

# 千葉県県北地域の輪換畑における大豆「里のほほえみ」の栽培条件が青立ち，倒伏，収量及び子実品質に及ぼす影響

奥畑徹之\*1・田中貴久・宮吉沙知・猿田正恭\*2・南條洋平\*3・安藤利夫・武田雄介

キーワード：大豆，里のほほえみ，輪換畑，狭畦栽培，青立ち

## I 緒言

大豆は，消費者の国産志向の高まりを受けて需要が拡大しており，千葉県では団地化された圃場において水田の有効活用のために作付けされ，近年は作付面積が1,000ha程度で推移している．そのうち，農事組合法人等による田での作付けが約7割を占めている（千葉県，2023）．農事組合法人等の大規模経営体の大豆栽培において，作業の機械化が進み，10a当たり作業時間は従来の43.5時間から5.9時間まで削減されている．従来は培土機で開花期前に培土していたが，機械化体系では，麦・大豆汎用コンバインによる収穫に適した無培土で慣行栽培の半分程度の畝間で栽培する，狭畦無培土栽培（以下狭畦栽培とする）が採用され，トラクタ装着型の播種機を用いて畝間35～50cm程度に条播している．

千葉県における大豆主産地は利根川流域に多く，そこでは土壌群が灰色低地土で地下水位の高い水田で作付けされることから湿害を受けやすく，県全体の10a当たり収量は123kgと，全国平均の160kgと比べて低い．国は食料・農業・農村基本計画（農林水産省，2020）で，10a当たり収量200kgを目標として掲げており，他県以上に単収の向上が求められる．また，色彩選別機による除去が困難であるしわ粒及び裂皮粒が多発した場合，農産物検査において1等割合が低くなることから，子実品質の向上も求められる．

大豆「里のほほえみ」は，東北農業研究センターで南東北地方向けに育成された中晩生品種で，倒伏に強く大粒良質で，さらに難裂莢性で機械化適性を備えた品種である（菊池ら，2011）．同品種は2011年に品種登録され，全国的に作付面積が拡大しており，千葉県では2020年に早生品種「タチナガハ」の代替品種として大豆奨励品種に採用された．

一方，北方の品種を南方で栽培すると開花期の温度に

よる影響から，青立ち株が多発する傾向であることが示されており，北海道で育成された品種を千葉県で栽培した場合に青立ち株が多発した事例もある（小中・高橋，1965）．

野田市における「里のほほえみ」の現地適応性評価試験では，栽培年により中程度の青立ちが発生したことから，コンバイン収穫における汚粒の発生及び刈り遅れに伴う子実品質の低下が懸念される．

そこで，本研究では，千葉県県北地域の水田輪換畑における大豆「里のほほえみ」栽培で，播種期，窒素施用量及び栽植密度の栽培条件が，青立ち，倒伏，収量及び子実品質に及ぼす影響を明らかにした．併せて，成熟期後日数の経過が子実品質の低下に及ぼす影響についても検証したので報告する．

## II 材料及び方法

### 1. 耕種概要

全ての試験は千葉県野田市の輪換畑圃場（2021年が30a，2022年が20a）において，「里のほほえみ」を試して，2021年及び2022年の2か年で行った．圃場条件は，土壌分類が細粒質普通灰色低地土で，圃場内に暗渠施工があり，3年4作（水稻2年・麦・大豆）の輪作体系としている．

試験前には野田市の慣行体系と同様に，6月中旬頃にコンバインにより小麦を収穫した後，麦稈を焼却し，ロータリ耕で深度15cm程度に焼却残さをすき込んだ．播種は，生育調査に用いる畝には播種深度3cmで2粒ずつ人手により行い，手押しの覆土機及びローラーで覆土・鎮圧した．それ以外の畝にはクリーンシーダ（TP-10RA，アグリテクノサーチ（株）製）で1，2粒交互に播種した．出芽後は，生育が均一になるように間引きし，1本立ちとした．栽培期間の防除は現地慣行とした．

### 2. 試験区の設定

(1) 播種期が青立ち，倒伏，収量及び子実品質に及ぼす影響（試験1）

7月中旬から8月上旬にかけて3回の播種日を設けて試験区とした．試験区は1区当たり20m<sup>2</sup>とし，乱塊法により3反復で配置した．播種は，2021年は7月中旬区

2023年8月17日受領 (Received August 17, 2023)

2023年12月27日登載決定 (Accepted December 27, 2023)

\*1 現千葉県香取農業事務所改良普及課

\*2 農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センター

\*3 農業・食品産業技術総合研究機構作物研究部門

が7月13日, 7月下旬区が26日, 8月上旬区が8月6日, 2022年は7月中旬区が7月14日, 7月下旬区が27日, 8月上旬区が8月8日に実施した。

栽植条件は畝間40cm, 株間18cm(13.9本/m<sup>2</sup>)とした。施肥は, 播種1, 2日前に苦土石灰(粒状)40ka/10a及び高度化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=14-14-14)42.9kg/10a(10a当たり成分量(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=6.0kg:6.0kg:6.0kg))を基肥で施用した。

(2) 窒素施用量が青立ち, 倒伏, 収量及び子実品質に及ぼす影響(試験2)

千葉県北地域の大豆生産現場で使用されている2種類の肥料である高度化成肥料(14-14-14, 商品名:くみあい高度444号(片倉コープアグリ(株)製))及び肥効調節型肥料(25-10-8, うち被覆窒素17.3, 商品名:豆プロ一発(ジェイカムアグリ(株)製))をそれぞれ供試して, 10a当たりの窒素施用量を3kg, 6kg, 9kgとする3つの試験区を設けた。試験区は1区当たり21m<sup>2</sup>とし, 乱塊法により3反復で配置した。なお, 肥効調節型肥料の被覆窒素はL40(なし/40日), S60(30日/30日)及びS80(40日/40日)で構成されるものとした(カッコ内は溶出抑制期間/主溶出期間を示す。構成割合は非公表)。

リン酸及び加里の施用量は, 過リン酸石灰(0-17.5-0)及び塩化加里(0-0-60)を使用して9kg/10aに調整した。また, 全ての試験区に苦土石灰(粒状)を40kg/10a施用した。2021年は7月12日に施肥, 7月13日に播種し, 2022年は7月11日に施肥, 7月14日に播種した。

(3) 栽植密度が青立ち, 倒伏, 収量及び子実品質に及ぼす影響(試験3)

株間を18cmに統一して, 畝間30cm(18.5本/m<sup>2</sup>), 40cm(13.9本/m<sup>2</sup>), 50cm(11.1本/m<sup>2</sup>)とする3つの試験区を設けた。試験区は1区当たり14又は21m<sup>2</sup>とし, 乱塊法により3反復で配置した。

播種1, 2日前に苦土石灰(粒状)40kg/10a及び高度化成肥料(14-14-14)42.9kg/10a(10a当たり成分量(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=6.0kg:6.0kg:6.0kg))を基肥で施用した。播種は, 2021年7月13日, 26日, 2022年7月14日, 27日に実施した。

