

## ダイズ品種の収量およびイソフラボン含量に及ぼす播種期 および登熟環境条件の影響

遠藤浩志<sup>\*、1)</sup>・大野正博<sup>2)</sup>・丹治克男<sup>3)</sup>・境 哲文<sup>4)</sup>・金子憲太郎<sup>5)</sup>

(<sup>1)</sup> 福島県ハイテクプラザ会津若松技術支援センター・<sup>2)</sup> 福島県ハイテクプラザ・<sup>3)</sup> 福島県東北農林事務所安達農業普及所・  
<sup>4)</sup> 農業・生物系特定産業技術研究機構・<sup>5)</sup> 日本獣医畜産大学)

**要旨：**スズユタカと高イソフラボンダイズ系統の東北126号を用いて、播種期および登熟期の環境条件が収量および子実中のイソフラボン含量にどのような影響を及ぼすかを検討した。東北126号は、播種期や栽培地の差異にかかわらずスズユタカよりも多収であり、さらに子実中のイソフラボン含量も顕著に多かった。両品種とも晩播ダイズは、標播ダイズより収量は低かったがイソフラボン含量は顕著に多かった。また、登熟期、特に後半の平均気温が低いほどイソフラボン含量が多い傾向が認められた。開花期後30日を境に登熟前半と後半を分けて気温が異なる場所でポット栽培した場合、登熟後半に気温が低い条件で栽培したスズユタカは、同じ条件で栽培した東北126号並にイソフラボン含量が高まり、特に登熟後半の気温とイソフラボン含量との関係が密接であることから、ダイズのイソフラボン含量は品種の他に登熟期、特に後半の気温の影響を強く受けることが示唆された。

**キーワード：**イソフラボン含量、気温、ダイズ、登熟期、播種期。

ダイズは古くから日本人の重要な食糧資源として活用されてきた。また、近年、ダイズタンパク質のコレステロール低下作用 (Anderson ら 1995)、ダイズサポニンの抗癌作用 (Kennedy 1995)、ダイズイソフラボンの更年期障害緩和作用 (Brand 1999)、抗乳ガン作用 (Lu ら 2000) や骨粗鬆症予防作用 (Tsuchida ら 1999) 等の生理機能が報告され、豆腐や納豆などのダイズ加工食品が世界一長寿である日本人の健康維持に深く関与している (家森 1999) ことが明らかになりつつある。以上のようなことから筆者らは、ダイズ加工品の中で最も摂取量が多い豆腐 (戸田ら 1997) についてその製造方法と成分、特にイソフラボンとの関係について検討した (遠藤ら 2003a)。その結果、子実中のイソフラボン含量は品種により顕著に異なることと豆腐のイソフラボン含量は原料ダイズのそれと高い相関があることなどを明らかにした。また、前報 (遠藤ら 2003b) ではダイズイソフラボンの品種間と産地間差異及び各種ダイズの加工適性について検討し、東北 126 号は供試 15 品種中イソフラボンが最も多く、また 3 品種、5 試験地での栽培試験でも栽培地や栽培年とは関係なく、イソフラボン含量が顕著に多いこと、さらに豆腐加工適性にも優れた品種であることを明らかにした。ダイズ子実中のイソフラボンの蓄積については既に、登熟期の後半に増える (Kudou ら 1991) ことや、登熟期間の温度との関連が深い (Tsukamoto ら 1995) ことが報告されている。しかし、気温や日照時間など登熟環境とイソフラボンについての検討例はみられず、これらの関係を知ることは、異なる登熟環境において適切な栽培条件を設定する上で有効と考えられる。本報ではスズユタカとイソフラボン含量が特に多い東北 126 号を対象として播種期と登熟期の環境条件がイソフラボン含量にどのような影響を及ぼすか検討した。

### 材料と方法

#### 1. 供試材料

##### (1) 播種期移動試験：イソフラボン含量に及ぼす播種時期の影響 (実験 1)

2001 年に、福島県農業試験場本場 (郡山市、以下郡山本場)、会津支場 (会津坂下町)、相馬支場 (相馬市) で栽培した標播と晩播のスズユタカ (福島県奨励品種) と東北 126 号を供試した。東北 126 号は 2002 年 9 月に「ふくいぶき」(だいで農林 122 号) と命名登録され、福島県の奨励品種に採用された。

標播の播種期は 5 月 23 日～6 月 5 日、晩播は 6 月 19 日～7 月 3 日とした。各試験地とも播種期を主区、品種を副区とする分割区法に従い、1 区面積 10 m<sup>2</sup> で 3 反復した。栽培は奨励品種決定調査試験の福島県農業試験場内の慣行耕作基準に準じた。肥料は、基肥に三菱化学株式会社製「くみあい化成、高度 500」を、追肥に株式会社コープ化成製の緩効性肥料「LP70」及び「LP40」を使用した。施肥量は 1 a 当たり、標播の場合、基肥に N 0.2、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.8、K<sub>2</sub>O 0.8 kg を、追肥に「LP70」を窒素量として 0.6 kg を使用 (6 月下旬) し、晩播の場合、基肥に N 0.3、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.2、K<sub>2</sub>O 1.2 kg を、追肥に「LP40」を窒素量として 0.6 kg を使用 (7 月中旬) した。圃場は、郡山本場と会津支場は沖積・埴土、相馬支場は灰色台地土・埴土の普通畑で畦間 70 cm、株間 20 cm (晩播は 10 cm)、1 株 2 本立てで栽培した。

