

ダイズの耕うん同時畝立て狭畦栽培における適正栽植密度 —密植適応性が異なる新潟県ダイズ奨励品種の比較—

藤田与一^{1,3)}・川上修¹⁾・黒田智久¹⁾・服部誠²⁾・樋口泰浩¹⁾・南雲芳文¹⁾・高橋能彦³⁾

(¹⁾新潟県農業総合研究所作物研究センター, (²⁾新潟県農林水産部, (³⁾新潟大学大学院自然科学研究科)

要旨：密植適応性が異なる新潟県ダイズ奨励品種「エンレイ」および「あやこがね」を用いて、重粘土質水田転換畑におけるダイズ耕うん同時畝立て狭畦栽培の適正な栽植密度を検討した。ダイズ群落内の相対光合成有効放射（相対 PAR）量は、両品種ともに狭畦栽培では密植になるほど低くなるが、開花期頃にはいずれの栽植密度でも 10% 以下となり十分な雑草抑制効果が得られた。成熟期の生育は両品種とも密植になるほど徒長気味の生育となり、倒伏程度は「エンレイ」では栽植密度 17.8 株 m⁻² 以上で、慣行栽培（条間 75 cm, 栽植密度 8.9 株 m⁻²）より大きくなった。「あやこがね」は狭畦栽培と慣行栽培とで倒伏程度に差がなかった。収量は両品種とも密植になるほど増加する傾向となり、「エンレイ」では栽植密度 17.8 株 m⁻² 以上で、「あやこがね」では栽植密度 13.3 株 m⁻² 以上で、慣行栽培より有意に増加した。本研究結果において、狭畦栽培の場合「エンレイ」では倒伏軽減の観点から栽植密度 8.9～13.3 株 m⁻²、「あやこがね」では増収効果の観点から 13.3～26.7 株 m⁻² が適正栽植密度と判定された。

キーワード：畝立て狭畦栽培、栽植密度、収量、相対 PAR、ダイズ、倒伏、密植適応性。

近年ダイズ生産において、条間を従来よりも半分程度狭めて栽培を行う「狭畦栽培」の研究が積極的に行われている。狭畦栽培では従来よりも栽植密度を高めることができ、密植の効果で増収が期待できる（中世古・後藤 1975, 齊藤ら 1998, 池田 2000）。また狭畦によりダイズ自身の茎葉によって早期に、地表面をマルチのように覆う（野口ら 1977, 星川 1996）効果があり、雑草抑制効果が早期に得られることも期待できる。新潟県においては後者の効果に注目し、狭畦栽培の普及を図っており、排水性の悪い県内の水田転換畑では「耕うん同時畝立て狭畦栽培」が適すること、また耐倒伏性の高いダイズ品種「タチナガハ」を用いた場合、栽植密度がおおよそ 14 株 m⁻² の条件において、中耕・培土を省略しても雑草抑制効果が得られたことを確認した（藤田ら 2014）。

本県の 2014 年産のダイズ作付面積は 5,170 ha で、全国で 7 位である。近年、1 経営体あたりの大豆作付面積は拡大傾向であり、一部の圃場では中耕・培土作業等、管理作業が間に合わずに適期に行えなくなっている。また中耕・培土実施期間は梅雨にあたり、作業が可能な日は少なく、さらに重粘土帯が広がる本県では降雨後も圃場が乾きにくく、好条件で中耕・培土作業が行われることはほとんどない。このことから適期に中耕・培土作業を実施できずに雑草を繁茂させてしまい、収量および品質の低下につながる事例が見られる。このため、中耕・培土の省略につながり、かつ雑草発生を抑え、ダイズの安定生産を図るため、耕うん同時畝立て狭畦栽培の導入や普及が期待される。作付けされている県ダイズ奨励品種は「エンレイ」と「あやこがね」であり、本県でダイズの耕うん同時畝立て狭畦栽培を広く普及させるためには、両品種に対する栽培技術の

開発が欠かせない。

ダイズ育成地による倒伏抵抗性評価は「エンレイ」、「あやこがね」とともに「強」判定である（御子柴ら 1974, 矢ヶ崎ら 2000）が、実際に新潟県内で栽培した場合、「エンレイ」は「あやこがね」より、密植にすると倒伏しやすい傾向があり、「エンレイ」の方が密植適応性は低いと考えられる。新潟県におけるダイズの m² 当たりの目標苗立数も、6 月上旬播種の場合「エンレイ」は 9～10 本に対して「あやこがね」は 14～16 本と設定し、「エンレイ」の方を疎植としている。光の競合によって徒長、倒伏を誘発しやすい狭畦栽培において、密植適応性が低い「エンレイ」では倒伏被害を抑えるため、耕うん同時畝立て狭畦栽培の適正な栽植密度を検討する必要がある。ダイズ耕うん同時畝立て狭畦栽培における適正な栽植密度の報告例として、片山ら（2012）が北陸地域の重粘土圃場における「エンレイ」の耕うん同時畝立て狭畦栽培で、水稻－オオムギ－ダイズの 2 年 3 作体系における 6 月中、下旬播種の晩播栽培において減収を軽減するための栽植密度を示している。しかし本県では単作ダイズが主体で 6 月上旬頃に播種作業が行われており、この頃の播種における、密植適応性の異なるダイズ品種の耕うん同時畝立て狭畦栽培の適正な栽植密度を解明することが重要と考える。

そこで本研究では、密植適応性が異なると考えられる新潟県ダイズ奨励品種 2 品種を用いて、栽植密度の違いがダイズ 2 品種に与える生育特性の違いを解析し、新潟県の重粘土圃場における耕うん同時畝立て狭畦栽培の適正な栽植密度を検討した。

第1表 新潟県における「エンレイ」および「あやこがね」の生育特性.

播種区分	品種	開花期 (月日)	成熟期 (月日)	倒伏程度 (0-5)	主茎長 (cm)	主茎節数 (節株 ⁻²)	分枝数 (本株 ⁻²)	茎太 (mm)	莢数 (莢m ⁻²)	百粒重 (g)	子実重 (gm ⁻²)
標準播	エンレイ	7/22	10/11	0.7	54	13.8	4.9	9.2	635	32.0	33.9
	あやこがね	7/23	10/14	0.4	52	14.0	4.9	10.1	656	30.4	35.1
晩播	エンレイ	8/ 2	10/16	0.5	53	12.3	2.8	6.3	535	30.0	24.6
	あやこがね	8/ 3	10/19	0.0	53	12.8	3.2	6.9	559	30.7	26.7

新潟県農業総合研究所内圃場における、2005～2014年の10ヶ年平均値である。標準播は5月30日にm²当り8.9粒を播種し、晩播は6月20日にm²当り13.3粒を播種した。倒伏程度は0：無，1：微，2：少，3：中，4：多，5：甚，を表す。

材料と方法

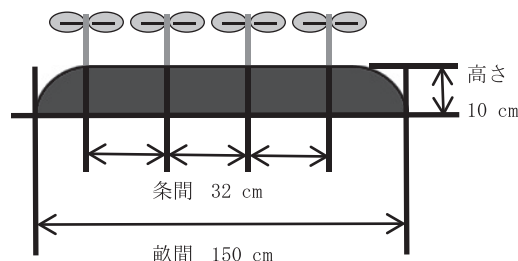
1. 供試ダイズ品種の特性

ダイズ品種は2014年の時点で新潟県奨励品種に指定されている「エンレイ」および「あやこがね」の2品種を供試した。県内における2品種の生育特性を第1表に示す。標準播で「エンレイ」は10月11日に成熟し、「あやこがね」は10月14日で「エンレイ」より成熟が3日程度遅い。倒伏程度は「エンレイ」が「あやこがね」に比べて標準播で0.3，晩播で0.5高く、「エンレイ」の方が倒伏しやすい傾向がある。主茎長は標準播で「エンレイ」の方が長く、茎太は標準播、晩播ともに「エンレイ」の方が細い傾向が見られ、「エンレイ」の方が倒伏しやすい株姿を呈する。