### 3. 調査方法

(1) 栽培期間の土壌及び気象条件

施肥前の圃場内土壌を対角線採土法により採取した。採取した土壌は, 水抽出法によりpH及びECを測定した。無機態窒素はKCl抽出法, 可給態リン酸はトルオーグ法及びICP発光法(5110 ICP-OES, アジレント・テクノロジー(株)製)で測定した。それ以外の分析項目はAUTO-CEC: ICP発光法(5110 ICP-OES, アジレント・テクノロジー(株)製)で測定した。また, 栽培期間に採土管で表層の土壌を4回採取し, 三相分布を調査した。土

壌水分計(Em50 データロガー, (株)METER社製)の電気抵抗式土壌水分センサー(EC-5)を試験1(7月中旬区)の株間に深度5cm及び30cmで設置し, 栽培期間の土壌の体積含水率(以下体積含水率とする)を10分毎に測定した。

メッシュ農業気象データシステムを用いて, 試験圃場の栽培期間における気温, 日照時間及び降水量を調査した。このときの調査地点は, 2021年がN:35.9699, E:139.8971であり, 2022年がN:35.9738, E:139.8863であった。

(2) 栽培期間の調査

出芽率を播種約7日後に調査した。出芽率は, 試験区毎に手播きした中央2列の20粒について出芽した個体を計数して算出した。開花期は全株数の40~50%が開花始めに達した日, 成熟期は莢の大部分が変色し, 品種固有の色を呈し, 振って音のする日と定めた。さらに, 慣行栽培ではコンバイン収穫時に汚粒発生が少ないとされる茎葉が黄化してから収穫するため, 本試験では株全体が黄化し茎にわずかに緑色が残る程度となった日を収穫日と定め, 後述の調査に供するため, 地下部が付いた状態で株ごと採集した。

また, 開花期頃及び開花期約30日後に1区当たり4株又は5株採集し, 常圧乾燥法(105°C, 24時間)により大豆株地上部の乾物重を測定し, 個体群成長速度(以下CGRとする)を算出した。

(3) 青立ち及び倒伏の発生調査

成熟期に青立ちの障害程度を試験区毎に達観で6段階評価した。また, 前述のように定めた収穫日に1区当たり20株において, 青立ち及び倒伏の障害程度(以下青立ち程度及び倒伏程度とする)を株毎に達観で6段階評価し, 青立ち及び倒伏の発生度(以下青立ち度及び倒伏度とする)を次式(i)でそれぞれ算出した。さらに, 青立ちの障害程度2以上の株を青立ち株とし, その発生率を算出した(ii)。

$$\text{発生度} = \sum (\text{障害程度} \times \text{程度別株数}) / (6 \times \text{全調査株数}) \times 100 \dots \dots \dots (i)$$

$$\text{青立ち株発生率} = \sum (\text{青立ち株数}) / (\text{全調査株数}) \times 100 \dots \dots \dots (ii)$$

このとき, 青立ちの障害程度は無(0):青立ちなし, 微(1):茎にわずかに緑色が残る, 少(2):茎に緑色が強く残る, 中(3):葉柄まで残る, 多(4):葉身まで残る, 甚(5):ほとんど落葉しないで評価し, 倒伏の障害程度は無(0):0~15°, 微(1):16~30°, 少(2):31~45°, 中(3):46~60°, 多(4):61~75°, 甚(5):76~90°で評価した。

(4) 坪刈り調査

収穫日に試験区毎に坪当たり的大豆株を採集した。着

莢株率は、着莢した株数を計測し、播種時の栽植密度から割合を算出した。子実重は、脱穀後に唐箕選により屑粒を取り除き、等級にかかわらず出荷できるものの重量を測定し、子実水分15%に換算した10a当たりの重量とした。

(5) 収量構成要素調査

主茎長、茎径、茎重量、地下部重量、主茎節数、分枝数、有効節数、株当たりの莢数、莢当たりの粒数及び百粒重は、試験区毎に連続した生育が中庸な10株を調査した。主茎長は地際から主茎の生長点までの高さ、茎径は子葉節及び第二節の節間の長径、茎重量は葉柄及び莢実を除いた地上部を常圧乾燥法(105℃, 24時間)により測定した乾物重、地下部重量は茎重量と同様の方法で測定した地下部の乾物重、主茎節数は子葉節から最上位節までの節数、分枝数は2以上の節数を有する1次分枝の数、有効節数は株当たりの着莢した節数、株当たりの莢数は株当たりの屑粒を含み稔実した莢数、m<sup>2</sup>当たりの莢数は株当たりの莢数をm<sup>2</sup>当たりに換算した値、莢当たりの粒数は莢当たりの屑粒を除いた粒数、百粒重は正品25gを秤量し計数した子実の含水率を穀類水分計(PM-830-2, (株)ケツト科学研究所製)を用いて測定し、その含水率を15%に換算した子実100粒当たりの重量とした(1区につき2回測定)。

(6) 品質調査

成熟期後の採集日毎に大豆株10株を採集し、その子実の裂皮粒、しわ粒及び割れ粒の発生率を調査した。裂皮粒は、皮切れの現象(ハの字型, 点型, 多条線形型)を問わず、皮切れ部分を合わせた長さが一筋で胴回り1/2程度以上のもので、かつ、幅3mm以上を被害粒とした。しわ粒は、子実の表面積1/2程度のちりめんじわ及び亀甲

じわを限界基準品と定め、それ以上を被害粒とした。割れ粒は、表皮が剥離したものまたは表皮の裂け目が胴1周程度のものを被害粒とした。

大豆子実中の粗蛋白質含有率は、近遠赤外分析装置Inframatic9500 (Perten Instruments, Sweden)により分析した。FAO及びWHOの報告書に基づき、窒素-蛋白質変換係数は6.25を用いた(FAO・WHO, 1973)。

(7) 統計処理

3. (3)以降の調査で得られたデータは、JMP (バージョン5.0.1J, SAS Institute Inc.)の2元配置分散分析により有意性を検定した後、Tukey-Kramer法により多重比較検定を実施した。なお、百分率及び指数で表記された項目は角変換した数値を多重比較検定に供した。

III 結 果

1. 栽培期間の土壌及び気象概況

播種後7日間の気象及び土壌水分条件は、平均気温が2021年は26℃程度であり、試験区間で差はほぼなかった(第1表)。一方、2022年は7月中旬区と比べて、7月下旬区は3.9℃, 8月上旬区は3.0℃高かった。深度5cmの体積含水率は、2021年7月中旬区は過度の乾燥状態であったが、7月下旬区及び8月上旬区はそれぞれ20.3%及び22.2%と湿潤であった。なお、2022年は正確な測定ができなかった。土壌の三相分布は、液相率及び気相率が両年とも20%以上であり、保水性及び排水性の観点で良好であった(第2表)。

