、散播では圃場全体にほぼ均一に分布したのに対して、CPSではチゼル爪が配列された30 cmごとに条状に主に分布する条播

第2表 散播とCPSの播種時の碎土率と播種後20日目の初期生育.

| 試験区 | 碎土率 (%) | 播種深 (cm) | 苗立ち率 (%) | 苗立ち本数 (本/㎡) | 草丈 (cm) | 地上部乾物重 (g/個体) | 苗の充実度 (mg/cm) |
|-----|------------|-------------|-------------|----------------|------------|------------------|------------------|
| 散播 | 92.2 | 3.2 | 80.2 | 22.3 | 20.9 | 1.80 | 0.08 |
| CPS | 68.5 | 3.4 | 82.3 | 24.4 | 20.3 | 1.03 | 0.05 |
| t検定 | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

表中の値は平均値 (n=2) 示し, * は5%水準で有意差があることを, n.s. は有意差がないことを表す.



第2図 播種後20日目の散播 (a) とCPS (b) の苗立ち個体の分布状況.

様式となった (第2図).

生育期間を通して地上部乾物重の推移, 開花期, 子実肥大期のLAI, 最上位完全展開頂小葉の葉色値に両播種法で有意差は認められなかったが (第3図, 第4図), CPSで生育後半のLAIや地上部乾物重がやや大きくなる傾向がみられた.

2. 群落地際部の相対光量子密度と雑草発生状況に及ぼす影響

散播に比べCPSの群落地際部の相対光量子密度は, 播種後35~42日目で高く推移した (第5図a). しかし, 開花期には両播種法とも群落地際部の相対光量子密度は10%以下となり, 有意差は認められなかった. CPSでは畦間の群落地際部の相対光量子密度は, 播種後42日目まで高く推移したが (第5図b), 開花期には株間, 畦間とも群落地際部の相対光量子密度は10%以下となった.

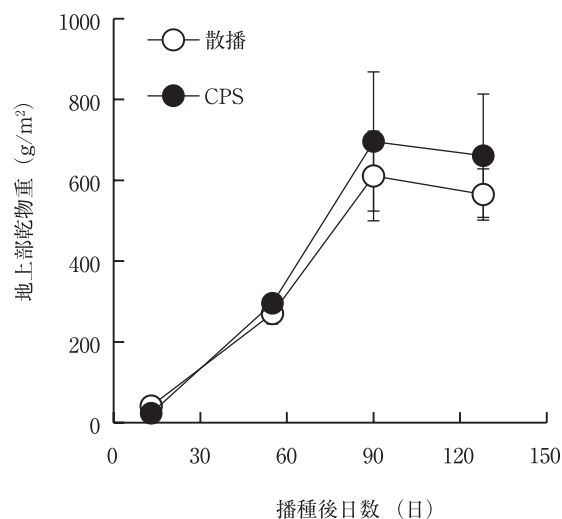
散播に比べ, CPSでは雑草の個体重が重い傾向がみられたが, 雑草発生本数, 雑草の個体重とも有意差は認められなかった (第3表).

3. 成熟期の生育, 収量, 品質に及ぼす影響

成熟期の生育に関して, CPSで主茎長はやや短い傾向がみられたが, 両播種法とも最下着莢高は15 cm以上であった (第4表). 主茎節数, 分枝数, 茎太, 倒伏程度に両播種法で有意差は認められなかった. 全刈収量, 粗タンパク質含有率, 外観品質に両播種法で有意差は認められなかった.

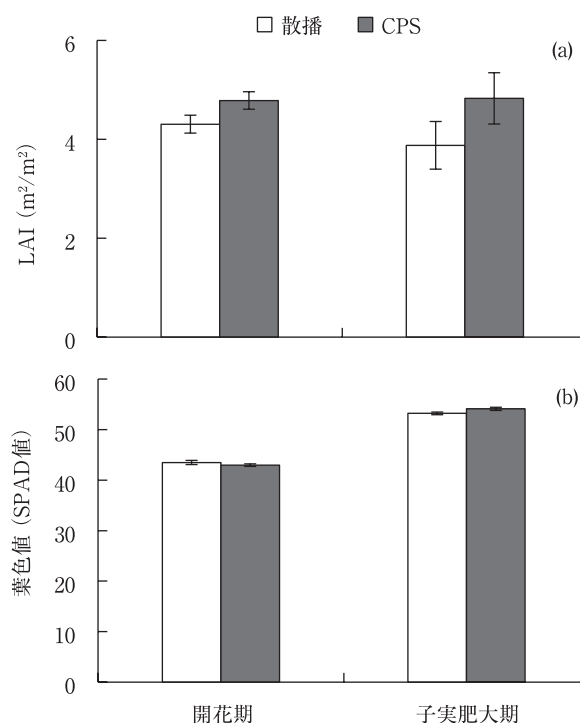
考 察

これまで大豆作において耕起と播種作業を一工程とした耕うん同時播種技術が数多く開発されてきた (濱口ら2004, 渡辺ら2004, 細川2005, 農業・食品産業技術総合