2. ダイズの栽培概要および気象

本研究は2012～2014年に、新潟県長岡市にある新潟県農業総合研究所作物研究センター（以下、所内）の水田転換畑（作土土性LiC）で行い、3ヶ年ともに、2年間の水稲作後の転換1年目となる圃場で実施した。基肥散布は耕うん前に行い、2012年はN、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ1.6gm⁻²、6.0gm⁻²、8.0gm⁻²施用し、2013、2014年はN、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ1.6gm⁻²、4.0gm⁻²、6.0gm⁻²施用した。

播種様式は、耕うん同時畝立て狭畦栽培（以下、狭畦区）では第1図のとおり、耕うんと同時に畝幅150cmの平高畝を形成し、平高畝の畝立て高さは約10cmとした。栽植密度は、平高畝上にダイズを条間32cmの4条、畝間を54cm（平均条間37.5cm）を基本とし、株間を変えて栽植密度を4水準設定した。すなわち、株間30cm、20cm、15cm、10cmとし、m²当り栽植密度をそれぞれ8.9株、13.3株、17.8株、26.7株とした。慣行栽培（以下、慣行区）では、条間75cm、株間15cm（m²当り栽植密度8.9株）に設定し、耕うん同時畝立て播種を行った。播種は3ヶ年とも、6月6日に行った。播種機はアグリテクノ矢崎社製の目皿式播種ユニット「TDRG-U」を用いた。本機におけるダイズの最小株間は11cm設定までであるが、株間10cmの試験区を間引きで設定できるように、2粒播種用目皿を用いて播種を行った。栽植密度の設定は狭畦区、慣行区ともに株間11cmの2粒播き設定で機械播種を行った後、おおよそ出芽が揃う第1複葉展開期頃に竹尺と剪定バサミ



第1図 耕うん同時畝立て狭畦栽培の模式図.

を用いて、ダイズ株1本立ちで株間30cm、20cm、15cm、10cmとなるように間引きして調整した。試験区1反復分の面積は狭畦区では各栽植密度とも畝幅1.5m×畝の長さ5m、慣行区では2条分1.5m×畝の長さ5mとし、各試験区ともに3反復分設けた。

除草体系は、播種後に両区とも土壌処理除草剤として「ジメテナミド・リニュロン粒剤」を散布した。その後、狭畦区では播種後1ヶ月以降に生育期除草剤「ベンタゾン液剤」「キザロホップエチル水和剤」を散布し、中耕培土は行わなかった。慣行区は中耕培土を播種25日後頃に1回目を、その2週間後頃に2回目を実施し、生育期除草剤を散布しなかった。病害虫対策は両区とも、播種前に「チアメトキサム・フルジオキシニル・メタラキシルM水和剤」を種子塗抹し、8月上旬はアブラムシ類および葉巻害虫防除として「MEP乳剤」を散布した。さらに、R2期の4週後に当たる8月下旬頃に紫斑病防除として「アゾキシストロビン水和剤」、2回目のアブラムシ類防除として「エトフェンプロックス乳剤」を散布し、9月上旬には子実害虫防除として「ペルメトリン乳剤」を散布した。

以上の栽培概要は、供試ダイズ2品種において共通で設定した。

気象条件については、月別の日平均気温と日射量および降水量は所内圃場に設置されている気象観測装置の記録を用いた。また、長岡市内の1時間雨量および最大瞬間風速は、気象庁公開の長岡観測地点の記録を用いた（気象庁2015a）。

3. ダイズ生育調査

播種30日後、50日後、80日後頃に、ダイズの主茎長、

主茎節数、一次分枝数を調査した。調査株は狭畦区および慣行区ともに、1反復につき生育中庸な連続5株を選定した。

成熟期には倒伏程度を確認し、その後1反復につき狭畦区では2m×4条を、慣行区では4m×2条を根部ごと抜き取り、成熟期生育および収量調査を行った。成熟期生育調査株は、播種30日後、50日後、80日後頃の生育調査と同様の5株を用い、抜き取り前にカラスプレーで地際部をマーキングし、抜き取り後はざ干しで2週間程度乾燥条件で保管したのちに調査を行った。「主茎長」および「最下着莢節位高」は抜き取り前に塗布したマーキングを目印として地際からの高さを測定した。「茎太」は主茎の子葉節と初生葉節との節間中央部の長径を、ノギスを用いて測定した。

4. ダイズ群落の地表面における相対 PAR 量の測定

ダイズ生育調査と同時期に、LI-COR 社製 LI-190SA 光量子センサーを用いて群落内の相対 PAR 量を測定した。測定時刻は16時から17時頃、晴天または曇天時に実施した。狭畦区ではダイズ群落上の光量を測定し、次に中野ら(2001)の方法を参考として、平高畝上のダイズ3条間の、隣接する2条の2株が対角線で交差する箇所の地表面を測定した(第2図)。慣行区ではダイズ群落上と、地表面ではダイズ1条間の隣接する2条の2株が対角線で交差する箇所を測定した。加えて、狭畦区の地表面の測定では大豆株元から16cm程度離れて測定することから、慣行区でも大豆株元から16cm離れた日表側、および日裏側の2点の地表面の光量を測定した。測定後、両区とも3点の地表面光量の平均値を群落上光量で割り返し、百分率に示した値を相対 PAR 量とした。

5. 統計解析

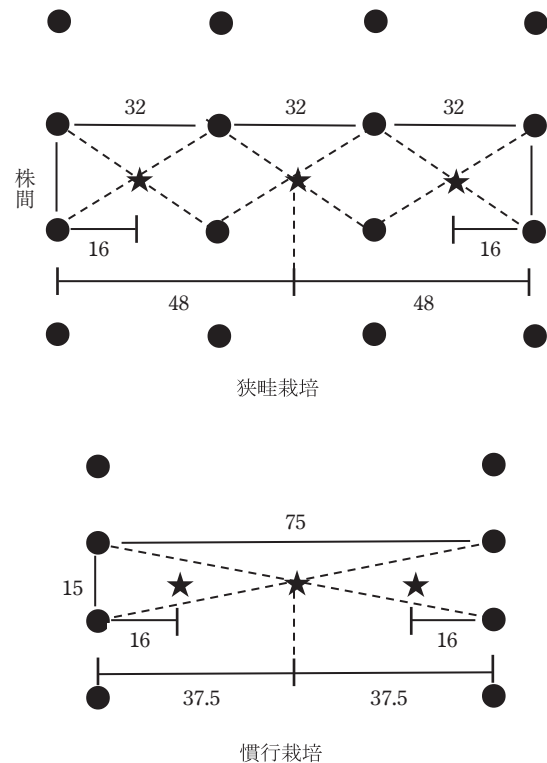
ダイズ調査および相対 PAR 量の測定については、株式会社社会情報サービス社製の統計解析ソフト「エクセル統