開花期および成熟期の判定は大豆調査基準 (大豆調査基準検討委員会 農業技術研究所 1975) に準じた。分散分析は統計解析ソフト SPSS for Windows 10 (SPSS Japan Inc.) を用い、試験地を固定因子として扱い、McIntosh (1983) の方法に従った。

第1表 登熟期に栽培地を移動したときのスズユタカと東北126号の子実中のイソフラボン含量および登熟期間中の平均気温と積算日照時間。

試験区	栽培地		平均気温と積算日照時間						総イソフラボン含量	
	前半 (30日間)	後半 (57日間)	平均気温(°C)			積算日照時間(時間)			(mg/100gDW) <sup>3)</sup>	
			前半	後半	全期間	前半	後半	全期間	スズユタカ	東北126号 <sup>4)</sup>
郡山/郡山区(対照区)	郡山 <sup>1)</sup>	郡山	23.2	19.2	20.6	130	220	350	125±11.1	327±14.8 <sup>4)</sup>
猪苗代/郡山区	猪苗代 <sup>2)</sup>	郡山	22.4	19.2	20.3	153	220	373	291±22.7	354±24.2
郡山/猪苗代区	郡山	猪苗代	23.2	17.2	19.3	130	211	341	349±23.8	400±25.6
猪苗代/猪苗代区	猪苗代	猪苗代	22.4	17.2	19.0	153	211	364	472±28.8	490±20.1

郡山の農業試験場本場にてポットに播種したダイズを開花後、各場所へ移送して生育させた。

播種日、開花日および成熟日はそれぞれ5月31日、7月22日、10月17日。

<sup>1)</sup> 福島県農業試験場(標高230m)。<sup>2)</sup> 福島県農業試験場冷害試験地(同521m)。<sup>3)</sup> 第2表参照。

<sup>4)</sup> ダイズ子実乾物100g中の総イソフラボン含量の平均値と標準偏差(n=3)を示す。

## (2) ポットによる栽培地移動試験：イソフラボン含量に及ぼす登熟期気象の影響(実験2)

スズユタカと東北126号を、郡山本場で5月31日に、普通畑の沖積・埴土をつめた1/2, 000aのワグネルポットに1ポット当たり4粒播種した。肥料は「大豆専用一発522」(株式会社コープ化成製)を用い、1ポット当たりN0.435(うち遅効性0.145), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>0.345, K<sub>2</sub>O0.345gを施肥した。灌水は栽培期間の降雨時を除く毎日、蓮口を使用して水道水で行った。発芽後、間引きをして2本立てとし開花期(播種52日後)まで郡山本場で栽培し、それ以降4試験区(1区分3ポット)を設けた。対照区は収穫までそのまま郡山本場で栽培した。猪苗代/郡山区は登熟期(開花～収穫)の前半(30日間、莢の形成、子実肥大初期)を猪苗代の福島県農業試験場冷害試験地(以下、猪苗代)で栽培してから後半(57日間、子実肥大盛期から子実成分蓄積期)に郡山本場に移した。郡山/猪苗代区は前半期まで郡山本場で栽培した後、後半期に猪苗代に移した。猪苗代/猪苗代区は開花後、猪苗代に移し、そのまま収穫まで栽培した(第1表)。

## 2. 開花後の平均気温および日照時間の算出

郡山本場、相馬支場、冷害試験地の気温と日照時間は気象庁の地域気象観測システム(アメダス)により、会津支場はアメダスに準拠した気象測器により計測した。登熟期の平均気温は毎正時の気温から、日照時間は1日毎の積算日照時間から算出した。

## 3. イソフラボンの分析

ダイズは選別・乾燥・調製後に5℃の冷蔵庫に2ヶ月間保存した。ダイズ粉末の調製とイソフラボンの分析は前報(遠藤ら2003a)と同様に高速液体クロマトグラフィーで行った。

## 結 果

### 1. ダイズの生育、収量およびイソフラボン含量と播種期の関係

#### (1) 標播と晩播ダイズの生育時の諸特性について

第2表に郡山本場と会津、相馬支場で栽培したスズユタカと東北126号の播種日、開花日、収穫日、子実収量、百粒重及び登熟期間中の積算日照時間と前・後半、全期間の平均気温を示した。

開花日および播種から開花までの所要日数は以下の通りであった。標播ダイズの開花日は、スズユタカが7月21～25日、東北126号が7月20～23日で、栽培地により差はあるが、東北126号の方が1～3日早かった。開花までの所要日数はスズユタカが46～62日、東北126号が45～59日であった。相馬の播種日は3栽培地の中で最も早かったが、開花日の産地間差異は4日以内と比較的小さく、その結果、相馬の開花までの所要日数が3栽培地の中で最も長くなった。

