

## 散播浅耕栽培における低苗立ち密度下でのダイズの生育, 収量, 品質

松波寿典・関矢博幸・齋藤秀文・阿部敏之

(農研機構東北農業研究センター)

**要旨**：分散圃場を伴う大規模経営体が増加するなか、分散圃場の生産効率の向上と高い所得増大効果が期待できる省力的なダイズ栽培技術の確立が期待されている。本研究では大豆作において高能率で簡易的な栽培技術である散播浅耕栽培における低苗立ち密度下でのダイズの生育, 収量, 品質を明らかにすることを目的とした。苗立ち密度が最も少ない圃場四隅 (以下, 低密度区) の苗立ち本数は各四隅の内側に隣接する平均的な苗立ち本数を示した区 (以下, 対照区) の約 35% であった。低密度区の地上部乾物重は対照区に比べ, 開花期までは軽かったが, その後, 旺盛な葉面積指数 (LAI) の増加に伴い, 子実肥大期以降は対照区と同程度となった。群落地際部の相対光量子密度の推移は低密度区で高く, 開花期頃においても 10% に到達しなかった。低密度区は対照区に比べ,  $m^2$  あたり総節数は少なかったが, 個体あたりの分枝数や分枝節数, 一節あたり稔実莢数が多かった。このため, 稔実莢数および収量に有意差は認められなかった。また, 一節あたり稔実莢数は開花期から子実肥大期頃にかけての LAI と SPAD 値の増減程度と正の相関関係が認められた。これらのことから, 散播浅耕栽培において苗立ち密度が最も少ない圃場四隅のダイズでは個体あたりの分枝の発育が促進され, 開花期から子実肥大期にかけての旺盛な葉面生長と葉色の向上により一節あたり莢数を増加させることで  $m^2$  あたり莢数を確保し, 苗立ち本数が確保された箇所のダイズと同程度の収量性を発揮す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, 苗立ち, 密植, 無培土栽培。

現在, 農業従事者の高齢化に伴う脱農や担い手後継者不足, 減反政策の廃止に伴う米価の変動など水田農業を取り巻く情勢が厳しいなか, 安定的に所得を確保していくために経営規模の拡大が進展している (農林水産省 2017a)。そのなかでも 15 ha を超える大規模農家では稲作+麦・大豆経営が中心となり (平林 2013), 1 経営体当たりの大豆作付面積も増加している (安藤 2008)。しかし, 規模拡大に伴う土地の集約化に関しては課題が多く, 分散圃場を伴う追加的規模拡大による大規模経営体の増加が懸念されている (梅本 2010)。したがって, 今後は大区画圃場だけでなく, 散在した分散圃場の生産効率の向上と高い所得増大効果が期待できる省力的なダイズ栽培技術の確立が重要である。生産効率を向上させるためには収量性の向上と作業時間の短縮が必要であり (前川・南石 1999), ダイズ栽培期間中, 最も時間を要する作業は中耕・培土である (倉田ら 1985)。また, 高い所得増大効果を得るためには, 新たな投資コストを必要とせず, 生産性の維持または向上が期待できる農業機械の汎用利用による生産費の削減が有効である。これまで, 分散圃場を伴う大規模化に対応したダイズの省力的な無中耕・無培土栽培技術として肥料散布機であるブロードキャストを活用した散播浅耕栽培が確立されている (佐藤ら 1998, 松波ら 2016)。しかし, ブロードキャストで行う散播栽培に関して, 他の作物に比べて播種粒数が少ないダイズでは苗立ちの疎密が生じやすく, 特に圃場四隅においてトラクタ旋回時のブロードキャスト放出ユニット部への遠心作用により種子の飛散程度にバラつきが生じる

ため, 苗立ち密度は薄くなる傾向がみられる。一般的にトラクタ作業では圃場の両端, 四隅等は旋回場所となり管理作業時の車輪による作物体損傷に伴う局所的な生育, 収量の不安定化が指摘されている (川村 1964)。また, 水稻の湛水散播栽培では播種機による播種量の変異が苗立ち密度の変異に対応していることから, 機械播種により発生した低苗立ち密度や不均一な苗立ちが生育, 収量に及ぼす影響に関する研究も行われてきた (帖佐ら 2009)。しかし, ダイズの散播時の肥料散布機により生じた異なる苗立ち密度下における生育や収量性に関しては明らかにされていない。

