

## 関東地域の有機栽培に適したダイズ品種の特性および栽培体系

田澤純子・三浦重典

(農研機構中央農業総合研究センター)

**要旨:** わが国の有機ダイズの生産量は需要に対して少なく、生産拡大のための有機栽培技術の確立が求められている。茨城県つくば市における3年間の無農薬無化学肥料栽培条件下のダイズ栽培試験において得られた結果から、有機栽培に向けた品種特性および栽培体系の構築に関する知見を得た。早晩性の異なる4品種を比較したところ、中晩生や晩生のダイズ品種では早生品種より整粒重が高く、対慣行区比も高い傾向にあった。開花盛期までの栄養成長期には有機区と慣行区の間に生育量の差はみられなかったが、子実肥大中期には有機区では慣行区よりカメムシ等による吸汁害率が高まり、莢乾物重が低かった。早生のタチナガハと晩生のフクユタカの播種時期を4水準とし、各種要因と整粒重の関係をみたところ、有機区ではタチナガハでは8月中旬に、フクユタカでは8月上旬に開花期を迎えた場合に整粒重が最も高かった。特にフクユタカは7月中旬までに播種し、8月中に開花期を迎えれば200 g m<sup>-2</sup>以上の整粒重が得られると推察された。有機区では成熟期の子実の吸汁害率は播種時期が遅くなるほど低くなる傾向が認められたが、食害粒率は極晩播で高まった。これらのことから、関東地域のダイズ有機栽培では、早生品種を標準播種適期よりやや遅い7月中旬ごろに播種するか、もしくは晩生の品種を7月上旬、遅くとも中旬までに播種する栽培体系が適しており、それにより収量ポテンシャルを維持しつつ虫害等を回避できると考えられた。

**キーワード:** 開花期、ダイズ、播種期、晩生、晩播、有機栽培。

日本における有機農業に関しては、2006年に「有機農業の推進に関する法律」(有機農業推進法)が制定され、国として有機農業の拡大を図ることが謳われている。また、2014年4月に農林水産省より公表された「有機農業の推進に関する基本的な方針」では、おおむね2018年度までにわが国の耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を倍増(1%)とする目標を掲げている。しかし現状では全体の農耕地に占める有機作付面積の割合は0.36%に過ぎず、JAS有機認定圃場に至っては0.2%である(MOA自然農法文化事業団2011)。JAS有機認定事業者による国内の格付け実績の内訳を見ると、野菜(41524 t)、米(11035 t)、果物(2769 t)、茶(1897 t)が大部分を占めており、ダイズは1088 tとごく少量で、ここ数年横ばいで推移している(農林水産省2015)。一方、JAS有機認定ダイズ輸入量は約16000 tと多いことから、需要が高いにもかかわらず国内での生産量は不足している状況であると言える。ダイズは慣行栽培でも適期の播種や雑草、病虫害防除などを的確に実施する必要があるが、有機栽培では農薬や化学肥料を使用せず雑草や病虫害などへの対応が求められ、現状ではダイズの汎用的な有機栽培技術が確立しているとは言い難い。

ところで、現在の有機農業は、先駆的農家の経験則に基づき栽培体系および栽培技術が構築されていることが多く、それらを活かした新技術の開発とともに、そのような技術に対する科学的な裏付けを深める研究が進められている。例えば、水稲作では有機栽培で最も深刻な問題の一つ

である雑草対策として、深水管理(佐々木ら1990)、米ぬかなど有機物の散布(中井・鳥塚2009, Nozoeら2012)、高精度水田用除草機による機械除草と米ぬか散布を組み合わせた除草方法(吉田ら2010)などの技術の研究、開発が進められている。病虫害対策としては、籾殻灰等ケイ酸質資材を施用することでカメムシによる斑点米の発生が減少することが明らかにされている(櫻井2011)。これに対してダイズについては、現在のところ有機栽培に関する研究例がほとんどない。有機条件下でのダイズの栽培特性に関する研究については、三浦ら(2010)がダイズ5品種について収量を比較し、有機栽培適性に関して品種間差があり、晩生の品種ほど収量が安定しており対慣行比が高いことを示している。その要因として、病虫害による被害の減少を推察しているが、それについての詳細な解析は行われていない。

ダイズの虫害に関しては、以前よりダイズの結実障害要因としてカメムシ類が挙げられており、ホソヘリカメムシやイチモンジカメムシ等による被害が大きい(池田・深沢1983, 河野1989)。通常の慣行栽培では最適期に薬剤防除することによって被害は最小限に抑えられている(池田・深沢1983)。しかし、有機栽培では化学農薬が使用できないため、耕種的防除法によるカメムシ害の回避が重要になる。佐藤・西川(1952)は、有機栽培条件ではないが、夏ダイズ、秋ダイズともに播種時期が遅くなるほど被害粒率が低下することを示している。また、子実害虫としてはカメムシ類以外にシロイチモジマダラメイガやマメシンクイ

第1表 使用した試験圃場の履歴および土壌化学性.

	試験年度	全窒素 (%)	全炭素 (%)	有効態リン酸 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	カリウム (mg 100 g <sup>-1</sup> )	pH	前々作 (夏作)	前作 (冬作)
試験圃場 1	2011・2012	0.37	4.5	2.13	44.6	6.5	トウモロコシ	ライ麦
試験圃場 2	2013	0.36	3.9	0.96	55.8	6.7	ソルガム	クリムソンクローバ

試験圃場 1 については 2011 年 5 月, 試験圃場 2 については 2013 年 5 月に採種した土壌を分析した (有効態リン酸はトルオーグ法による). 前作, 前々作については無農薬無肥料で栽培した.

第2表 耕種概要 (2011~2013 年).