晩播ダイズの開花期は、郡山と相馬ではスズユタカが東北126号よりも遅く、会津ではその逆であった。開花までの所要日数はスズユタカが41～43日、東北126号が39～48日であり、いずれの品種も晩播は標播に比べ短期間で開花した。成熟期は、両品種ともにどの播種日においても郡山が最も遅かった。また、会津で栽培した標播は、播種日は最も遅かったのにもかかわらず、成熟期は比較的早かった。成熟までの所要日数は、標播の場合、スズユタカが124～138日、東北126号が130～143日であり、晩播はスズユタカが108～112日、東北126号が112～123日であった。両品種ともに晩播では成熟期は遅れるが生育日数は短縮された。

登熟期間の平均気温はいずれの栽培地でも前半が後半よりも2.1～7.4℃高く、郡山、会津では相馬に比べ前・後半の温度差が大きかった。全期間をとおした平均気温は、いずれも標播の方が晩播より0.8～2.2℃高く、また標播、晩播ともに会津が最も高く、次いで相馬、郡山の順であつ

第2表 播種期および栽培地がスズユタカと東北126号の開花・成熟期、収量、百粒重等におよぼす影響。

播種期	品種	栽培地	播種日	開花期	成熟期	平均気温 (°C)			積算日照時間 (時間)	子実収量 (kg/a)	百粒重 (g)
						前半	後半	全期間			
標播	スズユタカ	郡山	5月30日	7月25日(56) <sup>1)</sup>	10月10日(133)	22.7 <sup>2)</sup>	18.4 <sup>3)</sup>	20.6 <sup>4)</sup>	290 <sup>5)</sup>	41.1	26.6
		会津	6月5日	7月21日(46)	10月7日(124)	24.7	19.4	22.1	557	41.8	26.4
		相馬	5月23日	7月24日(62)	10月8日(138)	22.0	19.2	20.7	260	27.3	24.8
		(平均)		55	132	23.1	19.0	21.1	369	36.7	25.9
晩播	スズユタカ	郡山	7月3日	8月15日(43)	10月19日(108)	21.5	15.6	18.4	259	33.1	25.0
		会津	6月19日	8月1日(43)	10月9日(112)	23.7	18.0	21.3	461	32.9	24.4
		相馬	6月27日	8月7日(41)	10月16日(111)	22.1	17.0	19.9	245	23.1	24.6
		(平均)		42	110	22.4	16.9	19.9	322	29.7	24.7
標播	東北126号	郡山	5月30日	7月23日(54)	10月18日(141)	23.0	18.1	20.4	354	43.4	28.7
		会津	6月5日	7月20日(45)	10月13日(130)	24.8	19.0	21.8	592	48.6	28.7
		相馬	5月23日	7月21日(59)	10月13日(143)	22.6	19.1	20.8	290	31.3	29.2
		(平均)		53	138	23.5	18.8	21.0	412	41.1	28.9
晩播	東北126号	郡山	7月3日	8月12日(40)	10月27日(116)	22.3	14.9	18.8	326	30.4	27.6
		会津	6月19日	8月6日(48)	10月20日(123)	23.6	16.1	20.1	472	38.8	27.8
		相馬	6月27日	8月5日(39)	10月17日(112)	22.0	17.3	19.9	250	24.5	27.4
		(平均)		42	117	22.6	16.1	19.6	349	31.2	27.6
分散分析 <sup>6)</sup>		播種期							**	**	
		品種							*	**	
		栽培地							**	NS	

- 1) ( ) 内の数値は播種日からの所要日数を示す。
- 2) 開花から開花後40日までの平均気温。
- 3) 開花後41日から成熟期までの平均気温。
- 4) 開花から成熟期までの平均気温。
- 5) 開花から成熟日までの1日の日照時間を積算した時間。
- 6) \*\*, \*は、それぞれ1%, 5%水準で有意差あり。NSは有意差なし。相互作用はいずれも有意ではなかった。

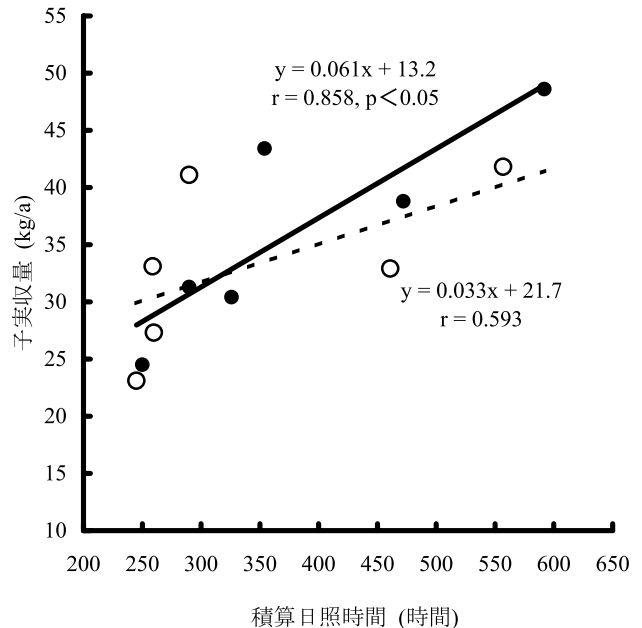
た。

登熟期間の積算日照時間は標播より晩播の方が短く、2品種の平均で、郡山では30時間、相馬では28時間、会津では108時間短かった。また、品種、栽培地、播種時期を込みにした積算日照時間は会津が520時間で最も長く、ついで郡山(307時間)で、やませ気候に見舞われた相馬(261時間)は最も短かった。