これまでダイズに関しても, 苗立ち密度が比較的高い条件下において異なる播種法や耕起法による苗立ち本数の違いが乾物生産や収量性に及ぼす影響に関する知見はいくつか報告されている (糸川ら 1989, 佐藤ら 1998, 川村ら 2013, 前川ら 2016, 松波ら 2017)。また, 幅広い栽植様式や栽植密度に対するダイズの生態形態的反応に関する研究も多く報告されてきた (中世古・後藤 1981, 国分 1988, 池田 2000, 中野ら 2001, 齋藤ら 2007)。しかし, 既往の栽植密度に関する報告は畦間と株間の両方あるいはそれらの一方を固定した正条播または条播され, 欠株位置が人為的, 規則的に配置された条件下で行われたもので, 機械作業時に発生する極端な苗立ち本数の違いがダイズの生育特性や収量へ及ぼす影響を直接評価したものはない。また, 水稻において散播など, ばらまき条件下での栽植本数の偏りによる収量への影響は苗立ち本数の偏り方や配列状態で異な

ることが指摘されている(角田ら 1980)。したがって、ダイズの散播栽培においても、実際の機械播種により発生する低苗立ち密度の影響を明らかにすることは生産場面への直接的な情報提供だけでなく、既往の知見との再現性も含めて学術的にも有用と考えられる。

そこで、本研究ではダイズの散播浅耕栽培における圃場四隅の低苗立ち密度下での生育特性や収量性、品質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長辺 60 m、短辺 50 m の 30 a 区画の水田転換畑(前作乾田直播水稻;黒ボク土)で実施した。本試験の播種量は、松波ら(2016)と同様の  $29.0 \text{ 粒 m}^{-2}$ (播種量  $8.7 \text{ kg } 10 \text{ a}^{-1}$ )の設定として、2014年6月10日、2015年6月11日にリュウホウをスパウト式ブロードキャスタ(BF-401-S, ササキコーポレーション社製)で散播し、その後、耕深約 5 cm として作業幅 1.8 m の縦軸駆動型ハロー(BETA230SP, スガノ農機社製)で浅耕した。本研究では無施肥とし、雑草防除は播種 1 ヶ月前にグリホサートカリウム塩液剤、播種後にジメテナミド・リニュロン液剤、播種後 35 日頃にベンタゾン液剤とキザロホップエチル水和剤を混用散布する体系で実施し、中耕・培土は行わなかった。病害虫防除は、チアメトキサム・フルジオキソニル・メタラキシル M 水和剤を種子に塗抹処理するとともに、8 月下旬または 9 月上旬にエトフェンプロックス乳剤とイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤を混用散布した。

2014年6月30日(播種後 20 日目)、2015年7月1日(同 20 日目)に苗立ち本数が最も少ない圃場四隅(以下、低密度区)と各四隅の内側に隣接する平均的な苗立ち本数を示した箇所(以下、対照区)それぞれに  $8 \text{ m} \times 8 \text{ m}$  の調査区を設置し、苗立ち状況を調査した。また、同日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。なお、本研究における開花期、子実肥大期、成熟期は、2014年ではそれぞれ8月3日(播種後 54 日目)、9月3日(同 84 日目)、10月18日(同 130 日目)、2015年ではそれぞれ8月4日(同 54 日目)、9月5日(同 86 日目)、10月22日(同 132 日目)であった。

地上部乾物重は、2014年は6月23日(播種後 13 日目)、開花期、子実肥大期、成熟期、2015年は6月24日(播種後 13 日目)、開花期、子実肥大期、成熟期において、播種後 13 日目、開花期、子実肥大期は草丈、成熟期は主茎長が中庸な 6 個体(計 24 個体)を採取し、そのうち草丈、主茎長が平均的な 4 個体(計 16 個体)について調査した。主茎長は子葉節から主茎の成長点までの長さとした。

開花期および子実肥大期は地上部乾物重を調査する個体の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、 $90^\circ\text{C}$ で3日間以上通風乾燥し、乾物重を秤量した。LAIは4個体のなかで主茎長が平均的な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。成熟期に調査区を中心半径 1.0 m の円形  $3.14 \text{ m}^2$  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 以上の粗子実重を水分 15% 換算し、 $\text{m}^2$  当たり収量を算出した。外観品質調査は粗子実から農産物検査規格(農林水産省 2017b)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、粒径区分は 7.9 mm、7.2 mm、5.5 mm の丸目篩(規格検査用ふるい、不二金属工業社製)を用いて、子実を粒径別に選別し、7.9 mm 以上の重量割合を大粒割合として表した。また、坪刈地点に隣接する箇所において無作為に 10 個体(計 40 個体)を採取し、そのうち主茎長が平均的な 6 個体(計 24 個体)について収量構成要素、乾物重を調査した。生育調査に際して、茎太は主茎の子葉節と初生葉節の節間中央部の長径をノギスで計測した。倒伏程度は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  $0^\circ$ 、 $0\sim 15^\circ$ 、 $16\sim 32^\circ$ 、 $33\sim 53^\circ$ 、 $54\sim 71^\circ$ 、 $72^\circ$  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。

