

栽植様式の違いが晩播狭畦密植栽培したダイズ品種あきみやびの 生育、収量、品質に及ぼす影響

松波寿典¹⁾・片山勝之²⁾

(¹⁾ 農研機構東北農業研究センター, ²⁾ 農研機構近畿四国中国農業研究センター)

要旨：東北地域において近年育成された中生で耐倒伏性に優れるダイズ品種あきみやびを秋田県大仙市と岩手県盛岡市において栽植密度を 26.9 本/m² の一定とし、条間を 24 cm, 36 cm, 48 cm, 株間をそれぞれ 15.6 cm, 10.4 cm, 7.8 cm とした試験区 (以下, 24 cm 区, 36 cm 区, 48 cm 区) を設け、一本立てとして晩播狭畦密植栽培し、栽植様式の違いが群落遮蔽程度、生育、収量、品質に及ぼす影響について調査した。両試験地とも 48 cm 区で群落遮蔽程度が劣り、特に畦間の遮蔽程度が劣る傾向がみられた。開花期において、両試験地とも 24 cm 区は主茎節数が多かったのに対して、48 cm 区は分枝数が少なく、LAI が低い傾向がみられた。成熟期では、24 cm 区は 48 cm 区に比べ、主茎長が長く、主茎節数も多い傾向がみられた。また、24 cm 区、36 cm 区は 48 cm 区よりも、成熟期の地上部乾物重が重く、24 cm 区では稔実莢数も多く、収量性も優れていた。また、収量は稔実莢数、百粒重、成熟期の地上部乾物重と密接に関係していた。粗タンパク質含有率、外観品質、大粒比率に関して、両試験地とも有意な試験区間差は認められなかった。以上のことから、あきみやびを東北地域において晩播狭畦密植栽培する場合、条間を 48 cm にすると群落の遮蔽程度や生育、収量性が劣ることから、条間は 24 cm から 36 cm として株間を調整することで、群落は早期に遮蔽され、生育量と莢数が確保され、高収量が得られることが明らかとなった。

キーワード：あきみやび、狭畦、収量、大豆、晩播、品質、密植。

現在、米の消費量は低迷し続け、米価は下落の一途を辿り、さらに農業従事者の高齢化や担い手後継者不足など労働資源の減少も顕著化している。加えて、自由貿易の進展も加速され、水田農業を取り巻く情勢は、より一層厳しくなることが予想される。したがって、今後、水田作農業において安定的に所得を確保するためには生産コストの削減や作業の省力化、他作目との複合経営化、大規模化などを図ることが可能な省力・低コスト栽培技術の開発が重要である。大豆作に関しては、担い手への農地集積に伴い大規模集落営農が進展するなか、1 経営体当たり的大豆作付面積も拡大している (安藤 2008)。しかし、作付け規模の拡大は作期の拡大を伴い、ダイズ栽培期間中、最も作業時間を要する中耕・培土などの適期作業に影響を及ぼすことが懸念される (倉田ら 1985)。したがって、今後は中耕・培土を必要としない大規模化に対応したダイズの省力・多収技術を確認することが重要であると考えられる。

上記の点に関して、耐倒伏性のダイズ品種を用いた狭畦栽培ではダイズ葉群による畦間の早期被覆による高い抑草効果が発揮され (藤田ら 2014)、狭畦密植栽培では無中耕・無培土としても雑草の生育抑制効果が大きいことから、播種直後土壌処理型除草剤と生育期茎葉処理型除草剤の組み合わせにより高い雑草防除効果が得られることが報告されている (大段ら 2005)。また、無培土栽培は培土栽培よりも収穫ロスが少なく、コンバイン収穫適性が優れることが

示唆されている (小野ら 1990)。さらに、狭畦密植栽培は慣行栽培に比べ、栄養成長が旺盛となり、m² 当たりの節数と m² 当たりの莢数が多くなることで、10% 以上の高い増収効果が期待できる (池田・佐藤 1990, 齊藤ら 2007, 古畑ら 2008, 内川ら 2011)。これらの知見を踏まえると、狭畦密植栽培は中耕・培土作業を必要とせず、コンバイン収穫適性や収量性に優れた大規模化に対応した省力・多収技術として有望であると考えられる。また、わが国の大豆作は主に水田転換畑で行われるため、湿害に伴う直接的な生育量の不足や梅雨時期の長雨に伴う播種遅延による生育量の不足などが大豆作柄を不安定化させる主な要因である (島村ら 2003, 内川ら 2003)。この点に関しても密植栽培は恒常的に湿害を受けやすい圃場での生育量の確保による収量の安定化に有効であり (島村ら 2003)、晩播密植栽培は東北地域における夏季異常高温による減収を緩和するための対策技術として有効であることが指摘されている (松波ら 2013)。つまり、東北地域において今後さらなる規模拡大の進展が予想されるなか、変動する気象条件下でも省力かつ高位安定的に収量を確保するためには、耐倒伏性品種を用いた晩播狭畦密植栽培が大規模水田輪作地帯への導入技術として有望であると考えられる。寒冷地向け品種として近年育成されたあきみやびは中生で耐倒伏性に優れることから、晩播密植適性が高いことが示唆されている (加藤ら 2014)。しかし、あきみやびの晩播狭畦密植栽培に適

第1表 試験圃場の土壌の理化学特性.