使用品種	2011 年: タチナガハ, 納豆小粒, フクユタカ 2012 年: タチナガハ, ハタユタカ, 納豆小粒 2013 年: タチナガハ, フクユタカ
播種日	2011 年: 6/22 (標播), 7/13 (晩播) 2012 年: 6/18 (標播), 7/17 (晩播) 2013 年: 6/17 (標播), 7/1 (晩播 I), 7/12 (晩播 II), 7/29 (極晩播)
肥料	有機区: N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O=3 g:17 g:10 g m <sup>-2</sup> 慣行区: N:P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> :K <sub>2</sub> O=3 g:10 g:10 g m <sup>-2</sup>
栽植密度	条間 70 cm, 株間 10 cm (14.3 株 m <sup>-2</sup> )
病害虫防除	慣行区のみ播種時に殺虫剤 (ダイアジノン), 栽培期間中に殺菌殺虫剤 (フェンバレーート, MEP 水和剤, エトフェンプロックス, チオファネートメチル, ジエトフェンカルブ) を計 4 回散布
雑草防除	慣行区のみ播種後土壌処理剤 (アラクロール乳剤, リニユロン乳剤) 散布 中耕 (培土) は有機区で 2 回, 慣行区で 1 回

ガ等の鱗翅目昆虫の幼虫による食害, また食葉性害虫としてはハスモンヨトウ, コガネムシ類, マメハンミョウ等が知られているが, これらの耕種の防除に関してはほとんど知見が蓄積されていない. 病害については, 紫斑病, ベと病, ウイルス感染による褐斑粒が品質低下を引き起こす可能性があるが, 有機栽培条件下での発生データは報告されていない. そこで本試験では, ダイズの無農薬無化学肥料栽培を 3 年間行い, 関東地域の有機栽培に適した品種の特性を明らかにするとともに, 有機栽培に適した栽培法を構築するための知見を得ることを目的として, 品種・播種時期を変えた場合の収量性および病害虫による被害粒率に着目して解析を行った.

## 材料と方法

### 1. 試験圃場

本試験は茨城県つくば市の中央農業総合研究センター観音台地区試験畑圃場 (土壌は淡色黒ボク土) において 2011~2013 年に行った. 試験は, 2011, 2012 年は同一圃場で行い, 2013 年は隣接した圃場で行った. それぞれ圃場の作付履歴および土壌化学性を第 1 表に示した. なお土壌分析は十勝農業協同組合連合会に委託した. 本試験ではダイズを無農薬無化学肥料で栽培した有機区と, 農薬および化学肥料を使用して通常の管理を行う慣行区を設けた. いずれの年も同一圃場内に両区を設置し, 両区の間には農薬等が飛散しないように 5 m の緩衝地帯を設けた. なお, 前作 (冬作) は, 圃場全面に無農薬無肥料でライ麦 (2011, 2012 年)

およびクリムソンクローバ (2013 年) を均一に栽培した. 3 年間とも播種 1 日前もしくは当日に, 有機区には有機 JAS 規格に適合した市販の有機質肥料 (有機アグレット 666 特号, 朝日工業株式会社; ミネラルエコめぐみ, 有限会社ふくじゅ) を N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O でそれぞれ 3, 17, 10 g m<sup>-2</sup>, 慣行区には化成肥料 (くみあい化成 13 号, 菱東肥料株式会社) を N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O でそれぞれ 3, 10, 10 g m<sup>-2</sup> 施用後にロータリ耕を行った.

### 2. 使用品種, 播種時期および耕種概要

使用品種, 播種時期および耕種概要について第 2 表にまとめた. 品種は, 2011, 2012 年の 2 年間には早晩性や粒大の異なる合計 4 品種, すなわち 2011 年にはタチナガハ (早生, 大粒), 納豆小粒 (中晩生, 小粒), フクユタカ (晩生, 中粒) を, 2012 年にはタチナガハ, ハタユタカ (早生, 中粒), 納豆小粒を供試した. 2013 年にはタチナガハとフクユタカを用いた. 播種時期は 2011 年は 6 月 22 日と 7 月 13 日, 2012 年は 6 月 18 日と 7 月 17 日の 2 水準 (それぞれ標播, 晩播) とし, 2013 年は 6 月 17 日 (標播), 7 月 1 日 (晩播 I), 12 日 (晩播 II) および 29 日 (極晩播) の 4 水準とした. 栽培方法と播種時期を分割区法反復なしで, 播種時期の各区に各品種を乱塊法 3 反復でそれぞれ配置し, 2011, 2012 年は 1 品種 84 m<sup>2</sup> (慣行区は 44.8 m<sup>2</sup>), 2013 年は 1 品種 49 m<sup>2</sup> (慣行区は 35 m<sup>2</sup>) とした. 条間 70 cm, 株間 10 cm で最初の 2 年間は手押し播種機を用い, 2013 年は手播きした. 2011, 2012 年は出芽には概ね問題なかった

第3表 開花盛期の乾物重および主茎長 (2011, 2012 年).

品種	播種時期	栽培方法	2011 年		2012 年	
			全乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	主茎長 (cm)	全乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	主茎長 (cm)
タチナガハ	標播	有機	8.5	37.3	10.6	39.7
		慣行	10.2	38.7	13.5	45.2
	晩播	有機	8.9	37.5	5.9	29.6
		慣行	9.6	38.3	7.1	32.8
ハタユタカ	標播	有機	—	—	15.5	47.0
		慣行	—	—	17.5	51.1
	晩播	有機	—	—	7.7	33.6
		慣行	—	—	10.1	37.1
納豆小粒	標播	有機	16.0	68.1	20.1	63.8
		慣行	14.9	68.3	21.6	65.9
	晩播	有機	8.4	39.7	8.6	41.4
		慣行	8.0	41.5	9.3	42.5
フクユタカ	標播	有機	27.8	65.5	—	—
		慣行	29.9	71.7	—	—
	晩播	有機	18.6	51.1	—	—
		慣行	23.2	52.4	—	—
分散分析	栽培方法		ns	ns	ns	ns
	播種時期		**	***	***	***
	品種		***	***	***	***
	栽培 * 時期		ns	ns	ns	ns
	栽培 * 品種		ns	ns	ns	ns
	時期 * 品種		***	***	***	***
	栽培 * 時期 * 品種		ns	ns	ns	ns

\*\*\*, \*\* : 0.1%水準, 1%水準でそれぞれ有意差あり. ns : 有意差なし.