播種日から開花期までの気象条件は、平均気温は7月中旬区及び7月下旬区が26~27℃程度で両年ともに同程度であったが、8月上旬区は7月中旬区と比べて両年

第1表 栽培期間の生育ステージ及び気象条件

実施年	試験区	播種～出芽				播種～開花					開花～成熟				収穫日 (月.日)	
		出芽率 (%)	体積 含水率 (%)	平均 気温 (℃)	降水量 (%)	開花期 (月.日)	日数 (日)	平均 気温 (℃)	日照 時間 (h/日)	降水量 (mm)	成熟期 (月.日)	日数 (日)	平均 気温 (℃)	日照 時間 (h/日)		降水量 (mm)
2021	7月中旬	100	-	26.2	49	8.16	34	26.2	6.9	266	11.3	79	20.3	4.8	360	11.8
	7月下旬	100	20.3	26.5	92	8.27	32	26.2	5.6	273	11.11	76	18.8	5.1	368	11.15
	8月上旬	98	22.2	26.5	65	9.11	36	24.3	4.0	285	11.21	71	17.0	5.7	272	11.26
2022	7月中旬	89		25.5	107	8.16	33	27.5	5.9	100	10.27	72	21.3	4.0	389	11.2
	7月下旬	89		29.4	10	8.27	31	27.4	5.6	64	11.6	71	19.4	4.6	381	11.18
	8月上旬	99		28.5	33	9.6	29	26.2	4.5	119	11.17	72	17.7	5.1	312	12.1

- 注1) 平均気温、降水量及び日照時間は当該期間におけるメッシュ気象データシステムの数値データの平均値。  
 2) 播種～出芽について、降水量は播種3日前から10日間の積算値。体積含水率は深度5cmにおける播種後約7日間の平均値。  
 3) 体積含水率のは、過度の乾燥状態により測定不能であった。

第2表 土壌の物理性及び化学性

実施年	三相分布			仮比重 (g/mL)	pH	EC (mS/cm)	風乾土100g当たりの含有量(mg)						
	固相率 (%)	液相率 (%)	気相率 (%)				硝酸態 窒素	アンモ ニア態 窒素	可給態 窒素	可給態 リン酸	交換性陽イオン 加里 石灰 苦土		
2021	36.5	40.3	23.2	1.0	6.3	0.05	1.8	1.7	3.0	7.8	35	208	44
2022	33.5	33.4	33.1	0.9	6.0	0.10	2.8	0.7	-	13.9	52	259	58

ともにやや低かった。日照時間は両年ともに播種日が遅いほど短かった。降水量は、2021年が266~285mmであり、試験区間で差が小さかった。一方、2022年が64~119mmと少なく、特に7月下旬区が極めて少なかった。

開花期から成熟期までの気象条件は、平均気温は両年ともに7月中旬区が20℃程度で最も高く、播種日が遅いほど低かった。日照時間は両年ともに播種日が遅いほど長かった。降水量は2021年が272~368mm、2022年が312~389mmであり、いずれの播種日も2022年は2021年と比べて多かった。

2. 播種期が青立ち、倒伏、収量及び子実品質に及ぼす影響(試験1)

出芽率は89~100%であり、両年ともに種子の合格基準である80%を上回った。なお、試験2及び試験3も同様に全ての試験区で80%を上回った(データ省略)。

生育ステージについて、播種日から開花期までの日数は両年とも7月中旬区及び7月下旬区は31~34日であったが、8月上旬区は2021年が2022年と比べて7日長かった。開花期から成熟期までの日数は2021年が71~79日で、播種日が遅いほど短かったが、2022年は71~72日と試験区間で差はなかった。いずれも生育に大きな

影響を及ぼす病害虫及び雑草害の発生は確認されず、生育は良好であった。

成熟期の青立ち程度はいずれも播種日が遅いほど大きくなる傾向であった(第3表)。特に2022年8月上旬区は青立ち程度が大きく、成熟期から収穫日まで14日要し、青立ち株発生率は32%であった。倒伏度は両年とも7月下旬区が7月中旬区と比べて高かった。地下部重量の対茎重量比は両年ともに8月上旬区が有意に高い傾向であった。特に青立ち程度“多”の2022年8月上旬区は40%を上回った。

粗蛋白質含有率は、両年ともに試験区間で有意な差はなかったが、7月中旬区と比べて7月下旬区及び8月上旬区は1~2%程度低かった。裂皮粒発生率は、2021年は播種日が早いほど高かったが、2022年は有意な差がなかった。なお、裂皮粒発生率は両年とも1%程度と極めて低かった。

坪刈り調査結果は、着莢株率が2021年は8月上旬区が有意に高かったが、2022年は90~93%と試験区間で同程度であった(第4表)。10a当たりの子実重は、両年ともに7月中旬区が最も多く、播種日が遅いほど少ない傾向であった。なお、7月中旬区は両年とも400kg弱で

第3表 播種期が障害、株重量及び莢実品質に及ぼす影響

実施年	試験区	青立ち程度	青立ち株発生率(%)	倒伏度	茎重量(Dw,g/株)	地下部重量(Dw,g/株)	同左対茎重量比(%)	粗蛋白質含有率(%)	裂皮粒発生率(%)
2021	7月中旬	少	22	20 b	12.1 a	3.2 a	26.8 b	48.4	1.3 a
	7月下旬	少	8	26 a	7.5 b	2.2 b	29.9 b	47.7	0.4 ab
	8月上旬	中	20	23 ab	5.2 c	1.9 b	36.4 a	47.0	0.1 b
	分散分析		ns	*	**	**	**	ns	*
2022	7月中旬	少	2 b	14 b	13.2 a	3.7 a	28.8 ab	46.1	0.7
	7月下旬	中	17 ab	38 a	13.5 a	3.4 ab	25.2 b	44.1	0.4
	8月上旬	多	32 a	23 ab	7.2 c	2.8 b	40.1 a	44.9	1.5
	分散分析		**	*	*	*	*	ns	ns

- 注1) 青立ちの障害程度は達観評価。青立ち及び倒伏の発生度は次式により算出。  
 発生度 = Σ (障害程度 × 程度別株数) / (6 × 全調査株数) × 100  
 2) 青立ち株発生率は20株当たりに青立ち程度2以上の株が占める割合。  
 3) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%で有意差あり、nsは有意差なし。  
 4) 多重比較では、\*は異なる英文字間に5%水準の有意差あり(Tukey-Kramer法)。