計 2008」を使用し、年次および栽培法を因子とし、多重比較検定を行った。

結 果

1. 気象的特徴

月別の日平均気温、日射量および降水量を第2表に示した。2012年は日平均気温が9月に平年より2℃以上高く、



第2図 地表面相対照度の測定位置。

●は株位置、★は測定位置、図中数字は距離(cm)を示す。狭畦栽培の「株間」は30cm、20cm、15cm、10cmの4水準である。

第2表 新潟県農業総合研究所作物研究センター内における月別気象概況。

	年次	6月	7月	8月	9月
日平均気温 (℃日 ⁻¹)	2012	20.5 (99)	24.9 (103)	26.9 (104)	23.9 (111)
	2013	22.0 (107)	24.7 (102)	26.0 (101)	21.5 (100)
	2014	22.0 (107)	24.3 (101)	25.3 (98)	20.2 (94)
	平年	20.6	24.1	25.8	21.5
日射量 (MJ m ⁻²)	2012	549.9 (119)	474.5 (106)	621.6 (126)	460.6 (133)
	2013	581.9 (126)	402.7 (90)	509.1 (103)	411.4 (119)
	2014	536.6 (116)	491.2 (110)	417.1 (85)	459.3 (133)
	平年	462.9	447.8	492.4	345.8
降水量 (mm)	2012	52.5 (33)	187.0 (71)	56.0 (30)	182.0 (89)
	2013	159.0 (99)	426.5 (162)	225.5 (120)	199.5 (97)
	2014	154.5 (97)	213.0 (81)	233.5 (124)	132.0 (64)
	平年	160.0	263.0	188.5	205.0

1981~2010年の30ヶ年平均を平年値とした。()内は平年対比を表す。

第3表 気象庁長岡観測地点における7~9月にかけて強い雨または強い風を観測した月日および記録.

2012年			2013年			2014年		
観測月日	1時間雨量 (mm)	最大瞬間風速 (m s ⁻¹)	観測月日	1時間雨量 (mm)	最大瞬間風速 (m s ⁻¹)	観測月日	1時間雨量 (mm)	最大瞬間風速 (m s ⁻¹)
8/ 6	1.0	17.7	7/17	23.5	9.6	8/22	0.0	15.9
9/ 6	48.5	6.1	7/18	4.5	16.1	9/ 5	25.0	4.6
9/30	18.5	17.6	7/29	28.0	6.7	9/16	20.0	8.2
			7/30	43.5	8.2			
			8/ 1	31.5	6.6			
			8/24	25.0	9.4			
			8/26	22.5	7.0			
			8/31	18.0	16.4			
			9/ 2	20.5	18.6			
			9/16	19.5	16.4			

1時間雨量 20 mm 以上を「強い雨」、最大瞬間風速 15 m s⁻¹ 以上を「強い風」として列挙した.

日射量は生育期間を通じて平年より高く推移し、降水量は逆に低く推移した. 特に6月と8月の降水量が平年比30%台となり、干ばつ傾向の気象条件となった.

2013年は日平均気温が生育期間を通じて概ね平年並みに推移し、日射量は6月および9月に高めとなった. 降水量は7月に平年比162%と多雨条件となった. この年の7月第6半旬は北日本から西日本にかけて短時間に記録的な雨が降り、所内気象観測地点においても7月29日から30日にかけて総降水量が174 mmとなる集中豪雨があった. 新潟県長岡市内のダイズ圃場でも約865 haの作付面積中、約117.5 haが浸・冠水被害を受けた(長岡市危機管理防災本部2014)が、所内ダイズ圃場は浸・冠水被害を免れた.

2014年は日平均気温が9月で平年よりやや低かった. 日射量は8月で平年比85%と少なく9月は平年比133%と多かったのに対して、降水量は8月で平年比124%と多く9月は平年比64%と少なかった. この年の夏場は寡照・多雨条件であったが、登熟後期は低温ながらも多照条件となった.

齊藤ら(2012)は岡山県平野部においてダイズの倒伏程度と台風接近回数には正の相関関係があり、台風の接近による降雨と強風が倒伏の主たる要因であることを報告している. 本研究では降雨・強風と倒伏程度の関係を検討するため、気象庁で「強い雨」、および「強い風」として定義している基準値を引用して(気象庁2015b, c)、7~9月における1時間雨量20 mm以上、または最大瞬間風速15 m s⁻¹以上を観測した時期および記録をまとめた結果を第3表に示した. 2012年は8月に1日、9月に2日、豪雨または強風が観測された. 2013年は前述の集中豪雨を含め、豪雨または強風の日が多く、7月に4日、8月に4日、9月に2日の計10日観測された. 2014年は2012年同様に、8月に1日、9月に2日観測されたが、1時間雨量・最大瞬間風速ともに2012年より弱い傾向であった.

2. ダイズの生育および地表面相対 PAR 量の影響

耕うん同時畝立て狭畦栽培における「エンレイ」の生育および相対 PAR 量を第4表に示した. 試験区の平均値において、播種30日後は主茎長が慣行区と比べて狭畦全区が高く、m²当り分枝数は慣行区で発生が見られたが、狭畦全区には見られなかった. 相対 PAR 量は慣行区と比べて狭畦26.7株 m⁻²区が低かった. 播種50日後は主茎長が慣行区と比べて狭畦13.3株 m⁻²区以上が高く、相対 PAR 量は慣行区と比べて狭畦全区が低かった. 播種80日後は主茎長が播種50日後同様に慣行区と比べて狭畦13.3株 m⁻²区以上が高かった. 狭畦区内の主茎長の比較では栽植密度が高くなるほど高くなる傾向となった.

次に、「あやこがね」の生育および相対 PAR 量を第5表に示した. 試験区の平均値において、播種30日後は主茎長が慣行区と比べて狭畦全区が高く、相対 PAR 量は慣行区と比べて狭畦13.3株 m⁻²区以上が低く、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど、相対 PAR 量は低くなった. 播種50日後は主茎長が慣行区と比べて狭畦全区が高く、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど、主茎長は高くなった. 相対 PAR 量は慣行区と比べて狭畦全区が低かった. 播種80日後は主茎長が慣行区と比べて狭畦13.3株 m⁻²区以上が高く、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど、主茎長は高くなった.

3. ダイズの成熟期生育および収量性

「エンレイ」の成熟期生育および収量を第6表に示した. 試験区の平均値において、倒伏程度は慣行区と比べて狭畦17.8株 m⁻²区以上が高かった. 主茎長は慣行区と比べて狭畦13.3株 m⁻²区以上が高く、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど、主茎長は高くなった. 茎太は慣行区と比べて狭畦全区が細く、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど細くなった. 株当り分枝数は慣行区と比べて狭畦13.3株 m⁻²区以上が少なく、狭畦区内の比較では栽