以上の結果、標播は開花及び収穫までの所要日数が晩播より長かった。また、会津で栽培した標播は、播種日は最も遅かったのにもかかわらず、成熟期は最も早かった。

1a当たりの子実収量は標播の場合、スズユタカ27~42kg(平均36.7kg)、東北126号31~49kg(平均41.1kg)であった。また、両品種ともに相馬での収量が極めて低かった。東北126号の収量はいずれの試験地でもスズユタカより高く、平均で4.4kg多かった。

晩播はスズユタカ23~33kg(平均29.7kg)、東北126号25~39kg(平均31.2kg)であった。両品種ともに標播と同様、相馬での収量が低かった。東北126号の収量は標播と同様な傾向があり、スズユタカより平均で1.5kg多かった。栽培地と播種期を込みにして開花期から成熟期までの積算日照時間と収量との関係(第1図)をみると、スズユタカでは有意な相関関係は見られなかったが、東北126号では両者の間に  $y=0.061x+13.2$  ( $r=0.858, P<0.05$ ) の一次式が成立 ( $y$ =子実収量 kg/a,  $x$ =積算日照



第1図 播種期移動試験における積算日照時間と子実収量との関係。

○スズユタカ, ●東北126号, ……スズユタカ, ——東北126号。

時間)し、積算日照時間が短い栽培地、晩播条件で低収となる傾向があった。

実験1を通じた分散分析の結果、東北126号はスズユタカよりも収量が高かった(第2表)。また、いずれの試験地でも、標播は晩播より有意に収量が高く、平均値でスズユタカは7.0kg、東北126号は9.9kg多かった。

百粒重は、スズユタカ、東北126号ともに標播の方がやや大きく、1%水準で有意であった。また、品種特性上、粒の大きさが“中の大”と分類される東北126号(島田ら2004)は“中”に分類されるスズユタカよりも標播、晩播ともに有意に大きかった。

## (2) 標播と晩播ダイズのイソフラボン含量と組成について

第3表に各栽培地における標播、晩播のスズユタカと東北126号の子実中のイソフラボンの測定値を示した。

子実の乾物100g当たりの総イソフラボン含量は、標播ダイズの場合、スズユタカが208~241mg、東北126号が351~443mgで、東北126号の含量はスズユタカの約1.5~1.8倍であった。また、会津で栽培したダイズは含量が多く、相馬産は少ない傾向があった。

晩播のイソフラボン含量はスズユタカが270~298mg、東北126号が476~495mgで、東北126号の含量はスズユタカの約1.6~1.8倍であり、標播と同様の傾向が認められた。また、標播と同様に会津支場で栽培した東北126号はイソフラボン含量が多かった。晩播のイソフラボン含量は標播よりスズユタカ、東北126号ともに約1.1~1.4倍多かった。

以上のことから、東北126号のイソフラボン含量はどの播種期、栽培地においても、スズユタカの約1.5~1.8倍であることがわかった。また、晩播は標播よりイソフラボン含量がやや多い傾向にあることも明らかとなった。

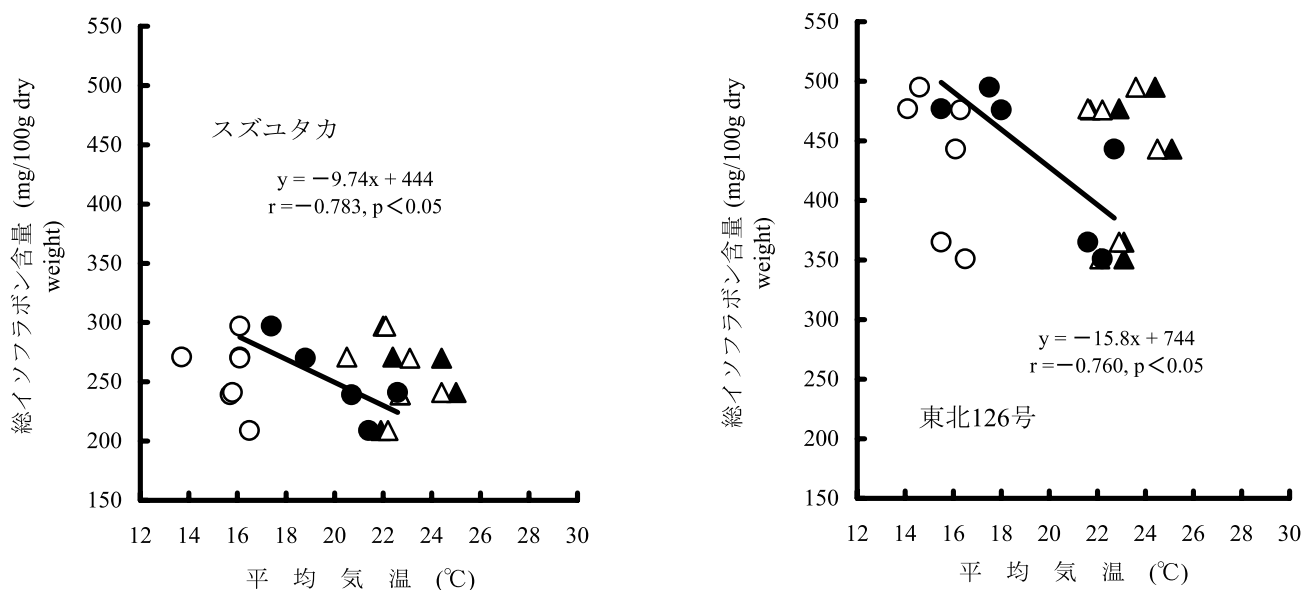
イソフラボン組成はいずれの品種、播種時期、栽培地においてもマロニルタイプが多く、総イソフラボンの78.0~86.9%を占めていた。マロニルタイプでは、スズユタカは56.3~63.5%(平均60.9%)、東北126号は49.8~60.4%(平均56.4%)がゲニスチンであり、ダイジンよりもやや多い傾向にあった。また、両品種とも栽培地による違いはほとんど見られないが、播種時期が遅くなるとい