統計処理は4箇所それぞれをブロックとして、統計解析ソフト(JMP8.0.1, SAS Institute Inc.)を用い、年次と処理区を要因とする二元配置分散分析を行った。

## 結 果

### 1. 低苗立ち密度下におけるダイズの生育

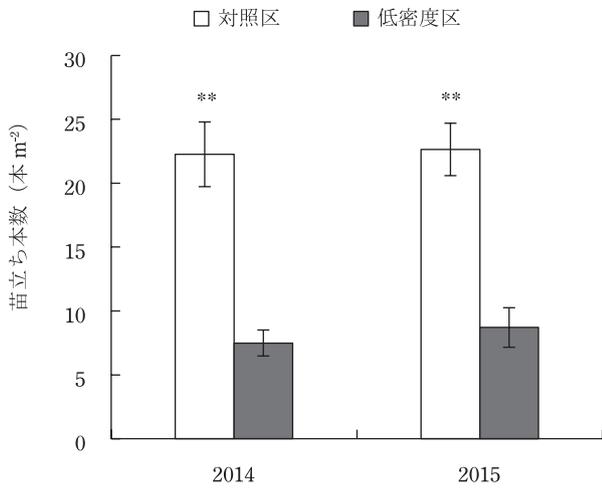
対照区と低密度区の苗立ち本数はそれぞれ、2014年は  $22.3 \text{ 本 m}^{-2}$ 、 $7.5 \text{ 本 m}^{-2}$ 、2015年は  $22.6 \text{ 本 m}^{-2}$ 、 $8.7 \text{ 本 m}^{-2}$  であった(第1図)。低密度区の苗立ち本数は対照区に比べ、2014年は67%、2015年は62%少なかった。

主茎長は開花期以降、対照区よりも低密度区で短い推移を示した(第2図)。地上部乾物重に関して、低密度区は対照区に比べ、開花期までは軽かったが、子実肥大期以降は有意な差は認められなかった(第3図)。

群落地際部の相対光量子密度の推移は低密度区で高く、開花期頃においても10%に到達しなかった(第4図)。一方、対照区では2カ年とも播種後 40~50 日において10%に到達した。

開花期において低密度区では対照区に比べ、葉色は淡く、LAIは小さかったが、子実肥大期では対照区と有意な差は認められなかった(第1表)。

成熟期の生育に関して、低密度区の  $\text{m}^2$  あたり総節数は



第1図 対照区と低密度区の苗立ち本数。  
 図中の値は平均値 (n=4) を示し、棒線は標準誤差を表す。  
 \*\* は1%水準で有意差 (t検定) があることを示す。

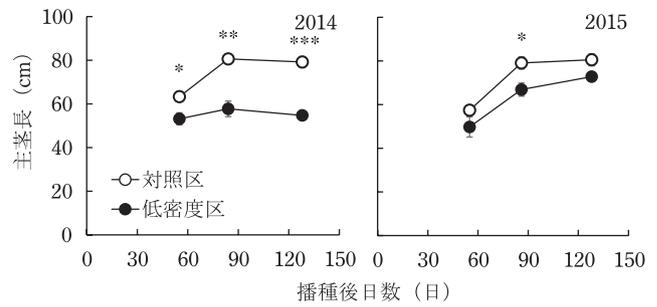
対照区よりも少なかったが、低密度区は対照区に比べ、分枝数、分枝節数が多く、茎が太く、倒伏程度も小さかった(第2表)。主茎節数に両区間に有意差は認められなかった。

## 2. 低苗立ち密度下におけるダイズの収量、収量構成要素、品質

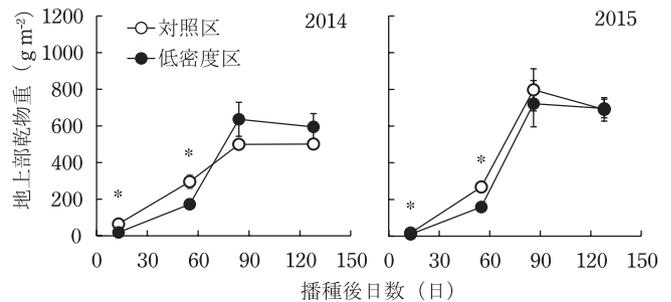
収量構成要素に関して、2カ年とも稔実莢数、一莢内粒数、百粒重、収量、粗タンパク質含有率に両区で有意差は認められなかったが、外観品質、大粒割合は低密度区で優れていた(第3表)。一節あたり稔実莢数は、2カ年とも対照区に比べ、低密度区で多かった(第5図)。また、一節あたり稔実莢数は、開花期から子実肥大期までのLAIとSPAD値の増減程度と有意な正の相関関係が認められた(第6図)。