が、タチナガハの一部で欠株がみられたため、播種2週間後に補植を行った。2013年は6月17日、7月1日、29日播種区で出芽が順調であったが、7月12日播種区で播種後ほとんど降雨がなかったため出芽がそろわず、播種10日後（7月22日）に灌水を行った。

防除は第2表に示すとおり慣行区のみ播種時に殺虫剤および除草剤（土壌処理剤）を使用し、栽培期間中に適宜殺虫・殺菌剤を散布した。2011年は7月末～8月にかけて葉を食害するマメハンミョウが主に有機区で発生し、また9月末にハスモンヨトウが主に慣行区で発生したが、いずれも葉の食害は軽微であった。また、子実肥大期に主に慣行区でハダニの発生がみられたため、慣行区では薬剤防除を行った。中耕培土は、有機区で1回目を2011年には播種後約3週目に、2012年には播種後約2週目に行い、その約10日後に2回目を行った。また2013年には1回目の中耕培土を播種後約2週目に行い、それ以降、標播では1回目の中耕培土から21日目に、また晩播Ⅰでは19日目に、晩播Ⅱでは18日目に、そして極晩播では11日目にそれぞれ2回目の中耕培土を行った。慣行区では有機区の2回目の処理と同じ日に1度だけ中耕培土を行った。両区ともその後適宜手取り除草を行った。収穫は各品種の成熟に合わ

せて10月下旬～11月下旬に行った。

### 3. 調査

圃場でのダイズの調査は、開花盛期（R2）、子実肥大中期（R6）および成熟期に行った。開花盛期および子実肥大中期には圃場より各反復5個体を抜き取り、開花盛期に全乾物重、主茎長を計測し、それらに加えて子実肥大中期には莢、莢の乾物重（2012, 2013年）と、肥大の認められた莢の中の子実50粒について新鮮重およびカメムシ等による吸汁害率を調査した。成熟期には各反復4.2 m<sup>2</sup>の面積内の全個体を刈り取り、この中から中庸な20株を選んで、雨の当たらない乾燥舎で十分風乾させた後、整粒重、稈実莢数および整粒の百粒重を計測した。これらに加えて2013年には不稈莢数、主茎長、主茎節数、総節数、分枝数および莖重を計測した。また、吸汁害、食害、紫斑、褐斑、べと病がみられる粒を計数し、それぞれ全子実数に対する割合を示し、それらの合計を被害率として算出した。虫害については二瓶・山下（2012）の方法等を参考にした。病害については、粒表面の面積のおおむね1%以上の病斑が目視により確認されたものを病害粒とした。なお、最終の中耕培土前には雑草発生調査を行った。ダイズの株を中心

第4表 子実肥大中期の乾物重、主茎長、50粒重および吸汁害率 (2011, 2012年).

品種	播種時期	栽培方法	2011年				2012年					
			全乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	主茎長 (cm)	50粒新鮮重 (g)	吸汁害率 (%)	全乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	うち莖乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	うち莢乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	主茎長 (cm)	50粒新鮮重 (g)	吸汁害率 (%)
タチナガハ	標播	有機	52.3	55.3	30.2	29.4	52.6	26.0	5.3	52.9	12.0	85.0
		慣行	66.7	62.5	33.4	11.1	58.5	26.5	15.7	56.3	34.6	18.9
	晩播	有機	47.5	50.3	38.0	11.1	31.5	8.3	13.7	35.5	28.9	36.1
		慣行	57.2	44.9	37.9	15.7	43.9	11.8	21.1	39.6	35.6	12.7
ハタユタカ	標播	有機	—	—	—	—	60.3	29.9	10.0	55.4	14.9	51.1
		慣行	—	—	—	—	69.1	30.0	23.2	58.6	29.4	6.1
	晩播	有機	—	—	—	—	38.3	9.5	18.9	35.9	29.2	23.3
		慣行	—	—	—	—	42.3	12.0	20.2	38.7	29.8	11.1
納豆小粒	標播	有機	65.4	72.1	10.8	3.9	53.6	27.3	10.9	64.1	6.6	39.4
		慣行	69.7	76.5	10.5	4.5	56.0	23.3	21.0	74.4	9.6	6.1
	晩播	有機	39.2	52.3	12.5	5.0	35.6	9.0	18.3	42.6	12.3	10.6
		慣行	48.2	56.2	12.0	1.7	35.4	10.1	17.4	46.3	12.3	6.7
フクユタカ	標播	有機	87.4	86.1	32.3	6.7	—	—	—	—	—	—
		慣行	72.3	91.4	31.4	2.8	—	—	—	—	—	—
	晩播	有機	57.3	71.1	33.8	5.6	—	—	—	—	—	—
		慣行	71.4	65.7	33.7	6.7	—	—	—	—	—	—
分散分析	栽培方法		*	ns	ns	*	ns	ns	**	**	***	**
	播種時期		*	***	***	ns	***	***	**	***	***	**
	品種		**	***	***	***	*	ns	**	***	***	**
	栽培 * 時期		ns	*	*	ns	ns	*	**	ns	***	*
	栽培 * 品種		ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	***	*
	時期 * 品種		ns	*	**	ns	ns	ns	*	ns	**	ns
	栽培 * 時期 * 品種		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns

\*\*\*, \*\*, \*: 0.1%水準, 1%水準, 5%水準でそれぞれ有意差あり. ns: 有意差なし.

に30 cm 枠を置き、枠内の雑草を全て抜き取り、80℃で2日間乾燥し乾物重を測定した。

#### 4. 統計解析

統計解析にはJMP (SAS) を用い、分散分析を行った。被害粒率、吸汁害率、食害粒率、紫斑粒率、褐斑粒率、べと病粒率については逆正弦変換値を求め、それを用いて検定を行った。

### 結 果

#### 1. 早晚性および粒大の異なる品種の比較 (2011, 2012年)

第3表に2011, 2012年の開花盛期の調査結果を、第4表に子実肥大中期の調査結果を示した。分散分析の結果、開花盛期の調査では有機、慣行といった栽培方法は2カ年とも全乾物重、主茎長に有意な影響を及ぼさなかった。一方、播種時期、品種は全乾物重と主茎長ともに有意な影響を及ぼし、交互作用も認められた。子実肥大中期調査では、2011年に栽培方法が全乾物重および吸汁害率に有意な影響を及ぼした。特に吸汁害率では栽培方法、品種およびこれらの交互作用が有意であった。2012年では全乾物重および莖乾物重以外の項目で栽培方法、播種時期および品種それ