場所	pH	CEC	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	NO ₃	NH ₄	熱水抽出性 窒素	全 窒素	全 炭素	Cu	Zn	Mn	B	リン酸 吸収係数
	(H ₂ O)	(cmol _c kg ⁻¹)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(mg/100 g)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	
大仙	6.0	30.2	24.0	36.2	53.1	451	4.4	1.1	4.3	0.2	2.7	1.9	3.1	27.4	0.8	1036
盛岡	5.6	30.9	1.1	14.3	14.3	178	5.1	0.8	3.2	0.5	6.3	0.2	1.4	83.4	0.6	2373

した栽植様式は明らかにされていない。そこで、本研究では、あきみやびの晩播狭畦密植栽培に適した条間と株間を明らかにするために、同一栽植密度下において畦間と株間を変えた場合の栽植様式の違いが晩播狭畦密植栽培したあきみやびの群落遮蔽程度、生育、収量、品質に及ぼす影響について調査した。

材料と方法

本試験は、あきみやびを供試品種として、秋田県大仙市の転換初年目の水田転換畑（細粒灰色低地土）および岩手県盛岡市の普通畑（多腐食質黒ボク土）で2014年に実施した。東北地域では、5月下旬から6月上旬までを標準播種期、6月中旬以降を晩播期としている。このことから本試験の作期は、南東北における2年3作水田輪作体系での麦作後となる7月上旬の晩播栽培、北東北における1年1作水田輪作体系での6月下旬の晩播栽培を想定した。播種日は宮城県仙台市で7月上旬播種したあきみやびの播種から成熟期までの積算気温を算出し、その積算温度帯（約2400℃）と同様の秋田県大仙市および岩手県盛岡市での6月下旬の晩播期とした。本試験の栽植密度は、密植栽培または狭畦栽培で300 kg/10a以上の収量水準を得るためには栽植本数は25本/m²から30本/m²必要であり（大庭ら1961, Wrightら1984, 池田・佐藤1990, Ikeda1992, 佐藤ら2009）、あきみやびは耐倒伏性が優れることから26.9本/m²に設定した。また、本試験では乗用管理機を使用した無中耕・無培土除草体系の狭畦密植栽培を想定し、条間は大規模経営体で主に利用されている乗用管理機のタイヤ幅12~15 cm以上から狭畦となる50 cm以下の範囲内で設定した。これらを踏まえ、栽植密度を26.9本/m²の一定とし、条間を24 cm, 36 cm, 48 cm, 株間をそれぞれ15.6 cm, 10.4 cm, 7.8 cmとした3試験区を設け、大仙は6月26日、盛岡は6月24日に1粒播種し、播種後の除草体系以外は慣行法に準じて栽培管理した。基肥として、播種前日にN, P₂O₅, K₂Oをそれぞれ大仙はm²当たり3 g, 10 g, 10 g, 盛岡はm²当たり1.8 g, 7.5 g, 5.4 g施用した。試験は1区面積を12 m²（4.0 m×3.0 m）とし、3反復で実施した。

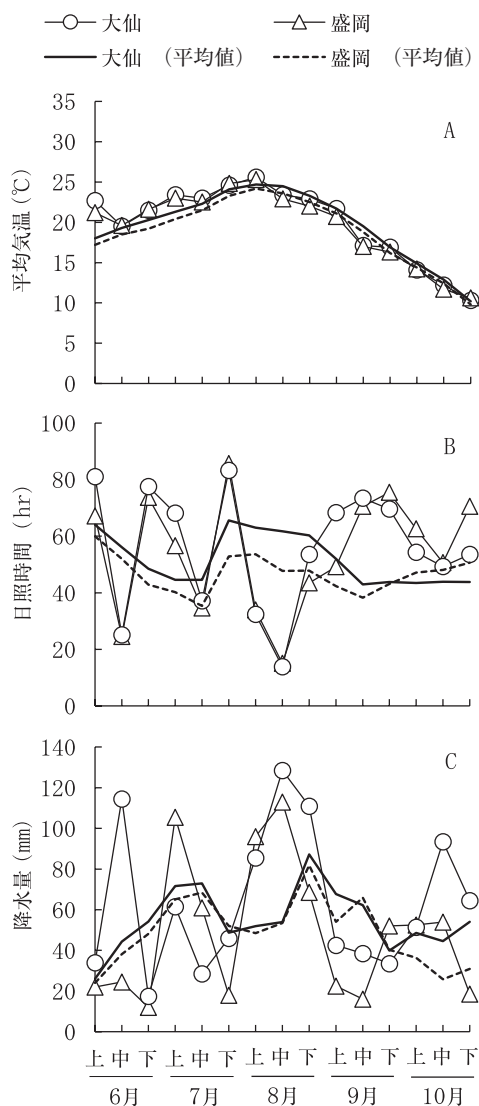
播種後1ヶ月から開花期まで、両試験地とも光量子計（LI-189, LI-COR社製）にライン光量子センサー（LI-191S, LI-COR社製）を接続して、播種条に垂直となるようにセンサーを設置し、群落上部と地際部の光量子密度を測定し、相対光量子密度を算出した。また、盛岡では播種後36,