## 考 察

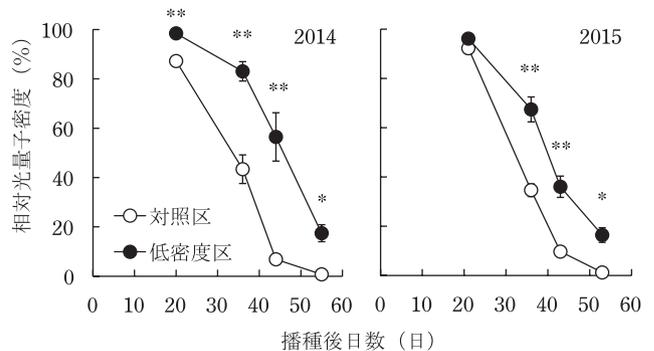
本研究において苗立ち本数が最も少ない低密度区の苗立ち本数は対照区の約35%となり7.5~8.7本m<sup>2</sup>であった(第1図)。そして、低密度区の地上部乾物重は対照区に比べ、開花期までは軽かったが、その後は旺盛なLAIの増加に伴い、子実肥大期以降、対照区と有意差は認められなかった(第3図、第1表)。一方、低密度区の主茎長は対照区に比べ、開花期以降、低い推移を示した(第2図)。ダイズにおいて6.2~8.3本m<sup>2</sup>の疎植は22.0~25.0本m<sup>2</sup>の密植と主茎節数は同程度であるが、短茎化し(前波ら1982, 黒田ら1992)、分枝が旺盛に発達する形態的特性を示す(中世古・後藤1981, 中野ら2004)。また、疎植では開花期以降のLAIの著しい増加とNARが高く維持されることで、生育後半に優れた乾物生産能が発揮される(中世古・後藤1981, 前波ら1982, 池田・佐藤1990)。これら既往の報告から、開花期以降、低密度区では分枝が旺盛に発達し、LAIが増加したことで高い乾物生産能が発揮されていたと



第2図 対照区と低密度区の主茎長の推移。  
 図中の値は平均値 (n=4) を示し、棒線は標準誤差を表す。  
 \*, \*\*, \*\*\* はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意差 (t検定) があることを示す。



第3図 対照区と低密度区の地上部乾物重の推移。  
 図中の値は平均値 (n=4) を示し、棒線は標準誤差を表す。  
 \* は5%水準で有意差 (t検定) があることを示す。



第4図 開花期までの地際部における対照区と低密度区の相対光量子密度の推移。  
 図中の値は平均値 (n=4) を示し、棒線は標準誤差を表す。角変換後において\*, \*\* はそれぞれ5%, 1%水準で有意差 (t検定) があることを示す。

考えられた。

乾物生産能を発揮するための基礎となる根粒からの窒素供給に関して、Nelson and Weaver (1980) は4.9~19.4本m<sup>2</sup>、小松ら(1989)は12.5~25.0本m<sup>2</sup>の範囲ではm<sup>2</sup>あたりの窒素固定能の季節的变化に栽植密度の違いによる差は認められず、開花期以降、疎植では個体あたりの根粒数が著しく増加し、大型根粒数の割合も高く、根粒を旺盛に着生することを報告している。ダイズでは開花期以降に窒

第1表 開花期と子実肥大期における対照区と低密度区のSPAD値とLAI.

年次	処理区	開花期		子実肥大期	
		SPAD値	LAI (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	SPAD値	LAI (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )
2014	対照区	44.3	4.7	53.8	2.9
	低密度区	41.0	2.8	51.3	4.3
2015	対照区	42.7	3.9	52.7	4.8
	低密度区	41.8	2.6	53.3	5.7
平均値	2014	42.6 <sup>a</sup>	3.7 <sup>a</sup>	52.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>b</sup>
	2015	42.2 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	53.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>
	対照区	43.5 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	53.2 <sup>a</sup>	3.9 <sup>a</sup>
	低密度区	41.4 <sup>b</sup>	2.7 <sup>b</sup>	52.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
分散分析	年次	ns	ns	ns	*
	処理区	*	**	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns

表中の値は平均値 (n=4) を示す。平均値に関して、同一アルファベット文字間には5%水準 (Tukey法) で有意差がないことを表す。\*, \*\* はそれぞれ5%, 1%水準で有意であることを、nsは有意でないことを表す。

第2表 成熟期における対照区と低密度区の生育と倒伏程度.