第3表 播種期および栽培地がスズユタカと東北126号の子実中のイソフラボン組成および含量におよぼす影響。

品 種	構 成 成 分	郡 山		会 津		相 馬		平均比率 (%)
		標播	晩播	標播	晩播	標播	晩播	
		含量(mg/100gDW) <sup>4)</sup>						
	マロニルタイプ							
	ダイジン	79.2	83.6	77.8	83.9	62.1	107	(39.2)
	ゲニスチン	125	133	125	133	108	138	(60.9)
	計	204	216	203	217	170	245	(100)
	マロニルタイプの比率(%) <sup>1)</sup>	(85.4)	(79.7)	(84.2)	(80.3)	(81.5)	(82.5)	(82.3)
スズユタカ	グリコシルタイプ							
	ダイジン	3.8	4.2	3.9	4.2	3.0	5.0	(10.6)
	ゲニスチン	28.4	40.1	30.6	40.2	24.2	42.4	(89.4)
	計	32.2	44.3	34.5	44.4	27.2	47.4	(100)
	グリコシルタイプの比率(%) <sup>2)</sup>	(13.5)	(16.3)	(14.3)	(16.4)	(13.1)	(15.9)	(14.9)
アグリコン	ダイゼイン	1.2	7.1	2.1	5.1	6.3	2.5	(54.9)
	ゲニスチン	1.4	3.7	1.9	3.7	5.0	2.4	(45.1)
	計	2.6	10.8	4.0	8.8	11.3	4.9	(100)
アグリコンの比率(%) <sup>3)</sup>	(1.1)	(4.0)	(1.7)	(3.3)	(5.4)	(1.6)	(2.9)	
	総イソフラボン	239	271	241	270	208	298	
東北126号	マロニルタイプ							
	ダイジン	136	151	157	158	153	168	(43.7)
	ゲニスチン	174	220	206	239	152	211	(56.4)
	計	310	371	362	396	305	379	(100)
	マロニルタイプの比率(%) <sup>1)</sup>	(85.0)	(78.0)	(81.8)	(80.1)	(86.9)	(79.5)	(81.9)
	グリコシルタイプ							
	ダイジン	6.8	40.1	9.3	37.1	4.9	40.1	(26.8)
	ゲニスチン	46.2	60.8	61.9	55.9	36.5	52.0	(73.2)
	計	53.0	101	71.2	93.0	41.4	92.1	(100)
	グリコシルタイプの比率(%) <sup>2)</sup>	(14.5)	(21.2)	(16.1)	(18.8)	(11.8)	(19.4)	(20.0)
アグリコン	ダイゼイン	0.9	2.0	4.9	3.1	2.3	2.7	(51.3)
	ゲニスチン	1.0	2.0	4.4	2.3	2.3	2.7	(48.7)
	計	1.9	4.0	9.3	5.4	4.6	5.4	(100)
アグリコンの比率(%) <sup>3)</sup>	(0.5)	(0.8)	(2.1)	(1.1)	(1.3)	(1.1)	(1.2)	
	総イソフラボン	365	476	443	495	351	476	

<sup>1)</sup> -<sup>3)</sup> 総イソフラボンに占める各タイプのイソフラボンの比率。

<sup>4)</sup> 子実乾物100g中に含まれる各イソフラボンの重量(mg)。



第2図 播種期移動試験における登熟期間中の4生育ステージでの平均気温と総イソフラボン含量の関係。

- ▲は開花日～開花後20日，△は開花後21日～40日，●は開花後41日～60日，○は開花後61日～収穫日を示す。
- 有意な相関関係は両品種とも開花期後41～60日の平均値にのみ認められた。

ずれの栽培地でもマロニルタイプが減少しグリコシルタイプがやや増加する傾向があった。

以上のことからスズユタカと東北126号のイソフラボン含量は栽培地、栽培時期に関係なくマロニルタイプが主体であり、ゲニステンがダイジンよりやや多いことが分かった。更に栽培時期が遅くなるとグリコシル型が増加する傾向のあることも明らかとなった。