42, 51日目において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。

開花期に反復につき生育中庸な3個体（計9個体）を採取し、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3個体中の平均的な1個体の全葉について葉面積を葉面積計（AAM-9型、林電工社製）で測定し、平均株の葉重より比例式を用いて算出した。成熟期には1.7 m²~1.8 m²（1.4~1.5 m×1.2 m）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以上の粗子実を水分15%換算し、m²当たり収量を算出した。粗子実より農産物検査規格（農林水産省2016）に基づき著しい障害粒および病虫害粒を除いた精子実の外観品質調査は財団法人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。精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、その重量割合として表した。また、坪刈地点に隣接する箇所において生育中庸な6個体（計18個体）を採取し、生育および収量構成要素を調査した。

本試験圃場の土壌分析に関しては、土壌・作物栄養診断のための分析法2012（北海道立総合研究機構農業研究本部2012）に従い、pHはガラス電極法、陽イオン交換容量（CEC）、交換性カリウム（K₂O）、交換性マグネシウム（MgO）、交換性カルシウム（CaO）はショーレンベルガー法、有効態リン酸（P₂O₅）はトルオグ法、可溶性銅（Cu）、可溶性亜鉛（Zn）は0.1 N塩酸抽出法、易還元性マンガン（Mn）はヒドロキノン含有1 N酢酸アンモニウム液抽出法、熱水可溶性ホウ素（B）はアゾメチンH法、硝酸態窒素（NO₃）は硝酸ヒドラジニウム還元法、アンモニア態窒素（NH₄）はインドフェノール法、熱水抽出性窒素はオートクレープ法、全炭素および全窒素は乾式燃焼法で実施した。

気象データは試験場所の最寄りのアメダス地点である大曲、盛岡の6月上旬から10月下旬までの観測値を使用し、平年値は1981年から2010年の30年間の観測値の平均をもとに算出した。



第1図 試験期間中の旬別の平均気温 (A), 日照時間 (B), 降水量 (C) の推移。

結 果

1. 試験圃場の土壌の理化学特性

盛岡の試験圃場は大仙の試験圃場に比べ、全炭素、易還元性マンガンは多かったが、有効態リン酸、交換性カリウム、交換性マグネシウム、交換性カルシウム、熱水抽出性窒素、可溶性銅、可溶性亜鉛が少なく、土壌の養分環境は劣っていた (第1表)。

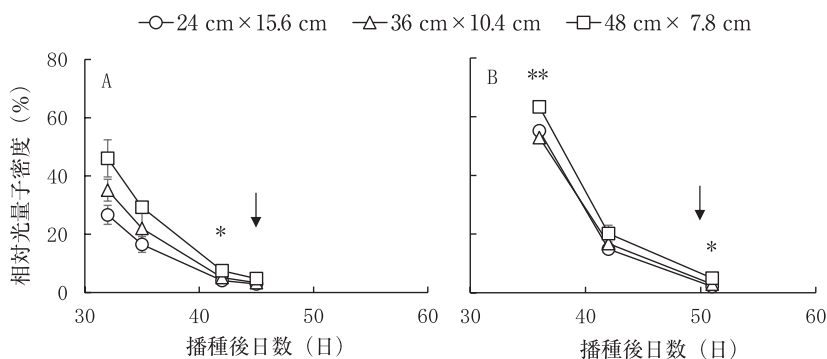
2. 試験地の気象概況

平均気温は、両試験地とも平年に比べ6月下旬、7月上旬は高め、9月中旬は低めとなった (第1図A)。平均気温の推移は両試験地とも同様の傾向を示し、6月中旬から8月上旬にかけて高くなり、その後は低く推移する経過を辿った。日照時間は、両試験地とも平年に比べ、6月下旬、7月上旬、7月下旬、9月上旬以降は多く、8月上旬、8月中旬は少なかった (第1図B)。盛岡は大仙に比べ、7月上旬、9月上旬の日照時間が少なかった。降水量は、両試験地とも平年に比べ8月上旬、8月中旬は多く、9月上旬、中旬は少なかった (第1図C)。盛岡は大仙に比べ、7月上旬、7月中旬の降水量が多く、大仙では7月下旬、8月中旬から9月中旬にかけて盛岡より降水量が多かった。

試験地の気象概況をまとめると、両試験地とも平年に比べ、6月下旬から7月下旬にかけては多照で気温はやや高めで経過し、8月上旬、8月中旬は寡照、多雨となり、その後、9月下旬まで気温はやや低め、多照、少雨傾向となった。試験地の気象概況を比較すると、平均気温の推移に両試験地で明瞭な差はなかったが、日照時間は盛岡でやや少なく、降水量は播種から開花期までは盛岡、開花期から成熟期までは大仙で多い傾向がみられた。

3. 栽植様式の違いが地際部の相対光量子密度に及ぼす影響

大仙、盛岡のいずれの区も播種後日数の経過に伴い群落地際部の相対光量子密度は低下した (第2図)。大仙、盛



第2図 栽植様式の違いが大仙 (A), 盛岡 (B) における開花期までの相対光量子密度に及ぼす影響。

図中の値は平均値 (n=3) を示し、棒線は標準誤差を表す。図中の*, ** はそれぞれ5%, 1%水準で有意 (ANOVA法) であることを表す。図中の矢印は開花期を示す。