ぞれの有意な影響が認められた。

2011, 2012年の成熟期の調査結果を第5表に示した。2011年には有機区において慣行区より整粒重および稔実莢数が低く、被害粒率が高かった。2012年についても同様の傾向があった。品種別に見ると、有機区の整粒重および対慣行区比は早生品種であるタチナガハおよびハタユタカで低く、中晩生の納豆小粒、晩生のフクユタカで比較的高い傾向があった。有機区では晩播で整粒重が増加し子実の被害粒率はおおむね低くなった。また、2011年では被害粒率および吸汁害率に栽培方法と播種時期の有意な交互作用があり、有機栽培による被害粒率の増加は晩播で低減する傾向が示された。

#### 2. 播種時期の違いが生育および整粒重に及ぼす影響とその要因の解析 (2013年)

2013年の播種日、開花期および成熟期を第6表に示した。開花期はどの播種日においても慣行区および有機区の間で差は認められなかった。一方、成熟期は有機区で慣行区より遅れ、その遅れは品種で異なった。すなわち、タチナガハの有機区では播種時期が早いほど慣行区より遅れ、6月17日播種では青立ち個体が多く約1ヶ月も成熟が遅かつ



第5表 整粒重、収量構成要素および被害粒率 (2011, 2012 年)。

品種	播種時期	栽培方法	2011 年					2012 年				
			整粒重 (g m <sup>-2</sup> )	稔実莢数 (個 株 <sup>-1</sup> )	百粒重 (g)	被害粒率 (%)	うち吸汁害率 (%)	整粒重 (g m <sup>-2</sup> )	稔実莢数 (個 株 <sup>-1</sup> )	百粒重 (g)	被害粒率 (%)	うち吸汁害率 (%)
タチナガハ	標播	有機	32.7 (20)	13.9	39.9	61.6	36.2	69.5 (52)	17.1	37.3	39.0	24.1
		慣行	166.5	31.3	40.0	31.4	14.0	133.6	31.9	40.7	39.0	17.3
	晩播	有機	204.6 (102)	31.3	36.5	20.0	8.1	113.6 (55)	34.6	40.8	60.4	35.7
		慣行	201.5	38.5	36.3	23.4	10.8	208.5	35.8	39.6	28.6	13.6
ハタユタカ	標播	有機	—	—	—	—	—	179.6 (67)	51.7	32.1	43.4	30.7
		慣行	—	—	—	—	—	267.0	56.9	33.7	21.7	13.0
	晩播	有機	—	—	—	—	—	130.8 (60)	45.2	32.2	49.7	28.8
		慣行	—	—	—	—	—	218.3	52.4	30.5	32.3	14.5
納豆小粒	標播	有機	207.7 (53)	103.0	13.5	29.9	12.2	174.0 (49)	120.2	16.0	44.3	34.7
		慣行	390.9	135.4	12.3	9.2	5.0	353.0	125.2	12.6	8.2	5.0
	晩播	有機	266.2 (100)	91.1	12.2	13.8	7.3	218.8 (86)	100.3	13.7	22.6	16.4
		慣行	266.5	95.6	12.1	10.8	3.7	255.5	102.4	13.4	14.3	7.5
フクユタカ	標播	有機	227.9 (70)	48.4	34.5	20.5	10.3	—	—	—	—	—
		慣行	325.3	57.0	33.8	7.1	3.7	—	—	—	—	—
	晩播	有機	215.7 (86)	40.8	33.1	18.4	3.5	—	—	—	—	—
		慣行	251.4	48.3	33.0	15.1	2.8	—	—	—	—	—
分散分析	栽培方法		***	***	ns	**	**	***	ns	ns	***	***
	播種時期		ns	*	**	**	***	ns	ns	ns	ns	ns
	品種		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	栽培 * 時期		**	*	ns	**	**	*	ns	**	ns	ns
	栽培 * 品種		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	*
	時期 * 品種		***	***	**	***	**	***	***	***	**	**
	栽培 * 時期 * 品種		ns	ns	ns	ns	**	***	ns	***	***	***

\*\*\*, \*\*, \* : 0.1%水準, 1%水準, 5%水準でそれぞれ有意差あり. ns : 有意差なし. 有機区括弧内は対慣行区比.

第6表 有機区の開花期および成熟期 (2013 年)。

品種	播種日	開花期	対慣行区 (日)	成熟日	対慣行区 (日)
タチナガハ	6 月 17 日	7 月 28 日	± 0	11 月 24 日	30
	7 月 1 日	8 月 4 日	± 0	11 月 19 日	24
	7 月 12 日	8 月 16 日	± 0	11 月 2 日	3
	7 月 29 日	8 月 30 日	± 0	11 月 8 日	-1
フクユタカ	6 月 17 日	8 月 11 日	± 0	11 月 5 日	5
	7 月 1 日	8 月 19 日	± 0	11 月 11 日	8
	7 月 12 日	8 月 29 日	± 0	11 月 15 日	2
	7 月 29 日	9 月 5 日	± 0	11 月 17 日	± 0

た. フクユタカの7月1日播種では有機区で1週間以上遅れたものの, その他は慣行区と比べてほぼ同等かやや遅れる程度であった.

2013 年の子実肥大中期の調査結果を第7表に示した. 栽培方法の影響は茎の乾物重以外で認められた. タチナガハの6月17日播種では, 他の播種区と比べ有機区で莢の乾物重と50粒新鮮重が著しく低く, 吸汁害率が著しく高かった. 2013年の整粒重および収量構成要素を第8表に示した. 6月17日に播種したタチナガハで, 有機区の整粒重は49g

m<sup>2</sup>で慣行区(367g m<sup>2</sup>)と比較して13%と大きく減収した. その後の播種期では有機区の整粒重はやや高まり132~179g m<sup>2</sup>(対慣行区比は44~58%)であった. フクユタカでは7月1日播種区の有機区で整粒重が最も高く311g m<sup>2</sup>であり, 6月17日播種区および7月12日播種区においても200g m<sup>2</sup>以上であった. 7月29日播種区では整粒重は137g m<sup>2</sup>と低下したものの, いずれの播種期においても対慣行区比が60%以上であった. 有機区の稔実莢数でも整粒重と同じような傾向がみられ, タチナガハでは6月17日

第7表 子実肥大中期の乾物重、主茎長、50粒重および吸汁害率 (2013年).