年次	処理区	主茎節数 (個体 <sup>-1</sup> )	分枝数 (個体 <sup>-1</sup> )	分枝節数 (個体 <sup>-1</sup> )	総節数 (m <sup>2</sup> )	茎太 (mm)	倒伏程度 (0-5)
2014	対照区	15.4	4.3	13	634	6.9	4.6
	低密度区	15.3	7.2	43	437	9.9	4.3
2015	対照区	14.9	2.7	9	533	6.7	2.8
	低密度区	15.0	4.9	33	412	9.7	1.8
平均値	2014	15.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	536 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
	2015	15.0 <sup>a</sup>	3.8 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>	472 <sup>b</sup>	8.2 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>
	対照区	15.1 <sup>a</sup>	3.5 <sup>b</sup>	11 <sup>b</sup>	583 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b</sup>	3.7 <sup>a</sup>
	低密度区	15.2 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	38 <sup>a</sup>	424 <sup>b</sup>	9.8 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>
分散分析	年次	ns	***	*	*	ns	ns
	処理区	ns	***	***	***	***	*
	交互作用	ns	ns	ns	ns	ns	ns

表中の値は平均値 (n=4) を示す。平均値に関して、同一アルファベット文字間には5%水準 (Tukey法) で有意差がないことを表す。

\*, \*\*, \*\*\* はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを、nsは有意でないことを表す。

素蓄積量が急激に増加し、その多くは固定窒素由来とされている (高橋ら 2003, 南雲ら 2010)。つまり、開花期以降、低密度区では旺盛な窒素固定能と葉面生長により優れた乾物生産能が発揮され、子実肥大期には対照区と同程度の生育量が確保されたと考えられた。

低密度区は対照区に比べ、m<sup>2</sup>あたり総節数は少なかったが、個体あたりの分枝数と分枝節数、一節あたり稔実莢数が多かった (第2表, 第5図)。ダイズにおいて6.2~8.3本 m<sup>2</sup>の疎植と22.0~25.0本 m<sup>2</sup>の密植で収量に明瞭な差は認められていない (前波ら 1982, 中野ら 2004)。しかし、収量形成過程を比較すると、密植はm<sup>2</sup>あたりの栄養成長量の増加によりm<sup>2</sup>あたり総節数を確保することで、m<sup>2</sup>あたり莢数を獲得して収量を形成する一方、疎植では個体あ

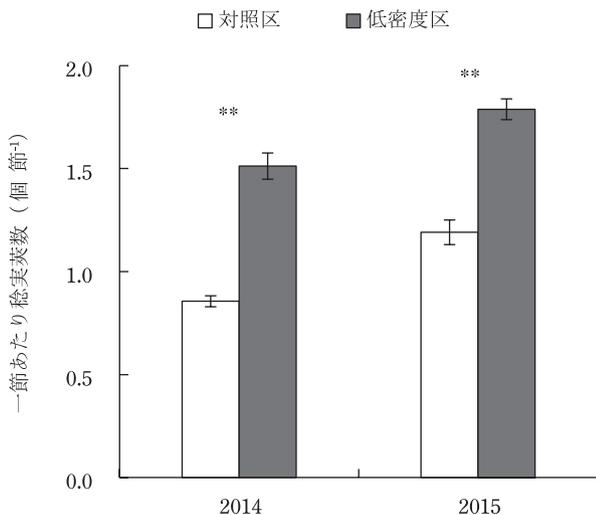
たりの分枝数と分枝節数、一節あたり莢数が補償作用的に増加することでm<sup>2</sup>あたり莢数が確保される (前波ら 1982, 中野ら 2004)。そして、疎植は密植に比べ、高次位花房と下位節から発生した分枝において開花数、稔実莢数が多く、下位節の結莢率が優れる開花・着莢特性を示す (池田・佐藤 1990, 黒田ら 1992)。また、開花期前後の光条件と開花・着莢は密接に関係し (郡ら 1998)、ダイズの結莢率は開花後20~30日間の乾物増加量や受光条件と関係している (大庭ら 1961, 前波ら 1982)。さらに、生育後半の日射エネルギーの乾物変換効率と分枝の莢実増加速度の間には密接な正の相関が認められている (中世古・後藤 1981)。つまり、疎植では、開花期前後から子実肥大期頃にかけての高い受光率が高次位花房や下位節から発生した分枝の開花・着莢

第3表 対照区と低密度区の収量, 収量構成要素, 粗タンパク質含有率, 外観品質, 大粒割合.