岡とも 48 cm 区で相対光量子密度の推移が高い傾向がみられた。大仙では 24 cm 区で相対光量子密度は低く推移する傾向がみられた。大仙は播種後 38~42 日頃、盛岡は播種後 45~48 日頃から相対光量子密度は 10% 以下となった。

盛岡において開花期までの株元と畦間の地際部の相対光量子密度を比較した結果、48 cm 区は他の区に比べ、畦間の相対光量子密度が高い傾向がみられ、相対光量子密度が 10% 以下になる時期も遅かった (第 2 表)。

4. 栽植様式の違いが生育、収量および収量構成要素に及ぼす影響

開花期は大仙、盛岡それぞれ、8 月 10 日、8 月 13 日であっ

第 2 表 栽植様式の違いが盛岡における株元と畦間の相対光量子密度に及ぼす影響。

測定場所	栽植様式 (条間 × 株間)	播種後 36 日目 (%)	播種後 42 日目 (%)	播種後 51 日目 (%)
株元	24 cm × 15.6 cm	40.4 ^a	20.1 ^a	8.5 ^a
	36 cm × 10.4 cm	35.7 ^{ab}	21.8 ^a	9.1 ^a
	48 cm × 7.8 cm	32.8 ^b	23.2 ^a	10.2 ^a
	分散分析	*	ns	ns
畦間	24 cm × 15.6 cm	47.8 ^b	23.4 ^a	9.2 ^b
	36 cm × 10.4 cm	61.6 ^a	25.8 ^a	10.0 ^b
	48 cm × 7.8 cm	63.3 ^a	32.1 ^a	14.9 ^a
	分散分析	*	†	***

表中の値は平均値 (n=3) を示し、†, *, *** はそれぞれ 10%, 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。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。

た。開花期に栽植様式による差はみられなかった。開花期の生育に関して、大仙に比べ、盛岡では主茎長が長く、主茎節数、分枝数が少なかった (第 3 表)。試験区間についてみると、24 cm 区は主茎節数が多かったのに対して、48 cm 区は盛岡において分枝数が少なく、LAI が低い傾向がみられた。

成熟期は大仙、盛岡それぞれ、10 月 22 日、10 月 21 日であった。成熟期に栽植様式による差はみられなかった。成熟期の生育に関して、大仙に比べ、盛岡では茎は細く、地上部乾物重も軽かった (第 4 表)。また、盛岡では稔実莢数、百粒重も少なく、収量水準も低かった。試験区間についてみると、24 cm 区は 48 cm 区に比べ、主茎長が長く、主茎節数も多い傾向がみられた。また、24 cm 区と 36 cm 区は 48 cm 区よりも、地上部乾物重が有意に重かった。また、両試験地を含めて、収量と収量構成要素、生育量の関係についてみると、収量は稔実莢数、百粒重、成熟期の地上部乾物重と密接な関係が認められた (第 5 表)。

5. 栽植様式の違いが粗タンパク質含有率、外観品質、大粒比率に及ぼす影響

大仙に比べ、盛岡では粗タンパク質含有率が低く、外観品質が劣り、大粒比率も低かった (第 6 表)。栽植様式の違いが粗タンパク質含有率、外観品質、大粒比率に及ぼす有意な影響は認められなかった。

考 察

本研究では東北地域におけるあきみやびの晩播狭畦密植栽培に適した条間と株間を明らかにするために、栽植様式の違いが群落の遮蔽程度、生育、収量、品質に及ぼす影響

第 3 表 栽植様式の違いが開花期の生育に及ぼす影響。

場所	栽植様式 (条間 × 株間)	主茎長 (cm)	主茎節数 (/ 個体)	茎径 (mm)	分枝数 (/ 個体)	LAI (m ² /m ²)	地上部 乾物重 (g/m ²)
大仙	24 cm × 15.6 cm	42.3	12.3	6.3	2.5	3.9	191
	36 cm × 10.4 cm	40.7	11.9	5.8	2.5	3.3	165
	48 cm × 7.8 cm	43.9	11.9	6.1	2.6	3.9	185
盛岡	24 cm × 15.6 cm	47.1	11.4	6.0	1.4	3.5	184
	36 cm × 10.4 cm	46.0	11.4	6.2	1.7	3.7	189
	48 cm × 7.8 cm	47.2	11.1	5.6	0.6	3.0	150
平均値	大仙	42.3 ^b	12.0 ^a	6.1 ^a	2.5 ^a	3.7 ^a	180 ^a
	盛岡	46.8 ^a	11.3 ^b	6.0 ^a	1.2 ^b	3.4 ^a	174 ^a
	24 cm × 15.6 cm	44.7 ^a	11.9 ^a	6.2 ^a	2.1 ^a	3.7 ^a	187 ^a
	36 cm × 10.4 cm	43.4 ^a	11.7 ^{ab}	6.0 ^a	2.0 ^a	3.5 ^a	177 ^a
	48 cm × 7.8 cm	45.5 ^a	11.5 ^b	5.9 ^a	1.6 ^a	3.4 ^a	167 ^a
	場所	***	***	ns	**	ns	ns
分散分析	栽植様式	ns	*	ns	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns	ns	†	ns

表中の値は平均値 (n=3) を示し、†, *, **, *** はそれぞれ 10%, 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。平均値に関して、場所は t 検定、栽植様式は Tukey 法において同一アルファベット文字間には 5% 水準で有意差がないことを表す。

第4表 栽植様式の違いが成熟期の生育、収量および収量構成要素に及ぼす影響.