第4表 播種期が収量及び収量構成要素に及ぼす影響

実施年	試験区	着莢株率(%)	子実重(kg/10a)	主茎長(cm)	茎径(mm)	主茎節数(節/株)	分枝数(本/株)	有効節数(節/株)	莢数(莢/株)	粒数(粒/莢)	百粒重(g)
2021	7月中旬	94 b	392 a	58 a	9.1 a	13.7 a	2.8 a	22.9 a	50.1 a	1.70 a	39.9 a
	7月下旬	89 b	270 b	47 b	7.9 ab	12.2 b	3.7 a	20.0 b	39.0 b	1.69 b	33.9 b
	8月上旬	100 a	205 c	40 c	6.7 c	10.6 c	3.3 a	17.4 c	34.0 b	1.48 c	31.0 b
	分散分析	**	**	**	**	**	ns	**	**	*	**
2022	7月中旬	90	398 a	50 b	9.5	12.3 a	4.1 a	25.6 a	48.8 a	1.97	39.0
	7月下旬	92	361 ab	58 a	10.1	12.1 a	3.4 ab	22.0 ab	48.9 a	1.89	40.3
	8月上旬	93	309 b	40 c	8.7	10.0 b	2.7 b	16.1 b	34.3 b	1.94	38.9
	分散分析	ns	*	**	ns	**	**	**	**	ns	ns

- 注1) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%で有意差あり、nsは有意差なし。  
 2) 多重比較では、\*は異なる英文字間に5%水準の有意差あり(Tukey-Kramer法)。

同等であったが、8月上旬区との差は、2021年が187kgであったのに対して、2022年は91kgと小さかった。

収量構成要素調査結果は、2021年は分枝数を除いて全ての項目において播種日が遅いほど有意に低かった。2022年は7月下旬区の主茎長が最も長かったが、それ以外の項目は7月中旬区と比べて有意な差がなかった。8月上旬区は主茎長、主茎節数、分枝数、有効節数及び株当たりの莢数が両年とも有意に低かった。

試験区間の収量差が大きかった2021年は、莢当たりの粒数及び百粒重の数値は播種日が遅いほど小さかったが、2022年は同等であった。

### 3. 成熟期後日数が子実品質に及ぼす影響

試験1の7月中旬区において、2021年は成熟期23日後及び38日後、2022年は成熟期25日後及び40日後に大豆株を採集し、その子実の障害発生を調査した結果、2021年はいずれも日数の経過とともに発生率が高くな

る傾向であった(第5表)。特にちりめんじわ及び亀甲じわは有意に高くなり、成熟期38日後は双方とも5%を上回った。2022年も同様に成熟期後日数の経過とともに発生率が高くなる傾向であったが、2021年と比べて発生率はいずれも低かった。このとき、自然裂莢による収穫損失はほぼなかった(データ省略)。

### 4. 窒素施用量が青立ち、倒伏、収量及び子実品質に及ぼす影響(試験2)

施肥前の土壌分析結果は、2021年はpH 6.3、EC 0.05mS/cm、2022年はpH 6.0、EC 0.10mS/cmであり、両年ともに適正範囲であった(第2表)。また、風乾土100g当たりの窒素成分含有量について、2021年は硝酸態窒素1.8mg、アンモニア態窒素1.7mg、可給態窒素量3.0mgであった。2022年は硝酸態窒素2.8mg、アンモニア態窒素0.7mgであった。

生育ステージ、病害虫及び雑草害の発生状況は試験1と

第5表 成熟期後日数が子実障害発生率に及ぼす影響

実施年	成熟期後日数	採集日 (月.日)	子実障害発生率 (%)	同左内訳				降水量 (mm)	降雨日数 (日)
				ちりめんじわ (%)	亀甲じわ (%)	裂皮 (%)	割れ (%)		
2021	5	11.8	6.6 b	3.5 b	0.5 b	1.3	1.4	1	0
	23	11.26	14.8 ab	5.4 ab	3.7 ab	3.6	2.1	60	3
	38	12.10	18.7 a	7.2 a	5.1 a	3.8	2.6	182	7
	分散分析		*	*	**	ns	ns		
2022	6	11.2	0.9 b	0.1 b	0.1 b	0.7	0.0 b	0	0
	25	11.21	3.8 ab	2.6 ab	0.6 ab	0.4	0.1 ab	18	5
	40	12.6	8.0 a	3.5 a	2.3 a	1.5	0.6 a	86	12
	分散分析		**	**	*	ns	*		

- 注1) 降水量は成熟期から収穫日までの合計。降雨日数は1mm以上の降雨があった日数。  
 2) 成熟期前15日間の降水量は2021年が49mm、2022年が9mmであった。  
 3) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%で有意差あり、nsは有意差なし。  
 4) 多重比較では、\*は異なる英文字間に5%水準の有意差あり(Tukey-Kramer法)。

第6表 窒素施用量が障害、株重量及び莢実品質に及ぼす影響

肥料	実施年	窒素施用量 (kg/10a)	CGR (g/m <sup>2</sup> /d)	地上部重量 (Dw.g/株)	青立ち度	青立ち株発生率 (%)	倒伏度	茎重量 (Dw.g/株)	地下部重量 (Dw.g/株)	同左 対茎重量比 (%)	粗蛋白 含有率 (%)	裂皮粒 発生率 (%)
高度化成	2021	3	16.3 ab	44.7 ab	2	3	27	10.6	3.3	31.4 a	47.9	0.2
		6	17.6 a	49.7 a	4	8	29	10.8	3.0	28.1 b	47.6	0.5
		9	11.9 b	39.2 b	2	5	28	10.9	3.0	27.3 b	47.5	0.6
	分散分析		**	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
	2022	3	15.1	40.1	9	8	12	11.6	2.9	25.4	45.4	0.3
		6	20.8	52.4	8	12	18	14.1	3.3	23.3	44.7	0.5
		9	14.1	39.8	12	23	19	13.9	3.4	24.7	44.1	1.0
	分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	肥効調節型	2021	3	15.9	44.8	3	7	27	11.0 b	3.1	28.1	48.0
6			16.6	46.8	5	8	29	11.5 ab	3.1	27.3	47.7	0.0
9			16.8	47.8	1	2	29	12.2 a	3.1	25.6	47.8	0.3
分散分析			ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
2022		3	15.8	41.7	8	12	15	13.4	3.0	22.6	45.6	0.0
		6	15.7	41.8	10	12	16	14.5	3.5	24.2	44.9	0.3
		9	16.3	45.9	9	13	21	14.7	3.5	23.7	45.3	0.7
分散分析			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

- 注1) CGRは1日当たりの個体群成長速度を次式により算出。  
 $CGR = (\text{開花期約30日後の地上部重量} - \text{開花期の地上部重量}) / m^2 \text{当たりの栽植本数} / \text{調査日間の日数}$   
 2) 青立ち及び倒伏の発生度は次式により算出。発生度 =  $\Sigma (\text{障害程度} \times \text{程度別株数}) / (6 \times \text{全調査株数}) \times 100$   
 3) 青立ち株発生率は20株当たりに青立ち程度2以上の株が占める割合。  
 4) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%で有意差あり、nsは有意差なし。  
 5) 多重比較では、\*は異なる英文字間に5%水準の有意差あり(Tukey-Kramer法)。