年次	処理区	稔実莢数 (m <sup>-2</sup> )	一莢内粒数 (莢 <sup>-1</sup> )	百粒重 (g)	収量 (g m <sup>-2</sup> )	粗タンパク質含有率 (%)	外観品質 (1-8)	大粒割合 (%)
2014	対照区	543	1.89	33.5	313	44.3	2.0	73.5
	低密度区	661	1.87	33.4	307	43.1	1.3	82.9
2015	対照区	634	1.64	37.2	398	46.9	2.0	92.2
	低密度区	736	1.70	37.8	376	47.0	2.0	93.7
平均値	2014	602 <sup>a</sup>	1.88 <sup>a</sup>	33.5 <sup>b</sup>	310 <sup>b</sup>	43.7 <sup>b</sup>	1.6 <sup>a</sup>	78.2 <sup>b</sup>
	2015	685 <sup>a</sup>	1.67 <sup>b</sup>	37.5 <sup>a</sup>	387 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	93.0 <sup>a</sup>
	対照区	589 <sup>a</sup>	1.77 <sup>a</sup>	35.3 <sup>a</sup>	356 <sup>a</sup>	45.6 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	82.8 <sup>b</sup>
	低密度区	699 <sup>a</sup>	1.78 <sup>a</sup>	35.6 <sup>a</sup>	341 <sup>a</sup>	45.0 <sup>a</sup>	1.6 <sup>b</sup>	88.3 <sup>a</sup>
分散分析	年次	ns	***	***	***	***	ns	**
	処理区	ns	ns	ns	ns	ns	**	***
	交互作用	ns	ns	ns	ns	*	ns	***

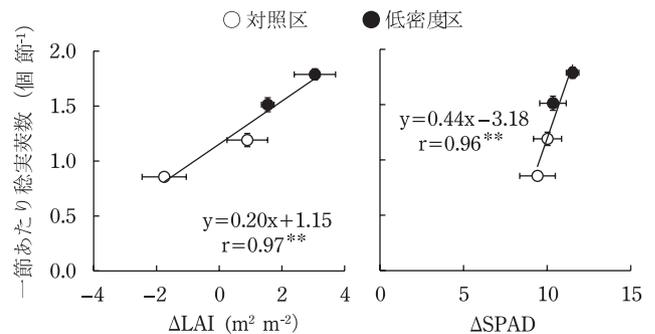
表中の値は平均値 (n=4) を示す. 平均値に関して, 同一アルファベット文字間には5%水準 (Tukey 法) で有意差がないことを表す.

\*, \*\*, \*\*\* はそれぞれ5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを, nsは有意でないことを表す.



第5図 対照区と低密度区の一節あたり稔実莢数.  
図中の値は平均値 (n=4) を示し, 棒線は標準誤差を表す.  
\*\*は1%水準で有意差 (t検定) があることを示す.

などの生殖成長形質に有利に作用し, それらの結莢率が高まることで m<sup>2</sup> あたりの莢数が確保されると考えられる. 本研究の低密度区でも開花期頃の受光条件は対照区よりも優れ (第4図), 相対光量子密度も17%前後と高かったことから, 既往の報告のような収量の補償作用が生じていた可能性が推察された. また, ダイズは開花期から子実肥大期までのソース能によってシンク能は決定される (Kokubun ら 1988). さらに, 開花期から莢伸長期頃の光合成産物の供給力は着莢効率, 葉身窒素濃度は着莢数と関係し, 莢伸長期以降の窒素集積量は子実重と関係している (藤井ら 1987a, 1987b). 本研究において, 一節あたり稔実莢数は開花期から子実肥大期までの LAI と SPAD 値の増減程度と正の相関関係が認められた (第6図). 一般的に LAI は光合成の活動の場として量的な, 葉色は葉内の光合成機



第6図 開花期から子実肥大期における LAI, SPAD 値の増減程度と一節あたり稔実莢数の関係.

図中の値は平均値 (n=4) を示し, 棒線は標準誤差を表す.  
\*\*は1%水準で有意であることを示す.

能を介した質的なパラメーターとして光合成能に関係している. つまり, 低密度区では対照区に比べ, 開花期頃から子実肥大期における群落の受光条件が良く, 加えて個体レベルの窒素供給能も優れることで, 群落レベルで高いソース能が発揮され, さらに生理的なシンク能も高まることで個体あたりの着莢数が増加し, m<sup>2</sup> あたりの莢数が確保された結果, 対照区と同様の収量性が発揮されたと考えられた.