第4表 耕うん同時成立で狭畦栽培の栽植密度の違いが「エンレイ」の生育および地表面の相対 PAR 量に及ぼす影響。

年次	試験区	播種 30 日後			播種 50 日後			播種 80 日後		
		主茎長 (cm)	分枝数 (本 m ⁻²)	相対 PAR 量 (%)	主茎長 (cm)	分枝数 (本 m ⁻²)	相対 PAR 量 (%)	主茎長 (cm)	分枝数 (本 m ⁻²)	相対 PAR 量 (%)
2012	狭畦 8.9 株 m ⁻²	15 ^a	0.0	70.2	42 ^b	31.4	5.7 ^b	57 ^c	46.1	3.0
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	16 ^a	0.0	80.9	46 ^b	35.5	3.4 ^b	61 ^{bc}	52.1	1.2
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	16 ^a	0.0	67.4	49 ^{ab}	28.5	2.2 ^b	68 ^{ab}	43.9	1.2
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	16 ^a	0.0	58.1	53 ^a	16.0	1.8 ^b	76 ^a	43.8	1.1
	慣行 8.9 株 m ⁻²	9 ^b	0.0	77.4	32 ^c	19.6	16.4 ^a	45 ^d	41.5	2.6
2013	狭畦 8.9 株 m ⁻²	23 ^{ab}	0.0	63.8 ^a	43 ^b	18.7	17.2 ^a	46 ^c	36.7 ^a	3.2
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	24 ^a	0.0	49.3 ^{ab}	53 ^a	20.4	7.0 ^b	57 ^{ab}	40.2 ^a	1.6
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	25 ^a	0.0	44.2 ^{ab}	53 ^a	12.5	5.6 ^b	63 ^a	28.1 ^a	1.5
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	24 ^a	0.0	38.7 ^b	53 ^a	2.7	5.4 ^b	65 ^a	8.2 ^b	2.1
	慣行 8.9 株 m ⁻²	22 ^b	1.8	52.4 ^{ab}	46 ^{ab}	20.5	22.1 ^a	52 ^{bc}	28.8 ^a	2.3
2014	狭畦 8.9 株 m ⁻²	21 ^a	0.0	69.2 ^a	47 ^b	24.3	5.7 ^b	57 ^c	36.2 ^b	1.5
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	23 ^a	0.0	50.0 ^{ab}	57 ^a	28.4	2.5 ^b	67 ^b	50.5 ^{ab}	0.7
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	23 ^a	0.0	51.5 ^{ab}	57 ^a	36.8	1.6 ^b	67 ^b	59.3 ^a	1.0
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	22 ^a	0.0	34.2 ^b	60 ^a	32.0	1.1 ^b	76 ^a	53.4 ^{ab}	1.4
	慣行 8.9 株 m ⁻²	17 ^b	0.6	60.4 ^a	47 ^b	30.9	12.3 ^a	56 ^c	46.3 ^{ab}	0.9
平均	2012	14 ^c	0.0	70.8 ^a	44 ^c	26.2 ^a	5.9 ^b	62 ^a	45.5 ^a	1.9 ^{ab}
	2013	23 ^a	0.4	49.7 ^b	50 ^b	14.9 ^b	11.5 ^a	57 ^b	28.4 ^b	2.1 ^a
	2014	21 ^b	0.1	53.1 ^b	54 ^a	30.5 ^a	4.6 ^b	64 ^a	49.1 ^a	1.1 ^b
	狭畦 8.9 株 m ⁻²	20 ^b	0.0 ^b	67.7 ^a	44 ^b	24.8	9.5 ^b	53 ^c	39.7 ^{ab}	2.6
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	21 ^a	0.0 ^b	60.1 ^a	52 ^a	28.1	4.3 ^c	62 ^b	47.6 ^a	1.2
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	21 ^a	0.0 ^b	54.4 ^{ab}	53 ^a	25.9	3.1 ^c	66 ^b	43.8 ^{ab}	1.2
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	21 ^a	0.0 ^b	43.7 ^b	56 ^a	16.9	2.8 ^c	72 ^a	35.2 ^b	1.5
	慣行 8.9 株 m ⁻²	16 ^c	0.8 ^a	63.4 ^a	42 ^b	23.6	16.9 ^a	51 ^c	38.9 ^{ab}	2.0
分散分析	年次 (A)	**	ns	**	**	**	**	**	**	*
	試験区 (B)	**	*	**	**	ns	**	**	*	ns
	A × B	**	ns	ns	*	ns	ns	*	**	ns

分散分析の **, * はそれぞれ 1%, 5% 水準で有意差あり, ns は有意差なしを示す。異なる英文字間は年次別, および平均では要因別に 5% 水準で有意差ありを示す (Tukey 法)。

植密度が高くなるほど少なくなった。最下着莢節位高は慣行区と比べて狭畦全区が高かった。m² 当り有効莢数は慣行区と比べて狭畦 26.7 株 m⁻² 区が多かった。百粒重は試験区間で差が見られず、収量は慣行区と比べて狭畦 17.8 株 m⁻² 区以上が多かった。

次に、「あやこがね」の成熟期生育および収量を第7表に示した。試験区の平均値において、倒伏程度は「エンレイ」とは異なり、試験区間で差が見られなかった。主茎長は慣行区と比べて狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上が高く、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど、主茎長は高くなった。茎太は慣行区と比べて狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上が細く、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど細くなった。株当り分枝数は慣行区と比べて狭畦 17.8 株 m⁻² 区以上が少なく、狭畦区内の比較では栽植密度が高くなるほど少なくなった。最下着莢節位高は慣行区と比べて狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上が高く、m² 当り有効莢数も慣行区と比べて狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上が多かった。百粒重は試験区間で差が

見られず、収量は慣行区と比べて狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上が多かった。

考 察

1. ダイズの地表面相対 PAR 量の影響

播種 30 日後におけるダイズ群落内の 3 ケ年平均の相対 PAR 量を見ると (第4表, 第5表), 「エンレイ」では慣行区より有意に低くなったのは狭畦 26.7 株 m⁻² 区であり, 「あやこがね」では狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上となった。両品種における生育の違いをみると、主茎長では慣行区と狭畦区の差が両品種とも 4~5 cm 程度で品種間の違いは見られなかった。次に m² 当たり分枝数では、「エンレイ」が狭畦区で分枝の発生が見られず、慣行区は分枝が発生したのに対して、「あやこがね」は狭畦区で分枝の発生が見られ、慣行区との分枝数の差は見られなかった。この時期の一次分枝の節数は 2 節程度と少ないが、「あやこがね」のように分枝数を確保することが、狭畦区が慣行区よりも被覆力を

第5表 耕うん同時畝立て狭畦栽培の栽植密度の違いが「あやこがね」の生育および地表面の相対 PAR 量に及ぼす影響.