概ね同等であった(データ省略)。収穫日は2021年11月8日及び2022年11月2日とした。

高度化成肥料では、開花期後のCGRは両年とも窒素施用量6kg区が最も高い傾向であり、株当たりの地上部重量が約50gと重かった(第6表)。収穫日の青立ち度、青立ち株発生率及び倒伏度は両年ともいずれも試験区間で有意な差がなく同等であった。地下部重量は試験区間で両年とも有意な差がなかったものの、対茎重量比は2021年窒素施用量3kg区が有意に高かった。また、品質調査について、粗蛋白質含有及び裂皮粒発生率はいずれも有意な差がなく同等であった。

肥効調節型肥料では、開花期後のCGR及び株当たりの地上部重量は両年ともいずれも試験区間で有意な差がなく同等であった。収穫日の青立ち度、青立ち株発生率

及び倒伏度はいずれも試験区間で有意な差がなく同等であった。地下部重量は両年とも試験区間で有意な差がなく、対茎重量比は同等であった。品質調査について、粗蛋白質含有及び裂皮粒発生率はいずれも有意な差がなく同等であった。

坪刈り調査結果及び収量構成要素結果は高度化成肥料及び肥効調節型肥料ともにいずれも試験区間で有意な差がなかった(第7表)。

### 5. 栽植密度が青立ち、倒伏、収量及び子実品質に及ぼす影響(試験3)

生育ステージ、病害虫及び雑草害の発生状況は試験1と概ね同等であった(データ省略)。開花期後のCGR及びm<sup>2</sup>当たりの地上部重量の数値は、畝間50cm区が他の区と比べて低い傾向であった(第8表)。特に2021年7月

第7表 窒素施用量が収量及び収量構成要素に及ぼす影響

肥料	実施年	窒素施用量(kg/10a)	着莢株率(%)	子実重(kg/10a)	主茎長(cm)	茎径(mm)	主茎節数(節/株)	分枝数(本/株)	有効節数(節/株)	莢数(莢/株)	粒数(粒/莢)	百粒重(g)
高度化成	2021	3	95	382	55	8.8	12.4	3.0	23.5	44.3	1.76	43.0
		6	90	388	53	9.2	13.2	2.6	20.9	45.4	1.77	41.5
		9	92	381	53	9.2	12.8	3.0	19.8	42.7	1.71	42.7
	分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2022	3	97	371	59	8.9	12.4	3.2	21.5	38.2	1.95	37.2
		6	98	349	57	9.1	13.3	3.9	24.8	45.2	1.93	36.5
9		91	346	53	9.3	12.7	3.3	21.6	45.6	1.87	38.4	
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
肥効調節型	2021	3	92	365	55	9.0	13.5	3.1	21.2	45.8	1.69	41.4
		6	89	362	54	9.0	13.2	3.1	21.4	48.3	1.68	42.3
		9	92	383	55	9.3	13.3	3.2	22.5	49.6	1.70	42.0
	分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	2022	3	96	360	58	9.3	11.4	3.8	22.5	44.5	1.89	40.2
		6	97	379	59	9.5	12.1	3.3	21.9	45.8	1.87	37.9
9		99	362	59	9.4	11.9	3.3	22.4	50.7	1.74	40.9	
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

注1) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%で有意差あり、nsは有意差なし。

2) 多重比較では、異なる英文字間に5%水準の有意差あり(Tukey-Kramer法)。

第8表 栽植密度が障害、株重量及び莢実品質に及ぼす影響

実施年	播種期	畝間(cm)	CGR(g/m <sup>2</sup> /d)	地上部重量(Dw,g/株)	地上部重量(Dw,g/m <sup>2</sup> )	青立ち度	青立ち株発生率(%)	倒伏度	茎重量(Dw,g/株)	地下部重量(Dw,g/株)	同左対茎重量比(%)	茎重量(Dw,g/m <sup>2</sup> )	地下部重量(Dw,g/m <sup>2</sup> )	粗蛋白質含有率(%)	裂皮粒発生率(%)
2021	7月中旬	30	20.9	44.4	822	7.6	18.3	20.7	11.1	3.0	26.5	205	54.6	48.1	1.0
		40	17.6	51.3	713	4.9	10.0	26.7	12.1	3.1	25.6	168	42.6	48.7	3.2
		50	19.8	60.9	676	6.7	15.0	31.6	12.6	3.0	23.8	140	33.4	48.3	1.1
	分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	7月下旬	30	21.9	43.5	804 a	0.9	1.7	37.8	6.2 b	2.1	34.1	115 a	39.3	48.8	0.6
		40	16.8	44.8	622 ab	0.9	3.3	33.1	7.3 ab	2.0	27.7	102 ab	28.2	48.2	0.7
50		11.7	40.6	451 b	0.9	1.7	31.6	8.1 a	2.2	27.1	90 b	24.3	49.0	0.2	
分散分析		ns	ns	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	
2022	7月中旬	30	17.6	34.0	629	4.7	8.3	13.3	10.4 b	2.7	26.1	193	50.3	45.0	0.2
		40	18.1	47.0	654	7.1	13.3	15.1	12.6 ab	2.9	22.9	175	39.8	46.0	0.1
		50	18.5	54.3	603	4.7	8.3	8.7	15.2 a	3.7	24.5	168	41.3	45.9	0.1
	分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	7月下旬	30	21.4	44.3	820	8.9	20.0	34.7	12.3	3.2	28.4	228	59.5	45.2	0.0
		40	21.1	59.0	820	9.1	16.7	32.4	12.2	4.1	33.5	170	56.9	45.0	0.0
50		17.6	61.5	683	15.8	30.0	28.7	13.8	4.3	30.8	153	47.4	45.8	0.1	
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

注1) CGRは1日当たりの個体群成長速度を次式により算出。

CGR=(開花期約30日後の地上部重量-開花期の地上部重量)/m<sup>2</sup>当たりの栽植本数/調査日間の日数

- 2021年7月中旬播種の地上部重量は1反復の調査結果。統計処理は未実施。
- 青立ち及び倒伏の発生度は次式により算出。発生度=Σ(障害程度×程度別株数)/(6×全調査株数)×100
- 青立ち株発生率は20株当たりで青立ち程度2以上の株が占める割合。
- m<sup>2</sup>当たりの地上部重量、茎重量及び地下部重量は、株当たりの各重量×各試験区の栽植密度で算出した数値。
- 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%で有意差あり、nsは有意差なし。
- 多重比較では、異なる英文字間に5%水準の有意差あり(Tukey-Kramer法)。