場所	栽植様式 (条間×株間)	主茎長 (cm)	主茎節数 (/ 個体)	分枝数 (/ 個体)	茎径 (mm)	最下着莢高 (cm)	地上部乾物重 (g/m ²)	稔実莢数 (/m ²)	一莢内粒数 (/ 莢)	百粒重 (g)	収量 (g/m ²)
大仙	24 cm × 15.6 cm	68.2	14.3	1.0	6.4	21.3	621	582	1.90	36.2	399
	36 cm × 10.4 cm	68.2	14.0	1.1	6.2	22.2	603	595	1.89	35.7	388
	48 cm × 7.8 cm	63.3	13.8	1.6	6.3	20.9	550	567	1.86	35.7	362
盛岡	24 cm × 15.6 cm	67.3	14.1	1.8	5.8	21.2	452	496	1.84	32.5	286
	36 cm × 10.4 cm	64.2	14.1	2.0	6.1	22.9	460	466	1.95	31.4	259
	48 cm × 7.8 cm	64.3	13.5	0.9	5.6	22.5	373	408	1.89	32.3	247
平均値	大仙	66.6 ^a	14.0 ^a	1.2 ^a	6.3 ^a	21.4 ^a	591 ^a	582 ^a	1.88 ^a	35.9 ^a	383 ^a
	盛岡	65.3 ^a	13.9 ^a	1.6 ^a	5.8 ^b	22.2 ^a	429 ^b	457 ^b	1.89 ^a	32.1 ^b	264 ^b
	24 cm × 15.6 cm	67.8 ^a	14.2 ^a	1.4 ^a	6.1 ^a	21.2 ^a	537 ^a	539 ^a	1.87 ^a	34.3 ^a	343 ^a
	36 cm × 10.4 cm	66.2 ^a	14.0 ^a	1.6 ^a	6.1 ^a	22.5 ^a	532 ^a	530 ^{ab}	1.92 ^a	33.6 ^a	323 ^{ab}
	48 cm × 7.8 cm	63.8 ^a	13.7 ^a	1.3 ^a	5.9 ^a	21.7 ^a	462 ^b	487 ^b	1.87 ^a	34.0 ^a	304 ^b
分散分析	場所	ns	ns	†	**	ns	***	***	ns	***	***
	栽植様式	†	†	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	**
	交互作用	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns

表中の値は平均値 (n=3) を示し, †, *, **, *** はそれぞれ 10%, 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. 平均値に関して, 場所は t 検定, 栽植様式は Tukey 法において同一アルファベット文字間には 5% 水準で有意差がないことを表す.

第5表 収量と稔実莢数、一莢内粒数、百粒重、成熟期の地上部乾物重の単相関係数.

	稔実莢数 (/m ²)	一莢内粒数 (/ 莢)	百粒重 (g)	地上部 乾物重 (g/m ²)
収量 (g/m ²)	0.97**	-0.32	0.98***	0.97**

表中の **, *** はそれぞれ 1%, 0.1% 水準で有意であることを表す.

について秋田県大仙市と岩手県盛岡市で調査した. 本試験の生育期間中の環境条件に関して, 温度環境に試験地間で明瞭な違いはなかったが, 大仙に比べ盛岡は開花期までの降水量が多く, 日照時間も少ない傾向がみられた (第1図). また, 盛岡の試験圃場は大仙の試験圃場に比べ, 土壌の養分環境が劣っていた (第1表). つまり, 本研究において, 盛岡は大仙に比べ温度以外の生産環境が劣っていたと考えられた. そして, 両試験地の成熟期の生育と収量および収量構成要素を比較すると, 盛岡は大仙に比べ, 地上部乾物重が軽く, 稔実莢数は少なく, 百粒重も軽かったことから, 全ての試験区を平均した収量水準は 31.9% 低かった (第4表). このように, 本研究は生産性の異なる圃場において栽植様式の違いが晩播狭畦密植栽培したあきみやびの群落の遮蔽程度や生育, 収量に及ぼした影響を明らかにしたものである.

大仙, 盛岡とも 48 cm 区で相対光量子密度の推移が高い傾向がみられ, 特に畦間の相対光量子密度が高かった (第2図, 第2表). 長方形播は正方形播に比べ, 条間の地際部の相対照度が高く, 群落の遮蔽時期も遅いことが報告されている (中野ら 2001). また, 藤田ら (2014) は, 慣行栽培の約半分となる狭畦栽培では, 野口・中山 (1978) が示した雑草発生が抑制される相対照度が 10% 以下になる

第6表 栽植様式の違いが粗タンパク質含有率, 外観品質, 大粒比率に及ぼす影響.