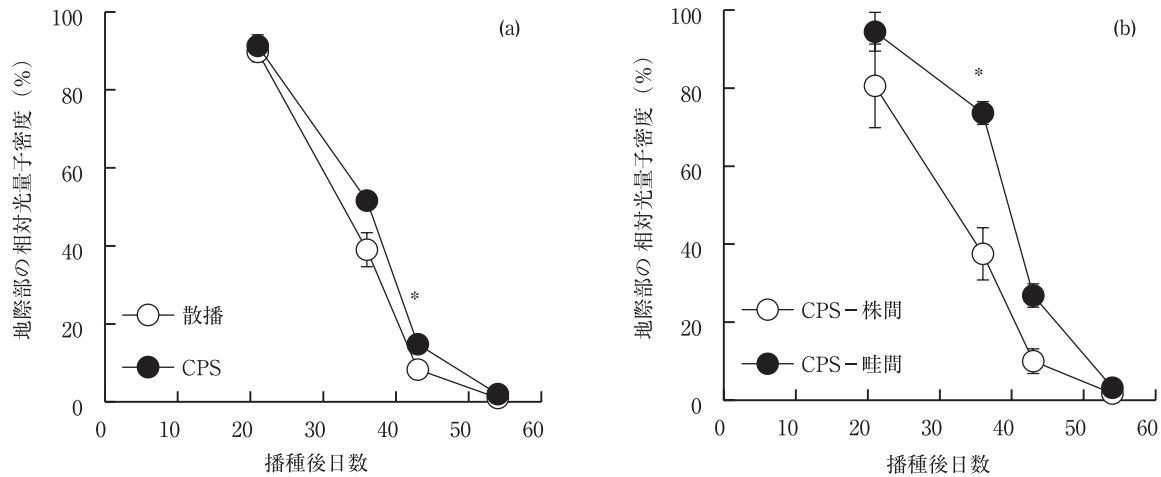
第3図 散播とCPSの地上部乾物重の推移.

図中の値は平均値 (n=2) を, 棒線は標準誤差を表す.



第4図 開花期と子実肥大期における散播とCPSのLAI (a) と葉色値 (b).

図中の値は平均値 (n=2) を, 棒線は標準誤差を示す.



第5図 開花期までの散播とCPSの地際部の相対光量子密度 (a), CPSの株間と畦間の地際部の相対光量子密度 (b) の推移。
図中の値は平均値 (n=2) を、棒線は標準誤差を示す。*は5%水準で有意差 (t検定) があることを表す。

第3表 散播とCPSの雑草の発生本数と新鮮重。

| 試験区 | 発生本数 (本/m ²) | 新鮮重 (g/個体) |
|-----|-----------------------------|---------------|
| 散播 | 0.045 | 48.7 |
| CPS | 0.060 | 80.5 |
| t検定 | n.s. | n.s. |

表中の値は平均値 (n=2) 示し、n.s.は有意差がないことを表す。

研究機構 2007, 吉永ら 2008, 天羽ら 2009, 川村ら 2013)。しかし、これらのほとんどはロータリ耕起との同時作業であるため作業速度は2 km/h前後と遅い。このため、本研究と同様の作業幅の播種作業機を用いた場合の播種作業時間は2.7~4.0 h/haの範囲となっている (日本農作業学会 2017)。一方、チゼルプラウを用いた簡易耕同時播種機による播種作業時間は1.26 h/haと優れ (第1表)、迅速な作物切替え作業に適していることが示された。また、本研究におけるCPSの2カ年の収量水準は270 kg/10a前後と高く (第4表)、黒ボク土水田転換畑における高能率な播種技術としての実用性が認められた。