本研究において低密度区は対照区よりも倒伏程度が軽かった. ダイズの平均倒伏程度は主莖長 / 莖径と正の相関関係が認められ (齊藤・城間 2007), 耐倒伏性に優れた品種は, 短莖あるいは莖や主根基部が太い形態的特性を備えている (島田ら 1998, 辻岡ら 2009). 本研究において, 低密度区は対照区に比べ, 短莖で太い, 地上部の支持機能に優れた形態的特徴を有していた. また, ダイズの倒伏程度は地上部自重モーメント / 押し抵抗モーメント比と正の相関関係が認められ, この値が小さいほど耐倒伏性が強いと評価される (島田ら 1998). 本研究において低密度区は

対照区よりも個体生育量が旺盛であったことから、地上部自重モーメントは対照区よりも大きいと考えられるが、低密度区の倒伏程度は対照区よりも軽微であった。つまり、低密度区では根系の支持力である押し抵抗モーメントが地上部自重モーメントを上回ったことで、倒伏程度が軽減されたと推察される。

以上の本研究の結果は、ダイズの無中耕・無培土の省力栽培技術における播種量の低減の有効性を示唆していると考えられ、この点に関しては今後の研究の進展が期待される。

### 引用文献

- 安藤光義 2008. 水田農業構造再編と集落営農. 農業経済研究 80: 67-77.
- 帖佐直・古畑昌巳・大嶺政朗・松村修 2009. 水稲湛水直播栽培のためのエアアシスト条播技術の開発－播種機の概要とエアアシストの効果－. 農作業研究 44: 211-218.
- 藤井弘志・安達忠弘・桃谷英・鈴木武・大沼彪・阿部吉克・今野周・荒垣憲一 1987a. 水田転換畑における多収ダイズの栄養特性. 土肥誌 58: 217-221.
- 藤井弘志・安達忠弘・桃谷英・鈴木武・大沼彪・阿部吉克・今野周・荒垣憲一 1987b. 生育に伴う多収ダイズの窒素および炭水化物の各器官への集積について. 土肥誌 58: 316-322.
- 平林光幸 2013. 統計分析に見る大規模農家の動向とその特徴－都府県 15 ha 以上農家に焦点を当てて－. 地域政策研究 15: 95-112.
- 池田武・佐藤庚 1990. ダイズ栽培における栽植密度と収量構成要素との関係. 日作紀 59: 219-224.
- 池田武 2000. ダイズ個体群の純生産に関わる要因. 日作紀 69: 12-19.
- 糸川信弘・岡崎紘一郎・宮崎昌宏・川崎健 1989. 転換畑の麦跡大豆栽培における出芽安定播種技術の開発. 農作業研究 24: 47-54.
- 川村五郎 1964. 機械化栽培における枕地利用方式に関する実験. 東北農業研究 6: 102-105.
- 川村富輝・小田原孝治・光岡宗司・井上英二・岡安崇文 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.
- 国分牧衛 1988. 大豆の Ideotype の設計と検証. 東北農試研報 77: 77-142.
- Kokubun, M., Mochida, H. and Asahi, Y. 1988. Soybean cultivar difference in leaf photosynthetic rate and its relation to seed yield. Jpn. J. Crop Sci. 57: 743-749.
- 小松典行・津川兵衛・西川欽一・丹下宗俊 1989. ダイズの窒素固定能と収量に及ぼす栽植密度の影響. 日作紀 58: 164-170.
- 郡健次・齋藤邦行・黒田俊郎・熊野誠一 1998. ダイズ収量成立過程における花器の分化と発育について－時期別遮光が花蕾数と結実率に及ぼす影響－. 日作紀 67: 79-84.
- 倉田和彦・酒井学・広島和夫 1985. 転換畑大豆作における作業不可能日の推定法. 農作業研究 53: 1-9.
- 黒田俊郎・郡健次・熊野誠一 1992. ダイズの花房次別着莢に及ぼす栽植密度の影響. 日作紀 61: 426-432.
- 前川英範・南石晃明 1999. 水稲湛水直播栽培の導入効果－条播および散播を対象とした数理計画分析－. 農業経営研究 37: 31-41.
- 前川富也・島田信二・浜口秀生・加藤雅康・藤森新作 2016. 関東地域の地下水制御システム (FOEAS) 現地圃場における不耕起と狭畦がダイズの生産性に及ぼす影響. 日作紀 85: 391-402.
- 前波健二郎・太田章・久保野実・小林俊一 1982. 転換畑の麦跡大豆晩播栽培における碎土条件及び栽植様式に関する研究. 栃木農試研報 28: 33-40.
- 松波寿典・佐藤雄幸・金和裕 2016. 散播浅耕栽培したダイズの収量, 品質. 日作東北支部報 59: 39-40.
- 松波寿典・齋藤秀文・高橋博貴・吉田昭男 2017. 縦軸駆動型ハローとグレーンドリルを組み合わせた耕うん同時播種におけるダイズの苗立および収量性. 日作東北支部報 60: 1-4.
- 南雲芳文・佐藤徹・服部誠・土田徹・細川寿・高橋能彦・大山卓爾 2010. 排水不良転換畑における畝立栽培およびシグモイド型被覆尿素肥料施用によるダイズの窒素集積増加とちりめんじわ粒発生率軽減効果. 土肥誌 81: 360-366.
- 中野尚夫・河本恭一・石田喜久男 2001. ダイズにおける栽植様式が節位別分枝の発生と生育に及ぼす影響. 日作紀 70: 40-46.
- 中野尚夫・平田清則・大西政夫 2004. ダイズの栽植密度による光受容の変化と生育・収量. 日作紀 73: 175-180.
- 中世古公男・後藤寛治 1981. 大豆, 小豆, 菜豆の生産生態に関する比較作物学的研究. 日作紀 50: 38-46.
- Nelson, A. N. and Weaver, R. W. 1980. Seasonal nitrogen accumulation and fixation by soybeans grown at different densities. Agron. J. 72: 613-616.
- 農林水産省 2017a. 農産物生産費統計. [http://www.maff.go.jp/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi\\_nousan/index.html#r1](http://www.maff.go.jp/tokei/kouhyou/noukei/seisanhi_nousan/index.html#r1) (2017/12/18 閲覧).
- 農林水産省 2017b. 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/seisan/syoryu/kensa/hourei.html> (2017/12/18 閲覧).
- 大庭寅雄・大泉久一・工藤壮六・上田邦彦 1961. 大豆の開花結実性に関する研究－気象並びに耕種条件と大豆の部位別開花結実性との関係－. 日作紀 30: 68-71.
- 齊藤邦行・平田和生・柏木陽子 2007. ダイズの花房次別別着莢に及ぼす畦間と栽植密度の影響－早生品種エンレイを用いた場合－. 日作紀 76: 204-211.
- 齊藤邦行・城間優佳 2007. ダイズの耐倒伏性に関与する地上部形質の品種間差異. 日作紀 77 (別 1): 76-77.
- 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.
- 島田尚典・河野雄飛・高田吉丈・境哲文・島田信二 1998. 押し抵抗と地上部自重モーメントによるダイズ品種の耐倒伏性評価. 育種学研究 4: 185-191.
- 高橋能彦・土田徹・大竹憲邦・大山卓爾 2003. シグモイド型被覆尿素側条施肥によるダイズの増収効果. 土肥誌 74: 55-60.
- 辻岡志保・白岩立彦・田中佑 2009. ダイズの耐倒伏性を支配する地下部形質. 日作紀 78 (別 1): 320-321.
- 角田公正・刈屋国男・町田寛康 1980. ばらまき条件下における小面積内の栽植のかたよりが水稲の生育・収量に及ぼす影響. 日作紀 49: 276-280.
- 梅本雅 2010. 水田作担い手の構造と経営行動. 農業経済研究 82: 102-111.