年次	試験区	播種 30 日後			播種 50 日後			播種 80 日後		
		主茎長 (cm)	分枝数 (本 m ⁻²)	相対 PAR 量 (%)	主茎長 (cm)	分枝数 (本 m ⁻²)	相対 PAR 量 (%)	主茎長 (cm)	分枝数 (本 m ⁻²)	相対 PAR 量 (%)
2012	狭畦 8.9 株 m ⁻²	14 ^a	0.0	84.8 ^{ab}	43 ^b	38.0 ^a	5.0 ^b	59 ^{bc}	54.6	1.8
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	14 ^a	0.0	84.6 ^{ab}	49 ^{ab}	39.0 ^a	2.0 ^b	70 ^{ab}	61.2	1.4
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	15 ^a	0.0	68.6 ^{bc}	50 ^{ab}	32.0 ^{ab}	1.3 ^b	73 ^{ab}	62.2	1.0
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	15 ^a	0.0	60.7 ^c	58 ^a	21.4 ^b	1.1 ^b	80 ^a	60.3	2.8
	慣行 8.9 株 m ⁻²	8 ^b	0.0	95.2 ^a	28 ^c	24.3 ^{ab}	16.7 ^a	44 ^c	46.6	1.1
2013	狭畦 8.9 株 m ⁻²	20 ^b	0.0	63.6 ^a	42 ^b	18.1 ^{ab}	13.0 ^{ab}	49 ^b	37.0	2.6 ^{ab}
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	21 ^{ab}	0.0	51.9 ^{ab}	49 ^{ab}	21.3 ^{ab}	7.9 ^{bc}	60 ^{ab}	36.1	1.3 ^b
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	22 ^{ab}	1.2	50.6 ^{ab}	53 ^a	11.3 ^{bc}	7.8 ^{bc}	68 ^a	28.1	1.3 ^b
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	23 ^a	0.0	34.8 ^b	55 ^a	0.0 ^c	4.6 ^c	71 ^a	18.3	1.3 ^b
	慣行 8.9 株 m ⁻²	21 ^{ab}	3.6	55.6 ^a	47 ^{ab}	27.3 ^a	18.8 ^a	56 ^{ab}	33.2	3.6 ^a
2014	狭畦 8.9 株 m ⁻²	20 ^a	1.8	63.2 ^{ab}	48 ^{bc}	30.9	4.8 ^b	59 ^{bc}	42.7	1.6
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	20 ^a	2.7	48.2 ^{bc}	57 ^{ab}	33.7	1.3 ^b	72 ^{ab}	47.9	1.0
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	21 ^a	2.4	37.4 ^c	60 ^a	39.2	1.6 ^b	72 ^{ab}	61.7	1.7
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	21 ^a	1.8	31.1 ^c	63 ^a	40.9	1.2 ^b	81 ^a	51.6	1.0
	慣行 8.9 株 m ⁻²	13 ^b	0.0	70.7 ^a	40 ^c	29.7	11.2 ^a	53 ^c	46.3	1.1
平均	2012	13 ^c	0.0	78.8 ^a	46 ^b	30.9 ^a	5.2 ^b	65 ^{ab}	57.0 ^a	1.6 ^{ab}
	2013	21 ^a	0.9	51.3 ^b	49 ^b	15.6 ^b	10.4 ^a	61 ^b	30.5 ^b	2.0 ^a
	2014	19 ^b	1.7	50.1 ^b	54 ^a	34.9 ^a	4.0 ^b	67 ^a	50.0 ^a	1.3 ^b
	狭畦 8.9 株 m ⁻²	18 ^b	0.6	70.5 ^{ab}	44 ^c	29.0 ^{ab}	7.6 ^b	56 ^c	44.8	2.0
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	19 ^{ab}	0.9	61.6 ^{bc}	52 ^b	31.3 ^a	3.7 ^c	67 ^b	48.4	1.2
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	19 ^{ab}	1.2	52.2 ^{cd}	55 ^{ab}	27.5 ^{ab}	3.6 ^c	71 ^{ab}	50.7	1.4
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	20 ^a	0.6	42.2 ^d	58 ^a	20.8 ^b	2.3 ^c	77 ^a	43.4	1.7
	慣行 8.9 株 m ⁻²	14 ^c	1.2	73.8 ^a	39 ^d	27.1 ^{ab}	15.6 ^a	51 ^c	42.0	1.9
	年次 (A)	**	ns	**	**	**	**	*	**	*
分散 分析	試験区 (B)	**	ns	**	**	*	**	**	ns	ns
	A × B	**	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	**

分散分析の **, * はそれぞれ 1%, 5% 水準で有意差あり, ns は有意差なしを示す. 異なる英文字間は年次別, および平均では要因別に 5% 水準で有意差ありを示す (Tukey 法).

高める上で重要であることが考えられた. 狭畦区内における栽植密度毎の 3 ヶ年平均の相対 PAR 量を見ると, 両品種とも密度が高くなると相対 PAR 量は低くなる傾向が見られた. 狭畦 13.3 株 m⁻² 区と狭畦 26.7 株 m⁻² 区を比較すると, 両品種とも主茎長と分枝数には差が見られないものの, 相対 PAR 量は狭畦 26.7 株 m⁻² 区の方が低くなった.

播種 50 日後における 3 ヶ年平均の相対 PAR 量では, 両品種とも狭畦区が慣行区より低く, 被覆力は狭畦栽培の方が高いことが伺えた. 生育の違いをみると, 主茎長が「エンレイ」では狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上で慣行区より長く, 「あやこがね」では全ての狭畦区が慣行区より長かった. m² 当たり分枝数では両品種とも狭畦区と慣行区の間には差はなかった. 播種 50 日後の時期は主茎の伸長が相対 PAR 量を低くする一因になると想定できるが, 一方で「エンレイ」の狭畦 8.9 株 m⁻² 区と慣行区のように, 栽植密度に差がなく, かつ主茎長および分枝数も有意差が見られなくても, 相対 PAR 量は狭畦区が有意に低くなっている. 年次別で

も 2012, 2014 年の「エンレイ」および「あやこがね」で同様の傾向が見られた. 前報において, 同じ播種密度条件でも, 畝立て狭畦栽培は条間 37 cm (平均条間 40 cm) の株間 16 cm, 慣行栽培は条間 80 cm の株間 8 cm と, 慣行栽培と比べて狭畦栽培は条間が 43 cm も狭まるのに対して, 株間は 8 cm 程度しか広がらないことから, 狭畦栽培の方がダイズ間の光の競合が起きやすい可能性があることを報告した (藤田ら 2014). また中野ら (2001) は, ダイズの正方形播きは長方形播きに比べ, 群落が早期に密閉状態になること, また, 葉面積が数値的に大きくなり, ダイズ品種によっては有意な差が現れたことを報告している. 狭畦 8.9 株 m⁻² 区の平高畝上の配列は条間 32 cm, 株間 30 cm とほぼ正方形の配列となっており, このことから, 本研究では播種 50 日後の狭畦区と慣行区で栽植密度やダイズ株の主茎長および分枝数に違いがなくても, 狭畦区は葉の重なりによる密閉状態が早期に確保でき, 相対 PAR 量は狭畦区の方が低くなったものと考えられた. 狭畦区における

第6表 耕うん同時畝立て狭畦栽培の栽植密度の違いが「エンレイ」の成熟期生育および収量に及ぼす影響。

年次	試験区	倒伏程度 (0-5)	主茎長 (cm)	茎太 (mm)	分枝数		最下着莢 節位高 (cm)	m ² 当り 有効莢数 (莢)	百粒重 (g)	収量 (g m ⁻²)
					株当り (本)	m ² 当り (本)				
2012	狭畦 8.9 株 m ⁻²	3.0	55 cd	7.5 ab	5.3 a	47.5	15.6 a	578	29.2	286
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	3.2	61 bc	7.4 ab	4.1 ab	54.1	16.1 a	621	27.9	302
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	3.7	66 ab	6.9 b	3.1 bc	55.8	15.9 a	674	29.0	333
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	3.5	74 a	5.8 c	1.6 c	42.7	19.3 a	715	28.6	343
	慣行 8.9 株 m ⁻²	0.0	46 d	7.9 a	4.5 ab	39.8	9.4 b	614	28.9	314
2013	狭畦 8.9 株 m ⁻²	0.3	45 b	6.7 ab	4.4 a	39.2	15.7 b	462	31.5 a	251 ab
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	1.0	56 ab	6.2 bc	2.9 ab	38.1	21.7 a	540	31.2 a	290 a
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	0.7	60 a	5.8 c	2.0 bc	35.6	26.6 a	576	31.6 a	302 a
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	1.3	63 a	5.5 c	0.8 c	21.4	26.6 a	610	31.8 a	301 a
	慣行 8.9 株 m ⁻²	0.0	48 b	7.2 a	3.7 a	33.2	13.1 b	557	29.0 b	222 b
2014	狭畦 8.9 株 m ⁻²	1.0	57 c	7.1 b	4.8 ab	42.7	16.9 bc	646 ab	36.3	370 b
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	0.7	67 b	6.6 bc	4.3 b	56.7	21.8 ab	742 ab	36.5	426 ab
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	2.0	69 ab	7.0 b	3.6 bc	64.1	22.6 a	681 ab	36.4	420 ab
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	1.3	78 a	6.1 c	2.4 c	65.0	21.4 ab	789 a	37.0	459 a
	慣行 8.9 株 m ⁻²	1.0	56 c	8.4 a	5.9 a	52.8	13.7 c	628 b	36.8	384 b
平均	2012	2.7 a	60 b	7.1 a	3.7 a	48.0 a	15.3 b	640 a	28.7 c	316 b
	2013	0.7 b	55 c	6.3 b	2.8 b	33.5 b	20.7 a	549 b	31.0 b	273 c
	2014	1.2 b	65 a	7.0 a	4.2 a	56.3 a	19.3 a	697 a	36.6 a	412 a
	狭畦 8.9 株 m ⁻²	1.4 ab	52 c	7.1 b	4.8 a	43.1	16.0 b	562 b	32.3	303 b
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	1.6 ab	61 b	6.7 bc	3.7 b	49.7	19.8 a	634 ab	31.9	339 ab
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	2.1 a	65 b	6.6 c	2.9 b	51.8	21.7 a	644 ab	32.3	352 a
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	2.1 a	71 a	5.8 d	1.6 c	43.0	22.4 a	704 a	32.5	368 a
	慣行 8.9 株 m ⁻²	0.3 b	50 c	7.8 a	4.7 a	41.9	12.1 c	600 b	31.6	307 b
	年次 (A)	**	**	**	**	**	**	**	**	**
試験区 (B)		*	**	**	**	ns	**	**	ns	**
A × B		—	ns	*	ns	ns	*	ns	*	ns