品種	播種日	栽培方法	全乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	うち茎乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	うち莢乾物重 (g 株 <sup>-1</sup> )	主茎長 (cm)	50粒あたり	
							新鮮重 (g)	吸汁害率 (%)
タチナガハ	6月17日	有機	53.5	25.5	9.4	48.5	11.5	60.6
		慣行	55.0	18.2	23.2	46.9	29.6	8.7
	7月1日	有機	48.4	17.8	14.5	39.6	28.1	18.0
		慣行	57.1	16.7	26.2	42.8	34.9	8.0
	7月12日	有機	69.7	17.2	29.0	26.8	25.9	13.3
		慣行	78.3	17.1	39.7	28.2	30.9	6.0
	7月29日	有機	28.8	6.6	14.8	29.7	29.2	6.0
		慣行	29.5	6.3	15.9	29.6	29.3	10.0
フクユタカ	6月17日	有機	68.8	28.9	23.5	68.7	24.4	10.0
		慣行	67.7	29.0	24.7	73.6	24.4	0.7
	7月1日	有機	57.6	19.4	23.5	62.1	26.2	11.3
		慣行	75.4	28.3	32.5	75.9	27.9	2.0
	7月12日	有機	51.8	14.5	24.8	42.9	33.7	4.7
		慣行	71.5	19.9	34.8	45.2	35.3	6.0
	7月29日	有機	39.3	10.6	18.9	40.2	29.8	13.3
		慣行	43.0	10.9	22.3	45.3	30.2	7.3
分散分析	栽培方法		*	ns	**	**	**	**
	播種時期		***	***	***	***	***	**
	品種		**	***	**	***	*	***
	栽培 * 時期		**	***	*	*	**	***
	栽培 * 品種		ns	***	ns	**	***	ns
	時期 * 品種		**	*	**	***	***	***
	栽培 * 時期 * 品種		ns	ns	ns	ns	**	*

\*\*\*, \*\*, \*: 0.1%水準, 1%水準, 5%水準でそれぞれ有意差あり. ns: 有意差なし.

播種区で低く、7月上中旬播種区で高く、7月29日播種区で低かった。百粒重には有機区と慣行区で有意な差はみられなかった。しかし、有機区においては、タチナガハでは百粒重は6月17日および7月1日播種区と比べ7月12日および29日播種区で低く、フクユタカでは他の播種区と比べ7月29日播種区で低かった。カメムシや鱗翅目昆虫幼虫、紫斑病等による被害粒率は、播種時期が遅くなるほど低くなる傾向が特にタチナガハで顕著に認められ、吸汁害でその傾向が強かった（第9表）。フクユタカでも吸汁害率は6月17日播種区よりそれ以降の播種区で低減する傾向にあったが、食害粒率は播種時期が遅くなるにつれてやや増加した。

タチナガハおよびフクユタカの2013年のデータを基に、品種毎に整粒重と開花期の関係を解析した（第1図）。タチナガハは慣行区では開花期が早いほど整粒重が高かったが、有機区では8月中旬に開花期を迎えた場合に整粒重が最も高かった（第1図A）。一方、フクユタカでは慣行区、有機区ともに同じような傾向を示し、8月上中旬が開花期の場合に、整粒重が高かった（第1図B）。

### 3. 雑草の発生状況

最終の中耕培土（有機区は2回目、慣行区は1回目）直前の雑草の発生状況（乾物重）を第10表に示した。雑草量は2011年の有機区では36 g m<sup>2</sup>で慣行区に比べて有意に多かった。一方、2012年および2013年では有機区、慣行区ともこの時期の雑草量は2 g m<sup>2</sup>以下で非常に少なかった。

### 考 察

本試験では、農薬や化学肥料を使用しない有機栽培に適したダイズの品種特性と播種時期を明らかにするため、早晩性や粒の大きさが異なる4品種を用いて生育特性と収量性を調査した。3年間行った圃場試験では、いずれの品種も開花期までは慣行区で有機区に比べてやや生育が優る傾向があるものの、分散分析の結果から栽培法の違いによる差は認められず（第3表）、開花期もほぼ同時であった。試験圃場は肥沃度が比較的高く、また有機区では鶏ふん燃焼灰など易分解性の資材を多く含む養分の溶出が比較的化成肥料に近い有機質資材を使用したということもあるが、本試験条件では開花盛期頃までは有機区と慣行区は同等の生育であった。一方、子実肥大中期の調査では、茎重につ

第8表 整粒重および収量構成要素 (2013年).

品種	播種日	栽培方法	整粒重 (g m <sup>-2</sup> )	稈実莢数 (個株 <sup>-1</sup> )	不稈莢数 (個株 <sup>-1</sup> )	主莖長 (cm)	主莖節数 (個株 <sup>-1</sup> )	総節数 (個株 <sup>-1</sup> )	分枝数 (個株 <sup>-1</sup> )	莖重 (g 株 <sup>-1</sup> )	百粒重 (g)
タチナガハ	6月17日	有機	49.2 (13)	30.2	24.8	45.3	16.2	35.2	4.5	11.5	38.8
		慣行	367.0	49.5	7.4	48.7	14.0	33.6	3.9	10.3	37.4
	7月1日	有機	147.9 (44)	37.3	30.4	41.6	12.3	29.6	3.3	10.0	38.5
		慣行	339.1	44.4	5.8	41.3	12.4	25.7	2.6	7.8	38.3
	7月12日	有機	179.3 (58)	47.4	11.9	28.4	11.5	26.9	4.5	9.8	33.9
		慣行	308.7	42.9	4.2	30.5	11.9	27.8	4.2	9.2	34.7
	7月29日	有機	132.4 (55)	35.9	8.0	29.3	10.8	22.0	3.6	3.3	31.3
		慣行	239.5	34.3	3.3	29.4	10.8	21.9	3.7	3.6	35.6
	6月17日	有機	291.4 (78)	52.9	7.7	71.7	19.3	47.1	3.1	16.5	33.5
		慣行	372.1	48.3	3.4	75.4	19.0	51.6	3.0	16.0	32.5
フクユタカ	7月1日	有機	310.9 (79)	57.7	10.0	64.2	16.7	42.6	4.2	13.0	32.3
		慣行	393.3	52.4	3.2	75.1	17.0	41.0	3.2	14.3	33.0
	7月12日	有機	231.7 (73)	54.8	30.5	44.4	13.3	31.7	4.2	8.4	32.0
		慣行	316.8	49.3	9.7	49.1	13.7	34.4	3.9	8.5	33.4
	7月29日	有機	136.9 (63)	46.5	18.3	45.0	13.1	29.4	3.5	6.1	29.8
		慣行	216.2	45.6	5.0	46.1	13.3	30.2	3.7	5.7	30.7
	栽培方法		***	ns	***	**	ns	ns	*	ns	ns
	播種時期		***	**	**	***	***	***	***	***	***
	品種		***	***	ns	***	***	***	ns	*	***
分散分析	栽培 * 時期		**	*	ns	*	ns	*	ns	ns	***
	栽培 * 品種		***	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	時期 * 品種		***	ns	***	***	*	***	***	ns	***
	栽培 * 時期 * 品種		***	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	**