第2図に実験1における登熟期間中の4ステージ（開花日～開花後20日，開花後21～40日，開花後41～60日，開花後61日～収穫日）の平均気温（ $x$ ）とスズユタカおよび東北126号の総イソフラボン含有率（ $y$ ）の関係を示した。

スズユタカおよび東北126号の総イソフラボン含有率は、登熟期の前半に当たる開花日～開花後20日，と開花後21～40日の平均気温とはほとんど関係が見られなかった。しかし、後半、特に開花後41～60日の平均気温とは負の相関が認められ、この期間の平均気温が低いダイズほどダイズ子実の総イソフラボン含量は高い傾向があり、スズユタカでは  $y = -9.74x + 444$  ( $r = -0.783$ ,  $P < 0.05$ )、東北126号では  $y = -15.8x + 744$  ( $r = -0.760$ ,  $P < 0.05$ ) の一次式 ( $y =$  総イソフラボン含量 mg/100 g (dry weight),  $x =$  平均気温  $^{\circ}\text{C}$ ) が成り立った。

## 2. イソフラボン含量に及ぼす登熟期の温度の影響について

登熟期間の生育環境がイソフラボン含量に及ぼす影響を明らかにするため、登熟期間中にポットを移動し気象条件が異なる場所で栽培したところ、スズユタカと東北126号の総イソフラボン含量および登熟中の平均気温と積算日照時間は第1表のとおりであった。

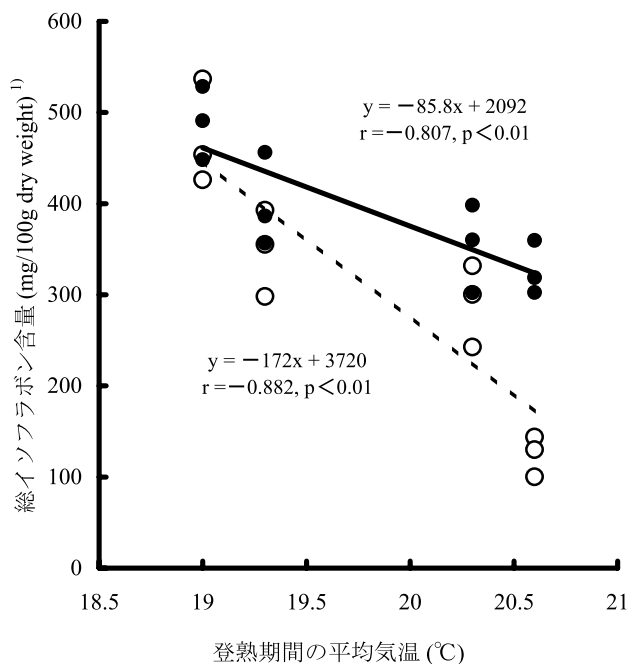
猪苗代/猪苗代区は登熟中の全期間を猪苗代（冷害試験地）で栽培したダイズ、郡山/猪苗代区は登熟期の後半、猪苗代/郡山区は前半を猪苗代で栽培したダイズと示すと、スズユタカ子実の乾物100g当たりの総イソフラボン含量は対照区（ $125 \pm 11.1$  mg）の郡山/郡山区が最も少なく、以下、猪苗代/郡山区（ $291 \pm 22.7$  mg）、郡山/猪苗代区（ $349 \pm 23.8$  mg）、猪苗代/猪苗代区（ $472 \pm 28.8$  mg）の順で高かった。猪苗代/郡山区の総イソフラボン含量は対照区の約2.3倍、郡山/猪苗代区は約2.8倍、猪苗代/猪苗代区は約3.8倍となり東北126号並であった。

日照時間は341～373時間で、前半は猪苗代の方が23時間、後半は郡山の方が9時間長かった。平均気温は猪苗代/猪苗代区が $19.0^{\circ}\text{C}$ 、郡山/猪苗代区が $19.3^{\circ}\text{C}$ 、猪苗代/郡山区が $20.3^{\circ}\text{C}$ 、対照区が $20.6^{\circ}\text{C}$ である。したがって、登熟中の平均気温が低いダイズほどイソフラボン含量が多い傾向を示した。

東北126号の猪苗代/猪苗代区の総イソフラボン含量は対照区の約1.5倍、郡山/猪苗代区は約1.2倍、猪苗代/郡山区は約1.1倍で、処理による影響はスズユタカと同様であったが、その増加量は少なかった。また、対照区の東北126号の総イソフラボン含量はスズユタカの約2.6倍であったが、猪苗代/郡山区では約1.2倍、郡山/猪苗代区では約1.1倍、猪苗代/猪苗代区ではほぼ同量であった。

第3図に実験2におけるスズユタカと東北126号の総イソフラボン含量（ $y$ , mg/100 g dry weight）と登熟期間中の平均気温（ $x$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ）との相関関係を示した。

これらのダイズのイソフラボン含有率間には、スズユタカでは  $y = -172x + 3720$  ( $r = -0.882$ ,  $P < 0.01$ )、東北