倒伏程度は0：無，1：微，2：少，3：中，4：多，5：甚，を表す。**, * はそれぞれ1%，5%水準で有意差あり，nsは有意差なしを示す（倒伏程度：Kruskal-Wallis 検定，他項目：分散分析法）。異なる英文字間は年次別，および平均では要因別に5%水準で有意差ありを示す（倒伏程度：Steel-Dwass 法，他項目：Tukey 法）。

栽植密度毎の3ヶ年平均の相対 PAR 量を見ると，両品種とも狭畦 8.9 株 m⁻² 区が狭畦 13.3 株 m⁻² 区以上より高く，やや被覆力が劣った。しかし相対 PAR 量は10%以下と，雑草を抑制する値（野口・中山 1978）となり，抑草効果はほぼ同等であると考えられた。達観による調査であるが，雑草発生量は両品種のいずれの試験区もほとんど皆無に等しかった（データ省略）。ただし，2013 年の試験のように狭畦 8.9 株 m⁻² 区では相対 PAR 量が10%を上回る事例もある。この年は「エンレイ」，「あやこがね」とともに m² 当たり分枝数が他の年次よりも少なく，狭畦 26.7 株 m⁻² 区では0～3本程度しか発生しなかった。2013 年の7月1日から播種 50 日後の調査前日に当たる7月25日までの気象状況は，総日射量は 308.5 MJ m⁻² と低く，総降水量は 233 ml と多く，7月29～30日にかけての大雨以前にも，曇天で雨の多い日が続いた。大泉（1962）は日射制限が大きいほど分枝の発生が少なくなること，また古畑ら（2011）は

北陸地域の粘質土壌における過湿状態で分枝数の増加が抑制されたことを報告していることから，2013 年の寡照多雨条件が分枝数の発生を抑制したものと推察された。このように狭畦栽培でも年次によってはダイズの生育停滞によって被覆力が弱まり，雑草害を引き起こすことも考えられる。狭畦栽培においても株間が広い条件では，茎葉処理除草剤の適期散布の徹底など，相対 PAR 量が慣行区も含めて確実に10%以下となる播種 80 日後までは雑草を繁茂させない管理が必要であることが伺えた。

2. ダイズの成熟期生育および収量

畝立て狭畦栽培における成熟期のダイズ生育は（第6表，第7表），主茎長では「エンレイ」，「あやこがね」両品種ともに，各年次および3ヶ年平均で栽植密度が高くなるほど高くなる傾向となった。茎太では「エンレイ」は2012，2013年と3ヶ年平均で，「あやこがね」では各年次および3ヶ

第7表 耕うん同時畝立て狭畦栽培の栽植密度の違いが「あやこがね」の成熟期生育および収量に及ぼす影響.

年次	試験区	倒伏 程度 (0-5)	主茎長 (cm)	茎太 (mm)	分枝数		最下着莢 節位高 (cm)	m ² 当り 有効莢数 (莢)	百粒重 (g)	収量 (g m ⁻²)
					株当り (本)	m ² 当り (本)				
2012	狭畦 8.9 株 m ⁻²	2.3	59 ^b	8.9 ^{ab}	5.5 ^a	48.7	16.1 ^{ab}	532 ^{ab}	29.3	270 ^{bc}
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	2.7	68 ^{ab}	8.3 ^{abc}	5.2 ^a	69.2	15.7 ^{ab}	667 ^{ab}	30.1	339 ^{ab}
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	2.7	71 ^{ab}	7.8 ^{bc}	3.9 ^{ab}	70.0	17.7 ^a	707 ^a	30.1	384 ^a
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	1.3	79 ^a	7.0 ^c	2.4 ^b	64.1	21.4 ^a	696 ^a	28.0	350 ^{ab}
	慣行 8.9 株 m ⁻²	0.0	42 ^c	9.6 ^a	5.0 ^a	44.5	8.0 ^b	489 ^b	28.4	235 ^c
2013	狭畦 8.9 株 m ⁻²	0.0	49 ^b	7.3 ^{ab}	4.4 ^a	39.2	16.3 ^b	604 ^{ab}	29.8	309 ^{ab}
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	0.3	62 ^{ab}	6.8 ^{abc}	3.1 ^{ab}	41.7	23.1 ^{ab}	739 ^a	29.4	330 ^{ab}
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	0.3	66 ^a	6.3 ^{bc}	1.9 ^{bc}	33.2	24.4 ^{ab}	671 ^{ab}	30.0	354 ^a
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	0.3	72 ^a	5.5 ^c	0.7 ^c	19.6	27.1 ^a	724 ^a	29.5	370 ^a
	慣行 8.9 株 m ⁻²	0.0	58 ^{ab}	8.2 ^a	3.9 ^a	35.0	19.5 ^{ab}	543 ^b	27.2	248 ^b
2014	狭畦 8.9 株 m ⁻²	0.7	60 ^{bc}	9.4 ^a	5.1 ^a	45.1	19.5 ^{ab}	614	30.6	326 ^b
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	2.2	72 ^{ab}	8.4 ^{ab}	3.9 ^a	52.3	26.4 ^a	643	31.1	337 ^{ab}
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	2.0	73 ^{ab}	8.3 ^{ab}	3.3 ^{ab}	59.3	24.8 ^a	620	31.6	335 ^{ab}
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	1.3	81 ^a	7.3 ^b	1.9 ^b	49.8	26.3 ^a	691	33.5	427 ^a
	慣行 8.9 株 m ⁻²	2.0	53 ^c	8.7 ^{ab}	4.6 ^a	40.9	15.8 ^b	615	30.4	338 ^{ab}
平均	2012	1.8 ^a	64 ^{ab}	8.3 ^a	4.4 ^a	59.3 ^a	15.8 ^b	618	29.2 ^b	316
	2013	0.2 ^b	61 ^b	6.8 ^b	2.8 ^b	33.7 ^b	22.1 ^a	656	29.2 ^b	322
	2014	1.6 ^a	68 ^a	8.4 ^a	3.8 ^a	49.5 ^a	22.5 ^a	637	31.4 ^a	353
	狭畦 8.9 株 m ⁻²	1.0	56 ^c	8.5 ^{ab}	5.0 ^a	44.3	17.3 ^{bc}	584 ^{bc}	29.9	302 ^{bc}
	狭畦 13.3 株 m ⁻²	1.7	67 ^b	7.9 ^{bc}	4.1 ^a	54.4	21.7 ^{ab}	683 ^{ab}	30.2	335 ^{ab}
	狭畦 17.8 株 m ⁻²	1.7	70 ^{ab}	7.5 ^{cd}	3.0 ^b	54.2	22.3 ^{ab}	666 ^{ab}	30.6	358 ^{ab}
	狭畦 26.7 株 m ⁻²	1.0	77 ^a	6.6 ^d	1.7 ^c	44.5	24.9 ^a	704 ^a	30.3	383 ^a
	慣行 8.9 株 m ⁻²	0.7	51 ^c	8.9 ^a	4.5 ^a	40.1	14.4 ^c	549 ^c	28.6	274 ^c
	年次 (A)	**	*	**	**	**	**	ns	**	ns
	試験区 (B)	ns	**	**	**	ns	**	**	ns	**
	A × B	—	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