\*\*\*, \*\*, \*: 0.1%水準, 1%水準, 5%水準でそれぞれ有意差あり. ns: 有意差なし. 有機区括弧内は対慣行区比.

いては慣行・有機区間の差は比較的小さかったが、莢重はほとんど全ての品種および播種時期で有機区の方が低かった (第4表, 第7表).

最終的な整粒重は、慣行区および有機区ともに中晩生品種である納豆小粒や晩生品種のフクユタカで早生品種のタチナガハやハタユタカに比べて高く、有機区での対慣行区比も高かった (第5表, 第8表) ことから、中晩生や晩生の品種の方が有機栽培に適していると考えられた. これは三浦ら (2010) の報告とほぼ一致する. 納豆小粒とフクユタカでは有機区の標播であっても概ね整粒重が 200 g m<sup>-2</sup> を超えており、特にフクユタカは慣行区と比較しても 70% 以上の高い値を示したことから、有機栽培に適した品種であるといえる.

2013 年の試験では、早生のタチナガハと晩生のフクユタカについて、播種時期を 4 水準として開花期と整粒重との関係を検討した (第1図). その結果、タチナガハの慣行区では播種日および開花期が早いほど整粒重が高かった. 関東地域の慣行栽培では、タチナガハの播種適期は 6 月中～下旬であり、播種が遅れるほど収量が減少することが示されている (茨城県農業総合センター 2008). 一方、フクユタカの慣行区では 7 月上旬に播種し、8 月中旬に開花期を迎えた場合に最も整粒重が高かった. フクユタカでは 6

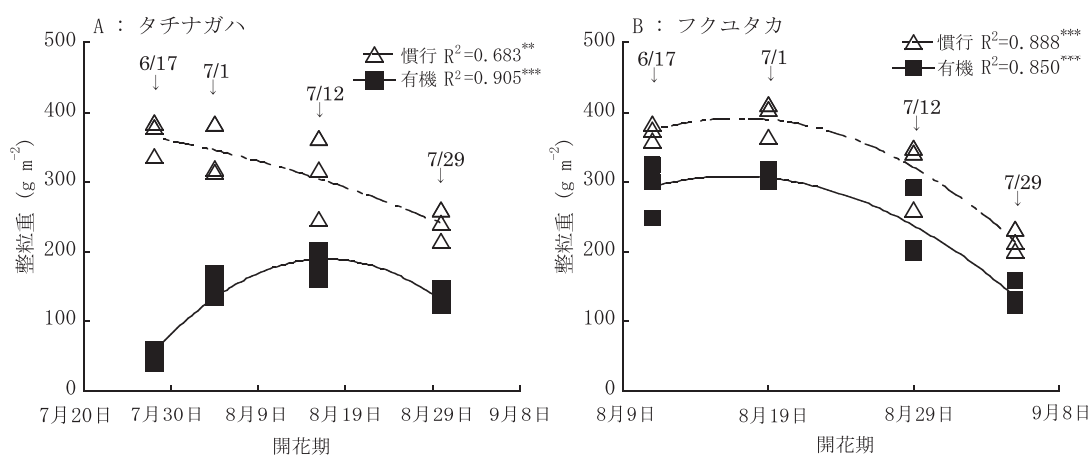
月播種で倒伏や蔓化により減収する可能性があり、7 月上旬の播種が励行されている (在原・小山 2004). 一方、有機区について、タチナガハでは 8 月中旬に、フクユタカでは 8 月上旬中に開花期を迎えた場合に整粒重が最大となった. これらのことから、関東地域におけるダイズ有機栽培では 8 月中旬に開花期を迎える栽培法、すなわち早生品種を慣行の播種時期よりやや遅い 7 月中旬に播種するか、晩生品種を 7 月上旬頃までに播種することが、収量の向上のための重要な要素であると推察される. 同様の傾向が 2011, 2012 年のタチナガハと納豆小粒でも認められ、7 月中旬の晩播で 6 月中旬の標播より整粒重が高かった (第5表). なお、フクユタカでは 7 月中旬に播種してもタチナガハの最大収量である 180 g m<sup>-2</sup> 以上の整粒重が得られた (第8表).

本試験では、有機栽培における減収要因として虫害および病害についても検討を行った. 子実肥大中期の調査では、未熟子実の吸汁害率は概ね有機区で高かった (第4表, 第7表). この時期における吸汁害率を標播と晩播と比較すると、有機区ではいずれの品種でも晩播により低減した. 同様の結果が成熟期においても認められた (第5表, 第9表). ダイズの子実吸汁害は主にカメムシ類によると考えられ (本多 1986), 本試験でもダイズの主要害虫であるホソヘリ

第9表 収穫子実の病虫害粒率 (2013年).