第3図 ポットによる栽培地移動試験における登熟期間の平均気温と大豆子実の総イソフラボン含量の関係。

○スズユタカ, ●東北126号, ……スズユタカ, ——東北126号。

<sup>1)</sup> 第2表参照。

126号では  $y = -85.8x + 2092$  ( $r = -0.807$ ,  $P < 0.01$ ) の一次式が成立した。

以上の結果, ダイズのイソフラボン含量は遺伝的要因(品種)の他に登熟期の環境, 特に後半の温度の影響を強く受けることが明らかになった。一方, 積算日照時間とイソフラボン含量との関係は判然としなかった。

### 考 察

スズユタカとイソフラボン含量が特に多い東北126号を対象として, 播種時期の移動およびポットによる栽培地の移動を利用し登熟環境条件が子実中のイソフラボン含量にどのような影響をおよぼすか検討した。福島県内の気象条件の異なる3試験地における播種期移動試験において, 東北126号はいずれの播種期においてもスズユタカよりも安定多収の上, イソフラボン含量が顕著に高いことが認められた。東北126号の多収性は平成8~13年に実施された全国のべ80カ所で行われた奨励品種決定調査試験結果(島田ら2004)でも示されている。子実中のイソフラボン含量には有意な品種間差が認められており(Carrão-Panizzi and Kitamura 1995, Hoeckら2000), 東北126号のイソフラボン含量は本実験の結果や育成地の生産力検定試験結果(境ら2002a)においても, いずれも320 mg/100 gDWを超えていることから安定的に高い含量を示す品種であるといえる。さらに東北126号は外観品質もよく, 倒伏抵抗性, ダイズモザイク病抵抗性, ダイズシストセンチュウ抵抗性

にも優れる(境ら2002a, 島田ら2004)ことから, これら特徴とともに高イソフラボン性といった付加価値を活かした安定生産が期待される。

本実験における登熟期間の平均気温は, いずれの試験地でも登熟期前半よりは後半が2.1~7.4℃, 標播よりは晩播が0.8~2.2℃低く, また積算日照時間も晩播の方が短かった。ダイズ子実中のイソフラボン含量は, 登熟期間の温度に左右される(Tsukamotoら1995)ことや, 子実肥大期, 特に枝豆適期前後の低温処理で高くなる(境ら2002b)ことが報告されている。本試験でもR5後半にあたる開花後41~60日の平均気温とダイズ子実中のイソフラボン含量には負の相関が認められた。これらのことから晩播ダイズのイソフラボン含量が高まる原因は主として登熟期間の環境, 特に後半の温度が低いことが密接に関係していると考えられる。

また, 実験2では, 冷涼な猪苗代で栽培する時期が登熟期前半よりも後半の方でイソフラボン含量が高かった。イソフラボンは開花後35日頃から蓄積が始まり, 登熟に伴い蓄積量が増える(Kudouら1991)ことが報告されている。これらのことから, 登熟期の中でも特に後半の温度がイソフラボン含量に大きく影響すると考えられる。従って, 登熟後半(福島県では9月下旬以降)に気温が低い冷涼地では, 高イソフラボン含有ダイズの生産が可能になると想定される。

本実験では, 積算日照時間が短い栽培地や播種期処理で低収となる傾向が認められ, 東北126号においては積算日照時間と子実収量の間に正の相関関係が認められた。晩播ダイズでは播種から開花期までの気温が高いために生育が早まり全生育期間が短縮され(大久保ら1978), 登熟期間中の積算気温と積算日射量の低下から, 子実収量が減少する(斎藤ら1980)と考えられる。一方, 晩播ダイズでは, 登熟期後半が低温となるためイソフラボン含量は明らかに高まることが認められた。従って晩播ダイズでは, 農業生産上, 高イソフラボンという低収をカバーする新たな付加価値が生じ, これをいかした新たな加工用途の開発が可能となると考えられる。他方, イソフラボン含量と積算日照時間の関係は本実験では判然としなかったため, 今後, 気温以外の環境要因の影響についても詳細な検討が必要であろう。

以上の結果から, ダイズのイソフラボン含量は遺伝的要因(品種)の他に登熟期の環境条件, 特に後半の温度の影響を強く受けることが明らかになった。これらのことから, 品種選定と栽培条件の設定により, イソフラボン含量が高いダイズ子実の生産が可能になると想定される。