倒伏程度は0：無，1：微，2：少，3：中，4：多，5：甚，を表す。**, * はそれぞれ1%，5%水準で有意差あり，nsは有意差なしを示す（倒伏程度：Kruskal-Wallis 検定，他項目：分散分析法）。異なる英文字間は年次別，および平均では要因別に5%水準で有意差ありを示す（倒伏程度：Steel-Dwass 法，他項目：Tukey 法）。

年平均で栽植密度が高くなるほど細くなった。株当たり分枝数では両品種ともに，各年次および3ヶ年平均で栽植密度が高くなるほど少なくなった。これらの生育特徴から，畝立て狭畦栽培でも密植条件によって徒長気味の生育となる（星川 1996，澤本・島田 2015）傾向が示された。畝立て狭畦栽培での密植による倒伏程度の影響は，両品種とも有意な差は見られなかった。しかし「エンレイ」では3ヶ年平均で慣行区と，狭畦 17.8 株 m⁻² 区および 26.7 株 m⁻² 区で有意差が確認され，狭畦栽培の方が倒伏程度は大きかった。年次別の傾向では，2012 年に有意差は得られていないが狭畦区と慣行区で倒伏程度の差が大きかった。狭畦区は無培土条件のため土壌による支持力が慣行栽培より得られにくいこと，密植により徒長気味の生育となったことに加え，2012 年の播種 80 日後に当たる 8 月下旬頃の生育調査では倒伏はいずれの区においても確認できなかったため，第 3 表より 2012 年の 9 月 6 日に 1 時間雨量 40 mm 以

上の激しい雨が発生したことで，狭畦区の倒伏を誘発したと推察された。2013 年は強い雨または強い風が発生した日数は 2012 年より多かったものの，7 月の寡照多雨が要因と考えられる生育停滞で，主茎長，茎太および株当たり分枝数が他の 2 ヶ年より小さくなり，1 株当たりの地上部重量が減少したことで倒伏程度が緩和されたと推察された。また 2014 年はダイズ株の生育が 2012 年並に確保されたものの，風雨は他の 2 ヶ年より弱い傾向であったため倒伏が緩和されたと考えられた。以上から，「エンレイ」の畝立て狭畦栽培では株の生育が良好な条件において，豪雨または強風による影響で倒伏が起りやすくなり，狭畦 17.8 株 m⁻² 区以上の栽植密度で慣行区と倒伏程度に差が現れる可能性が示唆された。

最下着莢節位高は慣行区と狭畦 8.9 株 m⁻² 区を比較すると，「エンレイ」では狭畦区が有意に高く，「あやこがね」では有意差はないものの狭畦区の数値が高くなった。これ

は培土作業の有無により地際の高低が異なったことによる影響が大きい。最下着莢節位高が高ければコンバイン収穫の刈り残しが解消されるため、倒伏程度が小さい場合は狭畦栽培によって機械収穫適性が向上することが示唆された。3ヶ年平均において狭畦栽培の栽植密度が高くなるほど、両品種とも最下着莢節位高は高くなる傾向を示した。密植により最下着莢節位高が高まる傾向となる報告はいくつか見られ(松永ら 2003, 池尻ら 2007, 辻ら 2007), 密植による節間の伸長(土屋ら 1986)および、下位節の遮光に伴う結莢率の低下(中野ら 2004)が、最下着莢節位高が高まった要因であると考えられた。

3ヶ年平均において「エンレイ」では栽植密度が高くなるほど、 m^2 当たり有効莢数が増加傾向を示し、百粒重は有意な差が見られなかった。結果、収量は増加傾向となり、狭畦 17.8株 m^2 区以上から、慣行区よりも多くなった。百粒重は前報(藤田ら 2014)とは異なり狭畦区と慣行区で有意差が見られなかったが、本研究では狭畦区と慣行区で雑草の発生がほとんど見られず、養水分の競合に両区で違いが見られなかったためと考えられた。しかし 2013 年では狭畦区と慣行区で有意差が見られ、狭畦区で百粒重が大きくなった。この年次は生育期間を通して月別降水量が多く、試験圃場においてダイズの立枯性病害、特に黒根腐病が多発生していた。黒田ら(2015)はダイズ栽培において無培土条件が黒根腐病の発病度を軽減する傾向があることを報告しており、本試験でも黒根腐病による百粒重の低下が、無培土条件である狭畦区では緩和されたものと考えられた。

一方、「あやこがね」では3ヶ年平均で、栽植密度が高くなるほど m^2 当たり有効莢数は狭畦 17.8株 m^2 区が狭畦 13.3株 m^2 区より数値的に劣るものの増加傾向を示し、百粒重は有意な差が見られなかった。結果、収量は「エンレイ」同様に増加傾向を示し、「あやこがね」では狭畦 13.3株 m^2 区以上から、慣行区よりも多くなった。2013 年の百粒重については、有意差はなかったが「エンレイ」とほぼ同様に狭畦区で低下が緩和される傾向を示した。

3. 耕うん同時畝立て狭畦栽培の適正な栽植密度

第4表において、3ヶ年平均では播種50日後の相対 PAR 量は 8.9株 m^2 以上の畝立て狭畦栽培で、新潟県の「エンレイ」における目標苗立数約 9株 m^2 程度に設定した慣行栽培よりも相対 PAR 量は低く、値も 10% 以下となり十分な雑草抑制効果が得られた。雑草抑制効果の観点から、 8.9株 m^2 以上の栽植密度設定が有効な条件であると考えられた。ただし生育停滞する年次は、 8.9株 m^2 程度の畝立て狭畦栽培では相対 PAR 量が 10% を上回り十分な被覆力を得られない場合もあるので、雑草管理には適正な除草剤散布等の組み合わせが必要であると考えられた。倒伏程度においては畝立て狭畦栽培では栽植密度の違いによって倒伏程度に大きな差は見られなかった。しかし目標苗立数に設

定した慣行栽培と比較すると、 17.8株 m^2 以上の密植条件での畝立て狭畦栽培では有意に倒伏程度が大きくなった。本試験においては 17.8株 m^2 以上の密植条件での倒伏程度は 2.1 の小程度ではあるが、密植適応性が低いとされる「エンレイ」においては倒伏の危険性を少しでも回避する必要があると考えられる。この倒伏程度の観点から、畝立て狭畦栽培の適正栽植密度は $8.9 \sim 13.3 \text{株 m}^2$ であると推察された。収量は畝立て狭畦栽培で栽植密度が高くなるほど増加する傾向が見られたが、 $8.9 \sim 13.3 \text{株 m}^2$ でも慣行栽培程度の収量が確認され、収量性に問題はないと示唆された。

以上の検討結果から、新潟県の重粘土地帯で「エンレイ」程度の密植適応性を備える品種で耕うん同時畝立て狭畦栽培を行う場合は、適正栽植密度は倒伏程度の観点から $8.9 \sim 13.3 \text{株 m}^2$ 程度に抑えることで、中耕・培土作業の省略を図りつつ、雑草抑制効果を確保することが可能であると推察された。