第9表 栽植密度が収量及び収量構成要素に及ぼす影響

実施年	播種期	畝間 (cm)	着莢 株率 (%)	子実重 (kg/10a)	主茎長 (cm)	茎径 (mm)	主茎 節数 (節/株)	分枝数 (本/株)	有効 節数 (節/株)	莢数 (莢/株)	莢数 (莢/m <sup>2</sup> )	粒数 (粒/莢)	百粒重 (g)
2021	7月中旬	30	92	427 a	61	8.9	13.7	2.2	19.5	42.6	787	1.74	44.5
		40	86	347 b	64	8.5	13.3	2.3	21.5	44.9	625	1.61	45.1
		50	99	370 ab	61	8.7	13.5	3.0	23.2	46.4	515	1.72	42.6
	分散分析		ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	7月下旬	30	94	293	46	7.2	11.6	2.9	17.6	33.3 b	617 a	1.72	33.9
		40	92	293	43	7.6	11.5	3.2	19.7	41.2 ab	573 ab	1.69	34.9
50		94	284	41	8.1	11.7	3.5	21.0	47.8 a	531 b	1.75	33.1	
分散分析		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	ns	
2022	7月中旬	30	84	327	62	8.2 b	12.5	2.6 b	18.8	33.9 b	628	1.93	36.6
		40	93	362	54	8.4 ab	11.9	3.3 ab	21.4	45.5 ab	632	1.95	38.4
		50	95	362	55	9.6 a	13.3	4.0 a	24.8	53.0 a	589	1.93	38.9
	分散分析		ns	ns	ns	**	ns	**	ns	**	ns	ns	ns
	7月下旬	30	86 b	313	54 a	8.9	11.7	3.2	17.9	38.7 b	716 a	1.92	40.0
		40	92 ab	351	52 ab	9.4	11.3	3.4	20.9	48.3 a	671 ab	1.88	41.6
50		96 a	335	49 b	9.9	11.5	3.6	22.6	50.4 a	559 b	1.91	40.6	
分散分析		*	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	

注1) m<sup>2</sup>当たりの莢数は、株当たりの莢数×各試験区の栽植密度で算出した数値。

2) 分散分析において、\*\*は1%水準で有意差あり、\*は5%で有意差あり、nsは有意差なし。

3) 多重比較では、異なる英文字間に5%水準の有意差あり (Tukey-Kramer 法)。

下旬播種の畝間 50cm 区は CGR が 11.7 と少なく、m<sup>2</sup> 当たりの地上部重量が有意に低かった。

収穫日の青立ち度、青立ち株発生率及び倒伏度は両年ともにいずれも試験区間で有意な差がなかったが、2022 年の 7 月下旬播種は青立ち度が最も高く、青立ち株発生率は畝間 50cm 区で 30% と高かった。茎重量及び地下部重量は、畝間 50cm 区は畝間 30cm 区と比べて、株当たりの重量が重く、m<sup>2</sup> 当たりの重量が軽い傾向であり、2021 年 7 月下旬播種の茎重量は有意な差があった。対茎重量比は試験区間で有意な差がなく同等であった。また、品質調査では、粗蛋白含有率及び裂皮粒発生率はいずれも試験区間で有意な差がなく同等であった。

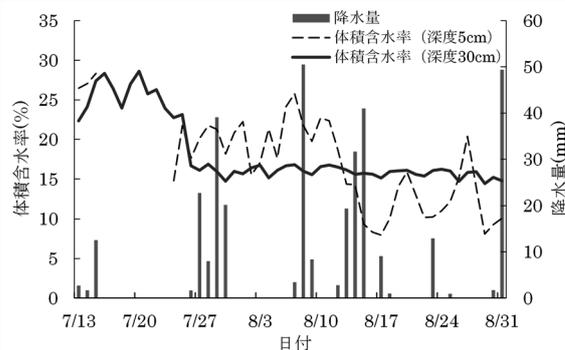
坪刈り調査結果は、10a 当たりの子実重が 2021 年 7 月中旬播種は畝間 30cm 区が有意に重かったが、それ以外の播種日はいずれも試験区間で同等であった。このとき、2021 年 7 月中旬播種の畝間 30cm 区は m<sup>2</sup> 当たりの茎重量、地下部重量及び莢数が他の播種日と比べて値が大きく、さらに試験区間の差が大きかった。着莢株率は、2022 年が畝間 30cm 区は畝間 40cm 区及び 50cm 区と比べて低い傾向であった。

収量構成要素調査結果は、2022 年 7 月中旬播種を除き、畝間が狭いほど主茎長は長く、茎径は細くなる傾向であった (第 9 表)。また、分枝数、有効節数及び株当たりの莢数はいずれも畝間が狭いほど少なくなる傾向であった。一方、m<sup>2</sup> 当たりの莢数はいずれも畝間が狭いほど多くなる傾向であり、7 月下旬播種は畝間 30cm 区が畝間 50cm 区と比べて有意に多かった。莢当たりの粒数及び百粒重は有意な差がなく同等であった。

#### IV 考 察

##### 1. 土壌水分と出芽率

大豆の発芽不良は、播種後の降雨に伴う土壌水分過剰や湛水による急激な水分吸収がその発生要因とされている (農林水産技術会議事務局, 2002)。試験 1 において、2021 年は播種前後 10 日間の降水量が 7 月下旬区は 92mm と特に多かったものの、深度 5cm の体積含水率はいずれも概ね 30% 以下で推移し (第 1 図)、出芽率が種子出荷基準の 80% を上回った。このことから、暗渠等で排水性が確保され、気相率 20% 以上の土壌条件であれば、100mm 程度の降水量が出芽に及ぼす影響は少ないことが示唆された。



第1図 生育初期における土壌の体積含水率及び降水量の推移 (測定期間: 2021年7月13日~9月1日)

注) 深度 5cm の線なしは、過度の乾燥状態により測定範囲外であった。

さらに、2021 年 7 月中旬区は出芽までの平均気温が 8 月上旬区と同等に高く、体積含水率が低く推移したものの、出芽率は 100% であった。このことから、深度 3cm

で播種し鎮圧することで、播種3日後以降における乾燥状態が出芽に及ぼす影響は少ないことが示唆された。

## 2. 青立ち

青立ちの発生要因は多数報告されている。発生要因の一つとして、生殖生長期間の高温環境が助長した（農林水産技術会議事務局, 2002）とされる一方、望月ら（2005）は、高温は大豆の莢実器官の発達と収量形成に悪影響を与えるが、青立ちの発生増加につながる直接的な原因でなかったとしている。試験1では、開花期以降の平均気温が低かった播種日が遅い区ほど青立ち程度が大きくなり、望月らと矛盾しなかった。

暗渠施工した輪換畑において、大豆栽培期間の地下水位を測定した試験では、9月は平均気温の低下に加え、降水量が153mmと多かったことから、地下水位が8月と比べて上昇した事例がある（清水ら, 2015）。本試験も9月の降水量は2021年が100mmであったのに対し、2022年は249mmと多く、2022年は2021年に比べて地下水位が高かったと考えられる。さらに、試験1の2022年8月上旬区は地下部重量に対する茎重量比が40%とより早い播種期に比べて高く、地下部が発達していた。土壌の湿潤条件や根系の発達により吸水力が維持されることで、青立ちが多くなることが示されており（佐賀農試セ, 2005, 島田ら, 2007）、試験1でも同様の要因で青立ちの発生が助長されたと推察された。