品種	播種日	栽培方法	被害粒率 (%)	うち吸汁害率 (%)	うち食害粒率 (%)	うち紫斑粒率 (%)	うち褐斑粒率 (%)	うちべと病率 (%)
タチナガハ	6月17日	有機	75.5	67.0	7.0	1.3	0.1	0.2
		慣行	18.5	10.5	7.8	0.0	0.0	0.1
	7月1日	有機	49.0	34.2	12.9	1.5	0.2	0.2
		慣行	21.2	9.0	12.1	0.0	0.1	0.1
	7月12日	有機	54.4	21.3	30.4	2.5	0.0	0.2
		慣行	30.0	10.4	19.4	0.0	0.1	0.5
	7月29日	有機	33.0	13.4	18.4	1.1	0.0	0.1
		慣行	20.4	6.1	14.2	0.0	0.1	0.1
フクユタカ	6月17日	有機	28.5	20.5	5.0	0.6	2.0	0.5
		慣行	6.3	4.3	1.9	0.0	0.0	0.1
	7月1日	有機	21.8	12.9	8.0	0.2	0.0	0.1
		慣行	6.3	2.6	3.6	0.0	0.0	0.1
	7月12日	有機	32.4	10.2	19.4	0.4	1.5	0.8
		慣行	26.1	10.4	12.9	0.0	2.4	0.0
	7月29日	有機	34.8	12.9	20.1	0.2	0.3	1.3
		慣行	18.5	8.2	7.3	0.0	0.1	2.8
分散分析	栽培方法		***	***	*	***	ns	*
	播種時期		***	***	***	ns	*	**
	品種		***	***	***	***	*	***
	栽培 * 時期		***	***	*	ns	ns	*
	栽培 * 品種		***	***	*	***	ns	ns
	時期 * 品種		***	***	ns	ns	ns	***
	栽培 * 時期 * 品種		*	**	ns	*	ns	ns

被害粒率：吸汁・食害・紫斑・褐斑・べと病粒の全粒数に占める割合．\*\*\*, \*\*, \*: 0.1%水準, 1%水準, 5%水準でそれぞれ有意差あり．ns：有意差なし．



第1図 ダイズの開花期と整粒重との関係 (2013年).

\*\*\*, \*\*: 0.1%水準, 1%水準でそれぞれ有意. 図中の矢印で示した日付は播種日.

カメムシやイチモンジカメムシのほか, クサギカメムシやアオクサカメムシ等が開花期以降に圃場で観察された. このため, 農薬を使用した慣行区では被害が抑えられ, 農薬を使用しなかった有機区でカメムシ類による吸汁害が多く発生したと推察される. カメムシ類による被害は播種時期が早いエンレイに比べ, 遅いナカセンナリや津久井在来で

少ないことが報告されている (阿久津 1987). また, カメムシの害は開花期が遅いほど減少することが指摘されており (佐藤・西川 1952), その理由として結実日数の短縮によるカメムシの加害期間の短縮と気温の低下に伴うカメムシの不活化が挙げられている. ダイズの被害粒は, カメムシ類によるもののほか, 鱗翅目昆虫の幼虫等による食害や,



第10表 最終中耕培土前の雑草乾物重 (g m<sup>-2</sup>).

	2011 年 (n=18)	2012 年 (n=18)	2013 年 (n=24)
慣行区	3.3	0.9	0
有機区	35.7***	1.8	0.2*

\*\*\*, \*: 0.1%水準, 5%水準でそれぞれ有意差あり.

雑草の調査日: 2011 年 7 月 25 日 (標播), 8 月 16 日 (晩播); 2012 年 7 月 11 日 (標播), 8 月 8 日 (晩播); 2013 年 7 月 22 日 (標播), 8 月 1 日 (晩播 I), 8 月 14 日 (晩播 II), 8 月 23 日 (極晩播).

紫斑病・べと病などに起因するものを含んでいる (二瓶・山下 2012). 極晩播では, 吸汁害率は低下傾向にあるものの食害粒率が増加傾向にあり (第9表), 整粒重が低かった (第8表). また, 極晩播では慣行区においても稔実莢数が減少し (第8表), 収量ポテンシャルが低いことも問題があると考えられた. これらのことから7月上~中旬に播種し, 開花期が8月中旬となる栽培体系では, 収量ポテンシャルを維持しつつカメムシ類を主とする吸汁害と鱗翅目昆虫の幼虫等による食害を回避することにより比較的高い収量が得られると考えられる. 本試験によるこれらの結果は, 有機栽培農家が経験則として行っている「通常よりやや遅めの播種」の有効性を裏付けたものと言えよう. なお, 虫害と比較すると病害による被害粒率は低かったため (第9表), 収量に対する影響は小さいと判断されたが, 病害が多発する高温多湿のような条件下での動態については検討を要する.

ところで, 小粒品種の納豆小粒は有機条件下でも整粒重が高く, また被害粒率は2011, 2012年の2年間の平均で27.7%であり, 大粒品種のタチナガハ (45.3%) より低かった (第5表). 小粒品種は開花から登熟までの期間が短いため, 被害にあう期間が短いと考えられる. また一般に小粒品種は莢数が多いと言われており, 本試験でも納豆小粒の莢数は他品種と比較すると多かった (第5表). 害虫の密度が一定であれば, 多莢品種は稔実莢数が確保されやすく, 整粒重が高まる可能性が高いため, 有機栽培には有用な特性と言えるであろう.

有機ダイズの生産現場では, 雑草による生育不良, 収量や品質の低下が問題となっている. 本試験では雑草防除のために有機区では開花期までに2回の中耕培土を行った. 最終の中耕培土前 (おおむね開花前) の雑草乾物重は有機区で慣行区より高く, 特に2011年は有機区で36 g m<sup>-2</sup>であった (第10表). しかし, ダイズの開花盛期の生育調査で有機・慣行区間では乾物重等に差がみられなかったこと (第3表), および子実肥大期までに手取り除草を行い雑草を残存させなかったことから, 本試験では雑草によるダイズの生育・整粒重への影響はほとんどなかったと推察される. なお, 有機区の雑草発生量が2011年に比べて2012および2013年で低く抑えられたことは, 培土の時期の差異によるものと考えられる. すなわち2011年には有機区で1回目

の中耕培土を播種後約3週目に行ったが, 2012および2013年では播種後約2週目に行った. このように, 培土を早期に行うことにより除草効果が高まったと考えられ, 有機栽培での早期培土の有効性を示した三浦ら (2014) の報告と一致する. 播種後2週目のダイズ植物体は第1本葉が出る頃で, 培土作業にはやや注意を要するが, 子葉が埋まっても収量に大きく影響しないとされる (松岡・中村 1991). 有機栽培における効果的な雑草防除法については今後検討が必要である.