場所	栽植様式 (条間×株間)	粗タンパク質 含有率 (%)	外観品質 (1-8)	大粒比率 (%)
大仙	24 cm × 15.6 cm	44.4	1.0	91.8
	36 cm × 10.4 cm	44.3	1.0	92.0
	48 cm × 7.8 cm	44.4	1.0	89.7
盛岡	24 cm × 15.6 cm	42.9	1.3	73.6
	36 cm × 10.4 cm	42.4	1.3	66.9
	48 cm × 7.8 cm	42.2	1.7	68.1
平均値	大仙	44.4 ^a	1.0 ^b	91.1 ^a
	盛岡	42.5 ^b	1.4 ^a	69.5 ^b
	24 cm × 15.6 cm	43.7 ^a	1.2 ^a	82.7 ^a
	36 cm × 10.4 cm	43.4 ^a	1.2 ^a	79.4 ^a
分散分析	場所	***	*	***
	栽植様式	ns	ns	ns
	交互作用	ns	ns	ns

表中の値は平均値 (n=3) を示し, *, *** はそれぞれ 5%, 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. 平均値に関して, 場所は t 検定, 栽植様式は Tukey 法において同一アルファベット文字間には 5% 水準で有意差がないことを表す.

時期が早まり, 抑草効果が高いことを示唆している. 本研究では雑草の発生はほとんど認められなかったが, 畦間の光透過量が多い 48 cm 区では抑草効果が劣ることが推察され, あきみやびを晩播狭畦密植栽培する場合, 条間 48 cm は雑草防除の点から適さないと考えられた.

本研究では栽植様式の違いが生育, 収量に及ぼす影響が認められた (第3表, 第4表). 開花期において 24 cm 区

で主茎節数が多かったのに対して、48 cm 区は生産性の低い盛岡では分枝数が少なく、LAI が低い傾向がみられた。成熟期においては、24 cm 区は 48 cm 区に比べ、主茎長が長く、主茎節数は多い傾向がみられ、地上部乾物重は有意に重かった。収量構成要素に関しては、百粒重に明瞭な試験区間差は認められなかったが、24 cm 区は 48 cm 区よりも稔実莢数が多く、収量性も優れていた。そして、収量と成熟期の地上部乾物重、稔実莢数には密接な正の相関関係が認められた (第 5 表)。このことから、開花期頃から着莢期にかけての乾物生産能の違いが莢数の増減を介して両試験区の収量差をもたらしたと考えられた。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)。そして、栽植密度が同一の場合、広畦に比べ、狭畦では生育期間を通して、相互遮蔽が小さく群落内の光環境が良く、生育および収量性が優れ (齊藤ら 2007)、着莢数も多くなる (Ikeda 1992)。また、正方形播では長方形播に比べ、群落が早く密閉状態となるが、相互遮蔽は小さい状態で経過し、有利な光条件のもとで生育が優れる (中野ら 2001)。本研究において 24 cm 区は正方形播の狭畦、48 cm 区は長方形播の広畦に近い栽植様式であり、開花期頃から着莢期にかけて、両試験区では群落内の光環境の違いを介して乾物生産能に差が生じた可能性が推察された。広畦では畦間と株元の葉面積の分布が異なるため群落内の相互遮蔽程度が異なり、群落内の日射量分布が不均一となる一方、狭畦では畦間と株元の透過日射量の違いは小さく日射量分布も均一となる (齊藤ら 2007)。また、群落内の散光の利用率高いダイズでは小葉の運動により葉面受光量が時間的、空間的に均一化することで個体群光合成速度の光飽和点が高まることが示唆され (川島 1969)、光の強さが同じ場合でも、その中に含まれる散光成分の割合が増すほど群落内の光の分布が均一化され、群落光合成量は増大する (玖村 1968)。さらに、広畦に比べ、狭畦では吸光係数が小さく、良好な受光態勢を有しているため、分枝や極枝の発達が進められ、着莢期までの LAI や成熟期の乾物重は大きくなる (齊藤ら 2007)。そして、群落吸光係数と捕捉日射エネルギーの乾物への変換効率には負の相関が認められ、畦幅の狭いダイズは広いダイズに比べ葉が直立的で、葉群への光の透過が優れることで日射利用効率が高まる傾向が指摘されている (白岩・橋川 1993)。これらの報告を踏まえると、開花期頃から着莢期にかけて、両試験区では上記のような群落内の光環境の違いによりソース能と日射利用効率が異なった結果、収量に有意な差が生じたと推察された。また、両試験区の収量差が著しかった盛岡に関して、開花 9 日前の播種後 42 日目から開花期頃の播種後 51 日目の 48 cm 区の相対光量子密度は 24 cm 区に比べ、株元、畦間とも高く (第 2 表)、この時期、48 cm 区では群落に透過される光エネルギーを効率的に受容できていなかったといえる。この時期の光条件と開花・着莢は密接に関係している (郡ら 1998) ことから、両試験区の収

量差には開花期前後の受光率の違いも部分的に関与しているかもしれない。これらのことから、本研究において 24 cm 区は 48 cm 区に比べ、開花期前後の受光率が良く、その後も良好な受光態勢を維持し、群落内への光透過が優れることで、群落の光合成量が増加し、日射利用効率が高まった結果、優れた乾物生産能が発揮され、稔実莢数が増加したことで収量が多くなったと考察できる。したがって、あきみやびを晩播狭畦密植栽培する場合、条間は 24 cm から 36 cm とし、株間を調整することで、群落の受光率や群落内の光環境が良好となり、優れた乾物生産能が発揮され、高い収量性が確保されたと考えられた。