試験2及び試験3では、青立ち度及び青立ち株発生率はともに試験区間で有意な差はなかった。このことから、本試験の設定範囲において窒素施用量及び栽植密度が青立ちの発生に及ぼす影響は少ないことが示唆された。

本試験では、いずれの試験区も成熟期後の日数経過とともに茎葉は徐々に黄化及び落葉したが、株単位で青立ちの発生が見られ、収穫日に青立ち株発生率20%を上回る試験区が複数あった。青立ち発生圃場において、転流型コンバイン（HC300型）で収穫作業を行う場合、青立ち株が散在して約16%以上発生した圃場では品質検査規格の等級格下げの要因となる汚粒（汚粒指数0.5以上）が発生したとされる（守出ら, 2006）。本試験では転流型コンバインによる汚粒発生への影響は調査していないものの、現場において青立ち株発生率が16%以上の場合、収穫作業の延長により茎葉水分を低下させることまたは収穫直前の抜き取り作業が必要であると考えられた。

## 3. 倒伏

試験1では、倒伏度が7月中旬区は7月下旬区と比べて両年ともに低かったものの、主茎長など草姿に関わる項目との相関は見られなかった。倒伏について、開花期以降の風速または第6葉期から開花期までの主茎伸長量が倒伏角度に及ぼす影響が大きいと報告されていることから（今野・本間, 2022）、本試験における倒伏の要

因は草姿によるものではないことが示された。

試験2及び試験3では、倒伏度は試験区間で有意な差がなかったことから、本試験の設定範囲において窒素施用量及び栽植密度が倒伏に及ぼす影響は少ないことが示唆された。

## 4. 収量性

試験1では、2021年8月上旬区が最も着莢株率が高かったものの、両年とも播種日が遅くなるほど主茎節数、有効節数及び株当たりの莢数が減少し、収量が低下した。このため、播種期は7月中旬が適していると考えられた。

一方、生産現場では梅雨の長雨による小麦の収穫作業及び大豆の播種作業の遅れで、8月以降にも大豆を播種する場合がある。試験1において、8月上旬までであれば、国が掲げる目標収量である200kg/10aを確保できた。しかしながら、2021年のように、莢当たりの粒数が少ないというに、百粒重が軽く、子実肥大が不十分な場合は、収量が大きく低下する可能性があることが示唆された。このことについて、今野らは栄養生長期初期の湿潤条件により乾物生産が抑制され、低収要因となることを報告しており（今野ら, 2020）、2021年は生育初期の降水量が多かったため、株の生長及び乾物生産が抑制され、子実肥大が不十分であったのではないかと推察された。

試験2では、施肥前は作土10cmの風乾土100g（仮比重1.0）当たりの可給態窒素量は3mg程度で、施肥によりさらに3~9mg供給されたが、高度化成肥料及び肥効調節型肥料ともに試験区間で収量差は小さかった。大豆栽培において、土壌中に施肥窒素、特に硝酸態窒素が増加すると、根粒の着生及び窒素固定活性が抑制されるため、窒素施用量に対する収量の反応が鈍くなるとされる（農林水産技術会議事務局, 2002）。これらのことから、10a当たりの窒素施用量は3kgが適正であると考えられた。

試験3では、畝間30cm区は畝間50cm区と比べて、 $m^2$ 当たりの莢数がいずれも多く、2021年7月中旬播種は10a当たりの子実重が重かった。一方、その他の播種日は10a当たりの子実重は同等または低い傾向であった。このとき、2021年7月中旬播種に比べて、その他の播種日では、畝間30cm区について、 $m^2$ 当たりの莢数の畝間40cm区及び畝間50cm区との差が小さいことに加え、2022年は着莢株率が低かった。このことについて、大豆の落花及び落莢は、植物体内での光合成産物の競合により花器への光合成産物の供給不足に起因すると推定されており（農林水産技術会議事務局, 2002）、隣接する株同士の相互遮蔽効果による生長阻害の影響が考えられた。2021年7月中旬播種を除き、畝間30cm区ではこの影響を受けて大豆株が軟弱に生長し、さらに植物体内での光合成産物の競合による落花及び落莢が助長されたことで、欠株又は無着莢株が増加し、10a当たりの子実重が低下した

のではないかと推察された。

また、大豆の欠株における収量補償作用は、減収を補填するには不十分であることが示されており（高橋ら，2016），本試験においても着莢株率が低下した区では同様に収量が補償されなかったのではないかと考察された。

以上のことから、本試験と同等の圃場条件において $m^2$ 当たり11.1～18.5株の栽植密度が収量性に及ぼす影響は明らかにならなかった。

### 5. 子実品質

大豆の栽培条件が子実品質に及ぼす影響について、蛋白質等内容成分の蓄積は肥料要素及び気温が影響を及ぼすこと（昆野，1976），裂皮粒はソース過剰状態（内川ら，2006）及び「里のほほえみ」の早播き（中山ら，2018）により多発しやすいことがこれまでに報告されている。しかし、全ての試験で粗蛋白質含有率及び裂皮粒発生率は試験区間で差がなかったことから、県北地域の「里のほほえみ」栽培において、播種期、窒素施用量及び栽植密度が本試験の設定範囲で子実品質に及ぼす影響は少ないことが示された。

成熟期以降の子実品質の低下について、両年とも成熟期後日数が経過するにつれ、いずれの障害も増加し、特にちりめんじわ及び亀甲じわが発生しやすいことが示唆された。また、2021年は2022年と比べて、成熟期前から3回目の収穫日までの降水量が多く、障害発生率は降水量の影響が大きいことが示唆された。このとき、調査項目以外の病害粒等を全て除去したと仮定して、農産物検査における1等条件である障害発生率20%を下回ったが、成熟期後30日を超えると腐敗粒等により外観品質が低下し（今本・園府，2016），収量の低下につながるものが懸念される。そのため、品質維持及び収量を確保するためには成熟期後30日以内の収穫が適切であることが推察された。

なお、試験1で青立ち程度“多”の2022年8月上旬区は、成熟期14日後に収穫を迎えた。本試験では「里のほほえみ」の自然裂莢はほとんどなかったことから、青立ちにより収穫が遅れた場合も、成熟期後30日以内であれば収量及び等級を概ね維持したまま収穫できることが示唆された。