以上の結果から, 関東地域におけるダイズの有機栽培では, 開花期を8月中旬に迎えるように早生品種を標準播種よりやや遅い7月中旬に播種する, または中晩生および晩生品種を使用し7月上旬, 遅くとも中旬までに播種するというような栽培体系が適しており, それにより虫害を回避し収量を確保できることが示された. 本試験で用いたフクユタカは有機条件下で整粒重が高かったことに加え, 200 g m<sup>-2</sup>以上の整粒重が得られる播種期間も長い (第1図) から, 関東地域での有機栽培に有望な品種であると考えられる. 現在, 有機ダイズには一定の需要があるにもかかわらず, 有機栽培面積および有機 JAS 格付量ともに少ない. 今後, 品種数を増やして有機栽培への適性を評価するとともに, 雑草防除などの栽培法についてもさらに検討していく予定である. さらに, 病害虫に抵抗性を有するなど有機栽培に適した品種の育成に期待したい.

**謝辞:** 本試験の取りまとめに当たり, 農研機構中央農業総合研究センターの白石昭彦氏には多大なるご助言をいただきました. また, 統計解析に関して農研機構中央農業総合研究センターの光永貴之氏には有益なご示唆をいただきました. 業務科の技術専門職員の方々, 太田五鶴氏, 窪庭佐知子氏および鄭凡喜氏には試験圃場での作業, 栽培管理から調査, データ整理などにご尽力いただきました. 東京大学棚田大介氏には圃場調査等にご協力いただきました. ここに深謝いたします.

## 引用文献

- 阿久津四良 1987. 神奈川県平坦地の晩播大豆におけるダイズサヤタマバエおよびカメムシ類の発生と防除に関する研究. 神奈川農研研報 129: 38-49.
- 在原克之・小山豊 2004. 温暖地低地水田における無中耕無培土を前提とした「フクユタカ」の好適な播種期と栽植密度. 日本作物学会関東支部会報 19: 28-29.
- 本多健一郎 1986. ホソヘリカメムシの吸汁による大豆加害量の推定. 東北農業研究 39: 157-158.
- 茨城県農業総合センター 2008. 生産資材費高騰に対する技術支援マニュアル. <http://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/nosose/content/sienmanual/pdf/3-1-3.pdf> (2015/5/19 閲覧).
- 池田二三高・深沢永光 1983. ホソヘリカメムシによるダイズの被害とその薬剤防除. 静岡農試研報 28: 25-32.
- 河野哲 1989. カメムシ 3 種によるダイズ子実被害の解析. 応動昆 33: 128-133.

- 松岡茂・中村和雄 1991. 子葉切除によるダイズのハト害の被害解析と減収量の推定. 応動昆 35: 13-22.
- 三浦重典・中谷敬子・澁谷知子・鄭凡喜 2010. 有機栽培したダイズの生育と収量. 日作紀 79 (別 2): 100-101.
- 三浦重典・田澤純子・白石昭彦・野副卓人・内野彰・万小春 2014. 大豆の有機栽培における早期培土作業による雑草抑制効果. 日作紀 83 (別 1): 302-303.
- MOA 自然農法文化事業団 2011. 有機農業基礎データ作成事業報告書. 15.
- 中井譲・鳥塚智 2009. 米ぬか土壌表面処理による水田雑草の抑草効果. 雑草研究 54: 233-238.
- 二瓶直登・山下伸夫 2012. 豆腐加工適性に及ぼすダイズ品種「タチナガハ」被害粒の影響. 日作紀 81: 275-280.
- 農林水産省 2015. 平成 25 年度認定事業者に係る格付実績. [http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/youki/pdf/jiseki\\_h25\\_261218.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/youki/pdf/jiseki_h25_261218.pdf) (2015/05/19 閲覧).
- Nozoe, T., Uchino, A., Okawa, S., Yoshida, S., Kanda, Y. and Nakayama, Y. 2012. Suppressive effect of rice bran incorporation in paddy soil on germination of *Monochoria vaginalis* and its relationship with electric conductivity. Soil Sci. Plant Nutr. 58: 200-205.
- 櫻井民人 2011. 有機栽培におけるケイ酸供給力の水田間差と斑点米被害の関係. 第 12 回日本有機農業学会大会資料. 111-113.
- 佐々木康之・尾寄亨・佐藤薫 1990. 生態系利用による水田雑草の防除. 1. 深水処理が雑草の発生と水稻の生育に及ぼす影響. 北陸作物学会報 25: 92-93.
- 佐藤一郎・西川昌勝 1952. 大豆結実障害の一因. 日作紀 21: 269-270.
- 吉田隆延・水上智道・宮原佳彦・牧野英二・臼井善彦・関口孝司・三浦重典 2010. 乗用型水田除草機と米ぬか散布を組み合わせた水田用複合除草技術の実証試験. 平成 21 年度生研センター研究報告会資料. 23-31.

**Studies on the Soybean Cultivars Suitable for Organic Soybean Cultivation and Cultivating Systems in the Eastern Part of Japan :**  
Junko TAZAWA and Shigenori MIURA (NARO Agricultural Research Center, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan)

**Abstract :** The establishment of organic soybean cultivating systems is important for expansion of organic soybean fields in Japan. Field experiments for organic soybean cultivation were conducted for 3 years in the Kanto Area, in the eastern part of Japan. The characteristics of the soybean cultivars and sowing time were investigated under organic and conventional conditions. The yield of the late maturing cultivar, 'Fukuyutaka' was higher than that of the early maturing cultivar 'Tachinagaha' in the organic field. The yield under organic conditions was lower than in conventional conditions mainly due to damage by sap-sucking stinkbugs. However, the damage decreased with the delay in flowering time in both early and late mature cultivars. A correlation between the flowering time and yield indicated that the yield in organic conditions was highest when the flowering time was mid-August in Tachinagaha and early- to mid-August in Fukuyutaka. Late maturing cultivars sown before early or mid-July gave a yield of more than 200 g m<sup>-2</sup>. These findings indicated that early maturing cultivars should be sown around middle July, which is later than in conventional conditions, and late maturing cultivars should be sown before early or middle July in organic soybean production.

**Key words :** Flowering time, Late maturity, Late sowing, Organic cultivation, Sowing time, Soybean.