本研究では大仙、盛岡とも栽植様式の違いが百粒重へ及ぼす有意な影響は認められなかった (第 4 表)。播種量を一定として畦間を 20 cm から 40 cm の範囲で変動させ、株間を変えた場合、栽植様式の違いが百粒重に及ぼす影響は認められていない (Ikeda 1992)。また、畦間を 30 cm から 40 cm の範囲として株間を変動させた場合においても栽植様式が百粒重や大粒比率に及ぼす有意な影響は認められていない (佐藤ら 2009)。一方、畦間 70 cm から 80 cm の広畦栽培よりも畦間 30 cm から 37 cm の狭畦栽培のほうが百粒重は重くなることが報告されている (中野ら 2001、齊藤ら 2007、藤田ら 2014)。これらの報告を踏まえると、栽植様式の違いが百粒重や大粒比率に及ぼす影響は、畦間が著しく異なる場合では顕著となり、40 cm 以内の畦間の変動に伴う栽植様式の変化に対しては粒大および粒形質は著しく変動しないことが推察される。しかし、上記の報告では、品種や畦間の設定、生育環境など試験条件がそれぞれ異なり、栽植様式が百粒重に及ぼす影響に関して統一的な結論を述べることはできない。したがって、この点に関しては、今後の研究の進展が期待される。また、品質に関して、本研究では栽植様式の違いが粗タンパク質含有率、外観品質、大粒比率へ及ぼす有意な影響は認められなかった (第 6 表)。栽植密度が高い場合、分枝数の減少に伴い、子実のタンパク含量が高まり (内川ら 2004)、適期に密植栽培した場合、百粒重と裂皮粒の発生程度が減少し、外観品質が向上する (内川ら 2006)。しかし、異なる栽植様式または栽植密度による分枝数や百粒重の低下程度が小さい場合、子実のタンパク含量や外観品質、大粒比率に差は認められないことが報告されている (古畑ら 2008)。本研究でも栽植様式の違いにより百粒重は変動しなかったことから、粗タンパク質含有率、外観品質、大粒比率に試験区間差が生じなかったと考えられた。

最後に単年度の本研究結果の他の年次における再現性に関して考察する。2014 年の気象概況は、両試験地とも平年に比べ 6 月下旬から 7 月下旬にかけては多照で気温は高めに経過し、8 月上旬、8 月中旬は寡照、多雨となり、その後、9 月下旬まで気温は低めで多照、少雨傾向となった (第 1 図)。2014 年の東北地域の大豆主産地である宮城県と秋田県の作況についてみると、標播、晩播とも莢数は平年並か

平年よりも少なかったが、百粒重が平年より重かったことから、播種は平年並またはそれ以上、晩播は平年以上の収量水準となった(秋田県農林水産部 2014, 宮城県古川農業試験場 2015)。つまり、開花期または莢伸長期にあたる 8 月上旬から中旬にかけての寡照、多雨により平年に比べ莢数は減少したものの、子実肥大期にあたる 8 月下旬以降の多照、少雨、適度な低温により、粒張りが良好となり、平年並またはそれ以上の収量水準になったと考えられる。このことから、本研究は収量水準が平年並または高い年次における結果であると推察される。したがって、子実肥大期以降あるいは開花期から子実肥大期を通しての環境ストレスや梅雨期の湿害により十分な栄養成長量が確保できない場合など、低収年における本研究の再現性に関しては、今後、検討する必要があると考えられる。加えて、条間に関して、本研究では 24 cm と 36 cm で明瞭な違いを見出すことが出来なかった。この点に関して、気象要因が条間の異なるダイズの生理、形態の特性や雑草発生程度、栽培管理などの作業体系に及ぼす影響を総合的に踏まえ、生産者に有益な狭畦密植栽培技術を検討していくことが重要であると考えられる。

以上のことから、東北地域においてあきみやびを晩播狭畦密植栽培する場合、条間を 48 cm とすると群落の遮蔽程度や生育、収量性が劣るため、条間は 24 cm から 36 cm として株間を調整することで、群落は早期に遮蔽されるとともに、生育量と莢数が確保され、高収量が得られることが明らかとなった。