次に「あやこがね」の耕うん同時畝立て狭畦栽培における栽植密度の影響を検証する。播種50日後の相対 PAR 量は「エンレイ」と同様の傾向を示し、 8.9株 m^2 以上の畝立て狭畦栽培で慣行栽培よりも相対 PAR 量は低く、値も 10% 以下となり十分な雑草抑制効果が得られた。倒伏程度では畝立て狭畦栽培の栽植密度の違いによって倒伏程度に大きな差は見られなかった。さらに慣行栽培と、畝立て狭畦栽培の各栽植密度との比較でも、倒伏程度に差が見られなかった。密植適応性が「エンレイ」より高い「あやこがね」では、畝立て狭畦栽培の栽植密度は 26.7株 m^2 までであれば倒伏程度に影響しにくいものと考えられた。収量は「エンレイ」同様、畝立て狭畦栽培で栽植密度が高くなるほど増加する傾向が見られた。特に 13.3株 m^2 以上では慣行栽培以上の収量が確認され、密植による増収効果も期待できるものと示唆された。

以上の検討結果から、新潟県の重粘土地帯で「あやこがね」程度の密植適応性を備える品種で耕うん同時畝立て狭畦栽培を行う場合は、適正栽植密度は $13.3 \sim 26.7 \text{株 m}^2$ とし、中耕・培土の省略に加えてダイズの増収効果を狙うことが可能であると推察された。

謝辞：本論文の作成に当たり、担当教官である高橋教授とともにご指導して下さいました。新潟大学農学部の大山卓爾教授に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 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.
- 古畑昌巳・足立一日出・大野智史 2011. 圃場排水性の良否が北陸地域のダイズの乾物と子実生産に及ぼす影響。日作紀 80: 65-72.
- 星川清親 1996. 新編食用作物 第13版. 株式会社養賢堂, 東京. 416-459.
- 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.

- 池尻明彦・岡本賢一・中司祐典・吉永巧・中山暁子・小林行高・金子和彦・岩本哲弥・村山秀樹 2007. 大豆品種「サチユタカ」の機械化体系に対応した栽培技術 第1報 播種期および栽植密度, 山口農試研報 56: 51-61.
- 片山勝之・大野智史・細野達夫・細川寿・野村幹雄 2012. 狭畝密植栽培によるオオムギ跡ダイズの播種期と栽植様式が収穫期の全乾物重と莢乾物重および雑草抑制に及ぼす影響, 北陸作報 47: 65-68.
- 気象庁 2015a. 過去の気象データ. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2015/12/10 閲覧).
- 気象庁 2015b. 雨の強さと降り方. http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownyougo_hp/amehyo.html (2015/12/10 閲覧).
- 気象庁 2015c. 風の強さと吹き方. http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownyougo_hp/kazehyo.html (2015/12/10 閲覧).
- 黒田智久・松澤清二郎・藤田与一・川上修 2015. 狭畦無培土栽培によるダイズ黒根腐病発病軽減効果, 北陸病虫研報 64: 35.
- 松永亮一・高橋将一・小松邦彦 2003. 耐倒伏性に優れるダイズ新品種「サチユタカ」の密植・無中耕無培土栽培, 日作九支報 69: 53-55.
- 御子柴公人・松沢宏・荻原英雄・広間勝己・丸山宣重・堀内寿郎 1974. 大豆新品種「エンレイ」の育成とその特性について, 長野農試報 38: 37-39.
- 長岡市危機管理防災本部 2014. 平成 25 年 7 月・8 月豪雨 (被害の概要) 平成 26 年 9 月 1 日現在. <http://www.bousai.city.nagaoka.niigata.jp/wp-bousai/wp-content/uploads/2013/08/681adfea1be75c9c3e126e4678c77193.pdf> (2015/12/10 閲覧).
- 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 1975. 豆類の生産生態に関する比較作物学的研究 第3報 大豆の密度反応性について, 日作紀 44 (別2): 71-72.
- 野口勝可・中山兼徳・高林実 1977. 畑作物と雑草の競合に関する研究 第1報 作付の差異が雑草群落に及ぼす影響, 日作紀 46: 504-509.
- 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.
- 大泉久一 1962. 大豆の分枝発生機構並びにその栽培学的意義に関する研究, 東北農試研報 25: 1-95.
- 齊藤邦行・磯部祥子・黒田俊郎 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 - 莢数と花蕾数の関係 -, 日作紀 67: 70-78.
- 齊藤邦行・西村公仁子・北原利修 2012. ダイズの倒伏が子実収量に及ぼす影響 - 倒伏防止処理と人為的倒伏処理 -, 日作紀 81: 27-32.
- 澤本和徳・島田雅博 2015. 密植栽培がダイズ「里のほほえみ」の生育および収量に及ぼす影響, 北陸作報 47: 65-68.
- 土屋武彦・紙谷元一・佐々木紘一 1986. ダイズの最下着莢位置の年次および栽植密度による変動, 北海道立農試集報 55: 13-21.
- 辻博之・大下泰生・君和田健二 2007. 北海道ダイズ品種の生産に及ぼす密植・狭畦栽培の影響, 日作紀 76 (別2): 64-65.
- 矢ヶ崎和弘・高松光生・山田直弘・田中進久・高橋信夫 2000. ダイズ新品種「あやこがね」の育成, 北陸作報 35: 50-52.

Appropriate Planting Density of Two Soybean Cultivars Differing in Adaptability to Dense Planting in Ridge-making Narrow-row Cultivation : Yoichi FUJITA¹⁾, Osamu KAWAKAMI¹⁾, Tomohisa KURODA¹⁾, Makoto HATTORI²⁾, Yasuhiro HIGUCHI¹⁾, Yoshifumi NAGUMO¹⁾ and Yoshihiko TAKAHASHI³⁾ (¹⁾Niigata Crop Res. Center, Nagaoka 940-0826, Japan; ²⁾Niigata Prefectural Department of Agriculture, Forestry and Fisheries; ³⁾Graduate School of Science and Technology, Niigata University)

Abstract : We evaluated the appropriate planting density in ridge-making narrow-row cultivation of two soybean cultivars “Enrei” and “Ayakogane” in drained paddy fields with heavy clay soil in Niigata prefecture. Two cultivars differed in their adaptability to dense planting cultivation. The relative photosynthetically active radiation (PAR) under the plant canopy with narrow row cultivation decreased with increase in the planting density. The relative PAR at any planting density was less than 10% at the flowering stage, which was sufficient to suppress weed growth. Higher planting density led to more spindly growth at the maturing stage in both cultivars. The lodging index of “Enrei” in narrow row cultivation with the planting density over 17.8 plants m⁻² was higher than that in conventional cultivation with 75 cm interrow space and 8.9 plants m⁻². The lodging index of “Ayakogane” in narrow-row did not differ from that in conventional cultivations. The seed yield of both cultivars tended to increase with increasing planting density. The seed yield of “Enrei” cultivated at a planting density over 17.8 plants m⁻² was significantly higher than that under conventional cultivation. The yield of “Ayakogane” was also increased at a planting density over 13.3 plants m⁻². The appropriate planting density to avoid lodging in ridge-making narrow-row cultivation of “Enrei” was judged to be 8.9–13.3 plants m⁻² to avoid lodging, and that of “Ayakogane” 13.3–26.7 plants m⁻² to promote seed yield.

Key words : Dense planting cultivation adaptability, Lodging, Planting density, Relative PAR, Ridge-making narrow-row culture, Soybean, Yield.