## V 謝 辞

本研究の実施にあたり調査に御協力いただいた野田市の生産者及び東葛飾農業事務所に深謝の意を表す。

## VI 摘 要

本研究では、千葉県県北地域の水田輪換畑の大豆「里

のほほえみ」栽培における播種期、窒素施用量及び栽植密度の栽培条件が青立ち、倒伏、収量及び子実品質に及ぼす影響を明らかにした。

1. 7月中旬から8月上旬までの播種期において、10a当たりの子実重は7月中旬が最も多かった。このとき、播種期が遅くなるほど低収になるとともに、青立ち程度が大きくなった。一方、8月上旬に播種した場合も200kgを上回ることが示された。
2. 窒素施用量について、10a当たり3～9kgでは、収量性及び青立ちの発生に及ぼす影響がほとんどなく、10a当たりの窒素施用量は3kgが適していることが示された。
3. 栽植密度について、株間18cm、畝間30～50cmの狭畦栽培としたときに、畝間30cmは畝間50cmと比べて $m^2$ 当たりの莢数が多く、増収する場合がある一方で、隣接する株同士の相互遮蔽効果により着莢株率が低下し、増収しない場合もあり、 $m^2$ 当たり11.1～18.5株の栽植密度が収量性に及ぼす影響は明らかにならなかった。
4. 播種期、窒素施用量及び栽植密度が倒伏及び子実品質に及ぼす影響はほとんどなかった。また、青立ちにより収穫日が遅くなった場合も、成熟期後30日以内であれば、収量及び等級について成熟期の状態を概ね維持して収穫できることが示された。

## VII 引用文献

- 千葉県(2023)令和5年千葉県の園芸と農産. p.43-50.
- FAO・WHO(1973) Energy and protein requirements. WHO Technical Report Series No.522. FAO Nutrition Meetings Report Series No.52.
- 今本裕士・園府尚夫(2016)「里のほほえみ」の収穫適期の判断基準の検討. 北陸作物学会報 51: 18-20.
- 菊池彰夫・足立大山・加藤 信・河野雄飛・中村茂樹・堺哲文・島田信夫・島田尚典・田淵公清・高橋浩二・高田吉丈・湯本節三(2011)倒伏に強く大粒良質で高蛋白質なダイズ新品種「里のほほえみ」の育成. 東北農研セ研報 113: 1-15.
- 小中伸夫・高橋芳雄(1965)北海道産大豆品種の暖地における異常登熟について. 日作紀 34: 492.
- 昆野昭晨(1976)ダイズの子実生産機構の生理学的研究. 農技研報 D27: 139-295.
- 今野智寛・青木政晴・藤井清孝・藤本順子・蓮川博之・樋口俊輔・伊藤淳次・加藤知美・川原田直也・工藤忠之・久野智香子・三原美雪・道上信宏・水谷嘉之・森崎耕平・森谷真紀子・持永亮・向井吉崇・中村憲治・中野恵子・仲谷敦志・新良力也・岡本潔・大橋優二・

- 大島正稔・大塩哲視・新谷浩樹・田畑茂樹・高橋智紀・竹下美保子・谷川法聖・上原敬義・南雲芳文・山崎大貴(2020)FAO56 モデルを用いた土壌の乾湿指標によるダイズ乾湿害の実態解析. 日作紀 89: 337-345.
- 今野智寛・本間香貴(2022)ダイズ倒伏における主茎伸長と風速の影響評価. 日本作物学会第254回講演会 p. 36.
- 中山則和・細野達夫・大野智史・山本 亮(2018)ダイズ品種「里のほほえみ」における裂皮粒の発生に及ぼす播種時期の影響. 日作紀 87: 183-191.
- 農林水産技術会議事務局(2002)大豆-自給率向上に向けた技術開発-. p. 130-144, 157-178, 291-300. 農林統計協会, 東京.
- 農林水産省(2020)食料・農業・農村基本計画. [https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k\\_aratana/](https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/) 最終アクセス 2023年12月4日
- 望月 篤・堀江 武・中川博視・白岩立彦(2005)生殖成長期間の温度条件がダイズの生殖器官の発達と莢先熟の発生に及ぼす影響. 日作紀 74: 339-343.
- 守出和弘・荒井清完・岩井昭衛・鍋島弘明・野村幹雄・高橋 渉(2006)大豆コンバイン収穫における青立ち株が汚粒指数に及ぼす影響. 北陸作物学会報 41: 107-109.
- 佐賀県農業試験研究センター(2005)大豆青立ちの発生要因. 九州農研セ研報 21: 25.
- 島田信二・春口真一・服部 誠・神崎正明・金榮厚・中村卓司・中山則和・大矢徹治・島村 聡・高橋 幹・山本 亮(2007)大豆の青立ち発生には成熟期の根系吸水力の維持が関係する. 中央農研セ研報. 技 41.
- 清水真理子・石田哲也・野地正昭(2015)ダイズ畑における地下水位制御が地下水位および土壌水分に与える影響. 第59回北海道開発技術研究発表会. 技 67.
- 高橋真実・中山則和・大野智史・関 正裕・高橋明彦・山本亮(2016)水田転換畑で栽培されるダイズの欠株に対する収量補償作用. 日作紀 85(1): 51-58.
- 内川 修・福島裕助・松江勇次・佐藤大和・田中浩平(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.

The effects of sowing time, amount of nitrogen applied, and planting density on the straight head, lodging, yield, and seed quality of the soybean cultivar "Satonohohoemi" in an upland field converted from a rice field in the northern part of Chiba Prefecture, Japan.

Tetsushi OKUHATA\*, Takahisa TANAKA<sup>†1</sup>, Sachi MIYAYOSHI<sup>†1</sup>, Masayasu SARUTA<sup>†2</sup>, Yohei NANJOH<sup>†3</sup>, Toshio ANDO<sup>†1</sup> and Yuya TAKEDA<sup>†1</sup>

Key words: soybean, *Satonohohoemi*, upland field converted from paddy, multiple-ridging cultivation, straight head

### Summary

We investigated the effects of sowing time, amount of nitrogen to application, and planting density on straight head, lodging, yield, and seed quality of the soybean cultivar "Satonohohoemi" in an upland field converted from rice fields in the northern part of Chiba Prefecture, Japan.

1. The highest yield per 10 a was obtained when sowing was carried out in mid-July. The later the sowing time, the lower was the yield per 10 a and the greater the degree of straight heads. On the other hand, the yield exceeded 200 kg per 10 a when sown in early August.
2. Nitrogen application rates above 3 kg per 10 a and up to 9 kg per ha had little effect on yield potential and straight head development, showing 3 kg of nitrogen per 10 a to be adequate.
3. When planting density was such that the hill distance was 18 cm and the row distance was 30 - 50 cm, the number of pods per square meter was greater at a row distance of 30 cm. On the other hand, in some cases, the percentage of podded plants and yield was lower due to the mutual shading effect between adjacent plants. Therefore, in this study, we did not fully elucidate the effect of planting densities of 11.1 - 18.5 plants per square meter on yield potential.
4. Sowing time, amount of nitrogen applied and planting density had little effect on lodging, crude protein content, or the percentage of seed coat cracking. Even if the harvest date was delayed due to direct setting, the yield and grade generally remained at the same level as at the ripening stage for 30 days after ripening.

\* Chiba Prefectural Katori Agriculture Office; 99-11, I, Sawara, Katori 287-0003, Japan.

†<sup>1</sup> Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center

†<sup>2</sup> Western Region Agricultural Research Center, NARO

†<sup>3</sup> Institute of Crop Science, NARO