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の業務第 1 科および業務 3 科のスタッフの方々には多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 秋田県農林水産部 2014. 平成 26 年度作況ニュース(第 8 号総括編).
 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.
 藤田与一・服部誠・樋口泰浩・南雲芳文・細川寿 2014. 耐倒伏性ダイズ品種「タチナガハ」の耕うん同時畝立て狭畦栽培による生育、収量および抑草効果への影響. 日作紀 83: 216-222.
 古畑昌己・森田弘彦・山下浩 2008. 暖地での狭畦密植栽培におけるダイズ品種サチユタカの乾物と子実生産の特徴. 日作紀 77: 409-417.
 北海道立総合研究機構農業研究本部 2012. 土壌・作物栄養診断のための分析法 2012, 北海道立総合研究機構農業研究本部, 北海道.
 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.
 Ikeda, T. 1992. Soybean planting patterns in relation to yield and yield components. Agron. J. 84: 923-926.
 加藤信・菊池彰夫・島村聡・河野雄飛・湯本節三・高田吉丈・島田信二・境哲文・島田尚典・高橋浩司・足立大山・田淵公清 2014. 耐倒伏性に優れるダイズモザイクウイルス病抵抗性のダイズ品種「あきみやび」の育成. 東北農研研報 116: 13-27.
 川島良一 1969. ダイズの葉の調位運動に関する研究. 第 1 報 調位運動と葉面受光. 日作紀 38: 718-729.
 郡健次・齊藤邦行・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莢率に及ぼす影響－. 日作紀 67: 79-84.
 Kokubun, M., Mochida, M. and Asahi, Y. 1988. Soybean cultivar difference in leaf photosynthetic rate and its relation to seed yield. Jpn. J. Crop Sci. 57: 743-749.
 玖村敦彦 1968. ダイズの物質生産に関する研究. 第 5 報 個体群の光合成系について. 日作紀 37: 570-582.
 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.
 松波寿典・井上一博・工藤忠之・伊藤信二・長沢和弘・柴田康志・神崎正明・千田洋・二瓶直登・荒井義光・小林浩幸・山下伸夫 2013. 2010 年の夏季異常高温が東北地域におけるダイズの生育、収量、品質に及ぼした影響. 日作紀 82: 386-396.
 宮城県古川農業試験場 2015. 宮城県稲作情報 平成 26 年総括号.
 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.
 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.
 農林水産省 2016. 国内農産物の被害粒等の限界基準解説書(参考). <http://maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/hourei.html> (2016/2/1 閲覧).
 大庭寅雄・大泉久一・工藤杜六・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.
 小野正則・金丸隆・大賀康之・藤井秀明 1990. 大豆の平畦・無培土栽培における生育及び汎用コンバイン収穫適応性. 日作九支報 57: 37-39.
 大段秀記・住吉正・小荒井晃 2005. ダイズ「サチユタカ」の狭畦密植栽培と除草剤による無中耕・無培土での安定雑草防除. 日作九支報 71: 30-32.
 齊藤邦行・平田和生・柏木陽子 2007. ダイズの花房次位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.
 佐藤雄幸・松波寿典・井上一博・進藤勇人・眞崎聡 2009. 大豆「リュウホウ」の狭畦栽培に伴う形態変化と子実生産力. 東北農業研究 62: 61-62.
 島村聡・望月俊宏・名田陽一・福山正隆 2003. 湛水条件下で栽培したダイズにおける二次通気組織の形成と生育・収量. 日作紀 72: 25-31.
 白岩立彦・橋川潮 1993. ダイズ個体群の光エネルギー変換効率の変動要因の解析. 日作紀 62: 1-8.
 内川修・福島裕助・松江勇次 2003. 北部九州におけるダイズの収量と気象条件との関係. 日作紀 72: 203-209.
 内川修・福島裕助・松江勇次 2004. 水田転換畑作ダイズの主茎と分枝に着した子実タンパク質含有率と播種時期、栽植密度との関係. 日作紀 73: 287-292.
 内川修・福島裕助・佐藤大和・田中浩平・松江勇次 2006. ダイズ「サチユタカ」における裂皮粒の発生と播種時期、栽植密度との関係. 日作紀 75: 23-27.
 内川修・田中浩平・宮崎真行・岩淵哲也 2011. 大豆「フクユタカ」の晩播に適した狭畦栽培技術. 日作九支報 57: 41-42.
 Wright, D.L., Shokes, F.M. and Sprenkel, R.K. 1984. Planting method and plant population influence on soybean. Agron. J. 76: 921-924.

Effect of Planting Pattern on Growth, Yield and Seed Quality of Soybean Cultivar Akimiyabi Lated-Planted by Narrow-Row Dense-Planting : Toshinori MATSUNAMI¹⁾ and Katsuyuki KATAYAMA²⁾ (¹⁾NARO Tohoku Agricultural Research Center, Morioka 020-0198, Japan; ²⁾NARO Western Region Agricultural Research Center)

Abstract : In recent years, cv. “Akimiyabi” which has superior lodging resistance has been released as a medium maturing variety in the Tohoku Region. This study was conducted in Akita and Iwate Prefecture in the Tohoku Region. Akimiyabi was grown singly at a fixed planting density of 26.9 plants/m² with interrow spaces of 24, 36, and 48, and interhill spaces of 15.6, 10.4, and 7.8 cm, respectively. The relative solar radiation on the ground surface was higher in the 48-cm interrow spacing plot than in the other interrow spacing plots. Shading was severer in the interhill space than in the interrow space. The 48-cm row spacing tended to decrease the number of branches during the flowering period, decreasing LAI. In contrast, the 24-cm row spacing increased the number of nodes on the main stem. Furthermore, the 24-cm and 36-cm row spacing plot showed a larger dry matter production and a larger number of ripening pods; accompanied with significantly higher yield. The seed protein content, inspection grade and seed size were not influenced by planting pattern, and the yield was closely correlated with the ripening pod number, 100-grain weight, and dry matter production. Our results suggest that when Akimiyabi is subjected to late-sowing narrow-row dense cultivation, adjusting the interhill space keeping the row space in the range of 24 cm to 36 cm is preferable to obtain a large growth volume, large pod number, and stable high yield.

Key words : Akimiyabi, Dense-planting, Late Sowing, Narrow-row, Seed Quality, Soybean, Yield.