CPSでは散播よりも碎土率は劣ったが、播種深の精度、苗立ち状況やその後の生育経過に両播種法で有意差は認められなかった (第1表、第2表、第2図、第4図)。また、CPSは苗立ち本数がやや多く、初期生育がやや徒長気味であったが、開花期以降の生育は旺盛となる傾向がみられ、成熟期の生育や収量、品質にも両播種法で有意差は認めら

れなかった。一方、CPSでは散播よりも群落地際部の相対光量子密度は播種後35~42日目にかけて高く推移し、特に株間よりも畦間で高く推移した (第5図)。群落地際部の相対光量子密度が10%以上の場合、葉群の遮蔽に伴う雑草抑制効果が劣り、雑草の発生リスクが助長される (野口・中山 1978)。ダイズ栽培において問題とならないような雑草の発生が少ない条件での本研究において、雑草の発生本数、個体重に両播種法で有意差は認められなかったが、CPSで雑草の個体重が重い傾向がみられた。このことから、CPSでは雑草の発生本数が同程度でも大型の残草が発生する可能性が懸念される。大型の残草は、ダイズの生育初期から出芽するものが多く、碎土率が低い場合、土壌処理除草剤の防除効果が劣り、生育初期の雑草の発生が多くなる。CPSでは散播に比べ、碎土率が低かったことから、群落の遮蔽効果だけでなく、土壌処理除草剤による抑草効果も劣る可能性が推察される。したがって、連作や一年交互のブロックローテーションなど大豆作付け歴が多い条件や碎土性が劣る圃場において、CPSでは開花期頃までの抑草効果が劣ることが推察され、除草剤の散布回数を増やす必要があるかもしれない。

最後に、ダイズ栽培において安定した収量を得るためには安定して高い出芽・苗立ち率を確保することが重要であり、播種深や碎土率は出芽・苗立ちに大きな影響を及ぼす (下名迫ら 1989, 吉田ら 2013)。本研究は碎土率が得やすい黒ボク土水田転換畑で実施した結果であり、碎土性が劣

第4表 散播とCPSの成熟期の生育、収量および品質。

| 試験区 | 主茎長 (cm) | 最下着莢高 (cm) | 主茎節数 (/個体) | 分枝数 (/個体) | 茎太 (mm) | 倒伏程度 (0-5) | 全刈収量 (g/m ²) | 粗タンパク質含有率 (%) | 外観品質 (1-8) |
|-----|-------------|---------------|---------------|--------------|------------|---------------|-----------------------------|------------------|---------------|
| 散播 | 79.9 | 18.7 | 15.1 | 3.5 | 6.8 | 3.7 | 262 | 45.6 | 2.0 |
| CPS | 71.3 | 16.5 | 14.5 | 3.8 | 7.1 | 3.1 | 276 | 45.1 | 2.4 |
| t検定 | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