謝辞: 本論文のとりまとめにあたって, 貴重なご意見と御校閲をいただいた農業・生物系特定産業技術研究機構作物研究所の島田信二室長に深く感謝致します。

## 引用文献

- Anderson, J.W., B.M. Johnston and M.E. Cook - Newell 1995. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *New Engl. J. Med.* 333 : 276—282.
- Brand, M.L. 1999. Phytoestrogens and menopause. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 7 : 213—216.
- Carrão - Panizzi, M.C and K. Kitamura 1995. Isoflavone content in Brazilian soybean cultivars. *Breed. Sci.* 45 : 295—300.
- 大豆調査基準検討委員会 1975. 大豆調査基準. 農林省農事試験場資料 3.
- 遠藤浩志・大野正博・丹治克男・島田信二・金子憲太郎 2003a. 豆腐のエソフラボン含量に及ぼす大豆の品種および豆乳調製法の影響. *日食保蔵誌* 29 : 165—172.
- 遠藤浩志・大野正博・丹治克男・島田信二・金子憲太郎 2003b. 品種および産地の異なる大豆のエソフラボン含量および豆腐加工適性. *日食保蔵誌* 29 : 221—228.
- Hoecck, J.A., W.R. Fehr, P.A. Murphy and G.A. Welke 2000. Influence of genotype and environment on isoflavone contents of soybean. *Crop Sci.* 40 : 48—51.
- Kennedy, A.R. 1995. The evidence for soybean products as cancer preventive agents. *J. Nutr.* 125 : 733—743.
- Kudou, S., T. Uchida, Y. Fleury, D. Welti, D. Magnolato, K. Kitamura and K. Okubo 1991. Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds. *Agric. Biol. Chem.* 55 : 2227—2233.
- Lu, L.-J. W., K.E. Anderson, J.J. Grady, M. Nagamani, and F. Kohen 2000. Decreased ovarian hormones during a soya diet: Implications for breast cancer prevention. *Cancer Res.* 60 : 4112—4121.
- McIntosh, M. S. 1983. Analysis of combined experiments. *Agron. J.* 75 : 153—155.
- 大久保隆弘・番場宏治・山田盾 1978. 関東平坦地帯におけるダイズの晩播栽培法に関する研究. *農事試験研報* 27 : 157—185.
- 斎藤正隆・大久保隆弘・橋本鋼二・西入恵二・砂田喜与志・熊野誠一・大庭寅雄 1980. 大豆の生態と栽培技術. (社) 農山漁村文化協会, 東京. 106—107.
- 境哲文・高田吉丈・河野雄飛・島田信二 2002a. 大豆新品種「ふくいぶき」の特性. *東北農業研究* 55 : 65—66.
- 境哲文・河野雄飛・高田吉丈・島田信二 2002b. 大豆子実中のエソフラボン含量に関する要因の解析. *日作紀* 71 (別 2) : 114—115.
- 島田信二・高田吉丈・境哲文・河野雄飛・島田尚典・高橋浩司・足立大山・田淵公清・菊池彰夫・湯本節三・中村茂樹・伊藤美環子・番場宏治・岡部昭典・高橋信夫・渡辺巖・長沢次男 2004. 耐病虫性・多収・高エソフラボン含量ダイズ新品種「ふくいぶき」の育成. *東北農業研究センター報告* 102 : 41—56.
- 戸田登志也・田村淳子・奥平武則 1997. 市販大豆食品のエソフラボン含量について. *FFI Journal.* 172 : 83—88.
- Tsuchida, K., S. Mizushima, M. Toba and K. Soda 1999. Dietary soybeans intake and bone mineral density among 995 middle-aged women in Yokohama. *J. Epidemiol.* 9 : 14—19.
- Tsukamoto, C., S. Shimada, K. Igita, S. Kudou, M. Kokubun, K. Okubo and K. Kitamura 1995. Factors affecting isoflavone content in soybean seeds: Changes in isoflavones, saponins, and composition of fatty acids at different temperatures during seeds development. *J. Agric. Food Chem.* 43 : 1184—1192.
- 家森幸男 1999. 日本食に秘められた知力. りびんぐ社, 東京. 1—48.

**Effects of Sowing Time and Temperature during Seed Filling Period on Yield and Seed Isoflavone Content of Soybean Variety**: Hiroshi ENDO<sup>\*,1)</sup>, Masahiro OHNO<sup>2)</sup>, Katsuo TANJI<sup>3)</sup>, Tetsufumi SAKAI<sup>4)</sup> and Kentaro KANEKO<sup>5)</sup> (<sup>1)</sup> Fukushima Technol. Cent. Aizuwakamatsu Tech. Support Cent., Aizuwakamatsu 965-0006, Japan; <sup>2)</sup> Fukushima Technol. Cent.; <sup>3)</sup> Fukushima Pref. Agric. Exp. Stn.; <sup>4)</sup> Natl. Agric. Res. Org.; <sup>5)</sup> Dep. of Appl. Life Sci., Nippon Vet. and Animal Sci. Univ.)

**Abstract** : We studied the effects of sowing time and temperature during the seed filling period on the yield and seed isoflavone content of two soybean varieties, Suzuyutaka containing an ordinary amount of isoflavone and Tohoku 126 containing a large amount of isoflavone. Tohoku 126 had a higher seed yield than Suzuyutaka regardless of sowing time and planting place. The late sowing soybeans had a higher isoflavone content, but lower seed yield than the standard sowing soybeans. The seed isoflavone content tended to increase by exposure to a low temperature during the seed filling period. The seed isoflavone content of Suzuyutaka grown under the low temperature condition during the latter half of the seed filling period, was similar to that of Tohoku 126 grown under the same condition. Thus the seed isoflavone content of soybean which varies with the variety was greatly influenced by temperature during the seed filling period, especially by the temperature during the latter half of the seed filling period.

**Key words** : Isoflavone content, Seed filling period, Sowing time, Soybean, Temperature.