**The Growth, Yield and Seed Quality in Broadcast Cultivation of Soybean Under the Low Density Seedling Establishment :**  
Toshinori MATSUNAMI, Hiroyuki SEKIYA, Hidefumi SAITO and Toshiyuki ABE (*Tohoku Agricultural Research Center, NARO, Morioka 020-0198, Japan*)

**Abstract :** In this study, we clarified the effects of low density seedling establishment in broadcast cultivation, which is a labor saving technique, on the growth, yield, and seed quality of soybean. In broadcast cultivation, the seedling establishment in the four corners of the plot (low density plot, LD) was about 35% of that further in the plot (average density plot, AD). In LD, the shoot dry weight was lower than that in AD until the flowering stage. Thereafter, the shoot dry weight of the soybean in LD increased with a sharp increase in leaf-area-index (LAI), and became similar to that of soybean in AD at the seed-filling stage. Although, the density of nodes (number of pods per m<sup>2</sup>) was lower in LD than in AD, the number of branches, number of branching nodes per plant, and number of pods per node were higher. Therefore, there were no significant differences between LD and AD in number of pods per m<sup>2</sup> and yield. There was a positive correlation between the number of pods per node and increments in the values of LAI and SPAD-meter readings from the flowering stage through to the seed-filling stage. These results suggest that in broadcast cultivation the growth of branches in LD was promoted and the number of pods per node was increased due to vigorous leaf expansion, accompanied with leaf-color improvement from the flowering stage to the seed-filling stage.

**Key words :** Broadcast, Crop Rotation in Paddy Field, Dense-sowing, No-ridge cultivation, Seedling establishment, Soybean.

---