表中の値は平均値 (n=2) 示し、n.s.は有意差がないことを表す。

る粘土質な土壌条件に対するチゼルプラウによる簡易耕同時播種栽培の適用性に関しては今後、検討していく必要がある。

謝辞：本研究の実施に際して、農研機構東北農業研究センター業務第1科の三浦幸浩氏、加藤大輔氏、小笠原篤氏、高橋博貴氏、高橋栄廣氏、工藤一博氏、吉沢信行氏、齊藤進氏、業務第2科の吉田昭男氏には作業機械の調整および操作、圃場管理、コンバイン収穫作業にご協力頂きました。同科圃場管理の契約職員の佐藤靖子氏、根子エミ氏、千葉ミワ氏にはサンプリングおよび収穫物の調製作業など、多岐にわたりご尽力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 天羽弘一・大谷隆二・渋谷幸憲・中山壮一 2009. ロータリ耕とチゼル耕を組み合わせた構造化耕転同時播種作業技術の開発. 農機東北支報 56: 49-52.
- 濱田千裕・伊藤清一・澤田恭彦・宮下陽里・青木松信・中嶋泰則・野々山利博・青木弘二 1988. ダイズ不耕起播種技術. 農業及び園芸 63: 518-519.
- 濱田千裕・釋一郎・澤田恭彦・小島元 2007. ダイズ不耕起播種栽培の出芽期における冠水害の発生要因. 日作紀 76: 212-218.
- 濱田秀生・中山壮一・梅本雅 2004. 汎用型不耕起播種機による大豆不耕起狭畦栽培マニュアル. 中央農研七研究資料 5: 1-21.
- 星信幸 2002. 水田輪作の体系化に向けた降水量による作業可能日数率の利用. 東北農業研究 55: 37-38.
- 細川寿 2005. 湿害回避のための大豆耕うん畝立て作業技術. 農業技術 60: 254-257.
- 川村富輝・小田原孝治・光岡宗司・井上英二・岡安崇史 2013. 転換畑における部分浅耕播種法がダイズの生育・収量に及ぼす影響. 農作業研究 48: 49-59.
- 村田資治・井上博茂・稲村達也 2012. 水田転換畑における不耕起ダイズの生育に及ぼす降水の影響. 日作紀 81: 397-403.
- 長野間宏・岡崎紘一郎・吉田堯・高橋均 1989. 大豆不耕起播種機の開発. 農研センター転換畑研究成果情報 No.2: 161-168.
- 野口勝可・中山兼徳 1978. 畑作物と雑草の競合に関する研究. 第3報 遮光処理が雑草の生育に及ぼす影響. 日作紀 47: 56-62.
- 農業・食品産業技術総合研究機構 2007. 湿害回避により水田大豆の増収をはかる小畦立て栽培 (平成 19 年度東北農業研究成果情報). <http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H19/hatasaku/H19hatasaku010.html> (2017/12/22 閲覧).
- 農業・食品産業技術総合研究機構 2009. 汎用性が高く短時間で作目切替ができる簡易耕同時施肥播種技術 (平成 21 年度東北農業研究成果情報). <http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H21/hatasaku/H21hatasaku001.html> (2016/2/1 閲覧).
- 農林水産省 2018. 国内農産物の被害粒等の限界基準解説書 (参考). <http://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/hourei.html> (2018/2/1 閲覧).
- 農林水産省 2018. 農林業センサス. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/index.html> (2018/3/26 閲覧).
- 日本農作業学会 2017. 農作業データ集. http://www.jsfwr.org/fw_data/index.html (2017/12/22 閲覧).
- 大里達朗 2014. 岩手県北における降水量から見た作業可能日数の経年変化傾向. 日作東北支部報 57: 37-38.
- 佐藤雄幸・明沢誠二・鈴木光喜・島田孝之介・五十嵐宏明・井上一博 1998. 田畑輪換圃場における麦後作大豆の散播浅耕栽培. 秋田農試研報 39: 49-63.
- 下名迫寛・矢治幸夫・中精一・今園支和 1989. 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. 農作業研究 24: 230-236.
- 渡辺輝夫・松尾和之・増田欣也・中西幸峰 2004. 小明渠作溝同時浅耕播種機による大豆の浅耕播種作業技術. 農作業研究 40 (別 1): 39-40.
- 吉田修一郎・細川寿・足立一日出 2013. 播種時の過湿・過乾燥リスクを伴う粘土質転換畑におけるダイズの適切な播種条件の解析. 土壌の物理性 125: 17-27.
- 吉永悟志・河野雄飛・白土宏之・長田健二・福田あかり 2008. 転換畑ダイズ作における有芯部分耕栽培が土壌水分および生育・収量に及ぼす影響. 日作紀 77: 299-306.

Growth, Yield and Quality of Soybeans Cultivated with Minimum Tillage and Concurrent Seeding in an Andosol Upland Field Converted from a Paddy Field : Hidefumi SAITO and Toshinori MATSUNAMI (*Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Morioka 020-0198, Japan*)

Abstract : We examined the practical applicability of the method of minimum tillage and concurrent seeding using a chisel plow (CPS) in a crop rotation system by comparing the seeding work hours, growth, yield, and quality obtained using CPS with that obtained using broadcast cultivation (broadcasting) on an Andosol upland field converted from a paddy field. Seeding work hours was about 10% less than that in broadcasting. The soil pulverization rate was lower in CPS than in broadcasting, but there was no significant difference in the rate of seedling establishment between them. There was no difference in the aboveground dry weight, leaf-area-index (LAI), and leaf color during the period from the flowering stage to the grain-filling stage. The relative solar radiation on the ground surface until the flowering stage was higher in CPS than in broadcasting. There was no significant difference in the number of weeds between broadcasting and CPS, but the individual dry weight of the weed tended to be heavier in CPS. No significant difference was found between broadcasting and CPS in the growth, yield, and quality. These results suggest that CPS in crop rotation systems in paddy fields is a labor-saving cultivation technique suitable for soybeans, as is broadcasting.

Key words : Broadcast, Chisel Plow, Crop Rotation in Paddy Filed, Seedling establishment, Soybean.