

福岡県のダイズ生産圃場における土壌理化学性の実態

石塚明子*・小田原孝治・黒柳直彦・藤富慎一¹⁾・荒木雅登・石橋正文

2012年および2013年に福岡県内のダイズ生産圃場の土壌、ダイズの生育および収量性について、のべ214点を調査し、土壌理化学性の実態とダイズ収量への影響について明らかにした。その結果、県のダイズ生産圃場は、pHが低く、カリ飽和度および腐植含量が少なく、容積重が重い土壌が多い傾向にあったことから、土壌理化学性の悪化が考えられた。収量性と容積重には負の相関がみられ、収量性とカリ飽和度には正の相関が認められた。

これらのことから、ダイズの収量向上には、まず第一に有機物の施用による土壌物理性の改善が必要であると考えられた。さらに多くの圃場でpHが低くカリ飽和度が少なかったため、土壌pHを適正域に保つことと、カリ等の補給の重要性が示唆された。

[キーワード：ダイズ、収量性、土壌、腐植含量、容積重、カリウム]

Physico-chemical Properties of Soils from Land Used for Soybean Production in Fukuoka Prefecture. ISHITSUKA Akiko, Koji ODAHARA, Naohiko KUROYANAGI, Shinichi FUJITOMI, Masato ARAKI and Masafumi ISHIBASHI (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 2:19-24 (2016)

In order to analyze physico-chemical properties of soils from land used for soybean production in Fukuoka Prefecture, we investigated 214 points in 2012 and 2013, compared the results and showed the influence on soybean yield performance. The results showed that for such land, there was a tendency for pH to be low, potassium and humus content to be low, and for bulk density to be heavy, thus it is thought that there is deterioration of physico-chemical properties. Negative correlation was seen between bulk density and soybean yield performance, and positive correlation was seen between potassium and soybean yield performance.

It is considered that to improve soybean yield performance, it is first necessary to improve physico-chemical properties by applying organic matter to the soil. In addition, it is indicated for much production land with low pH and low potassium content, that it is important to maintain pH within an appropriate range and apply fertilizer to supplement potassium and other nutrients.

[Key words: Soybeans, yield performance, soil, humus content, bulk density, potassium]

緒言

外国産ダイズの多くが製油用に使われているのに対して、国内産ダイズは味や加工適性などの品質の良さが評価されていることから、ほぼ全量が豆腐、納豆、煮豆などの食品向けとして使用されている。また近年、食の安全に対する消費者の関心が高まり、国内産ダイズの需要が増し、国内産ダイズ価格は高騰している。このようなことから、実需者から国内産ダイズの安定供給を強く求められている。

2013年度の福岡県のダイズの作付面積は7,810haで全国4位であり(農林水産省2013)、ダイズは県の土地利用型農業の基幹作物となっている。2012年3月に策定された福岡県農業・農村振興基本計画において、水田農業の振興方向として、ダイズの高品質安定生産を掲げ、平均収量を2010年180kg/10aを2016年には270kg/10aの1.5倍に増やすことを目標としている。ダイズの収量増加に向けた取り組みとして、県では2012年4月に「麦・大豆生産拡大プロジェクト」を立ち上げ、関係団体が一体となり、生産体制・増収技術の確立、圃場条件の整備などの取り組みを行っている。このプロジェクト活動の一環として、今後の栽培技術の改善に資するために県内ダイズ生産現場の実態把握を行った。そこでダイズ生産

圃場の土壌の理化学性調査結果および栽培実態から、一定の知見を得たのでここに報告する。

材料および方法

1 土壌理化学性

2012年および2013年の2か年かけて、計214点(2012年:105点,2013年:109点)の圃場について調査を行った。調査圃場は県内の10普及指導センター管内で収量性が高い圃場と低い圃場を各年それぞれ約5圃場ずつ選定した。各地域の調査圃場数を第1表に示した。土壌の採取は、作業の利便性と収量性の高低の判断を行うため、落葉後とし、収穫直前の11月上旬に行った。土壌分析は、化学性については作土、物理性については作土直下を対象とした。作土は圃場の中央部および対角線上の5カ所から採取し、良く混合して1試料とした。物理性測定試料はダイズ株間の畝の上面から深さ5~10cmの土壌を100mL容の採土円筒で1圃場につき3カ所採取した。

分析は土壌環境分析法(土壌環境分析法編集委員会1997)に従って行った。pH(H₂O)はガラス電極法、陽イオン交換容量(CEC)はセミマイクロシウレンベルガー法で測定した。石灰飽和度(CaO)、苦土飽和度(MgO)、カリ飽和度(K₂O)は、1M酢酸アンモニウム(pH7.0)で交

*連絡責任者(筑後分場: aishitsu@farc.pref.fukuoka.jp)

1) 現 福岡県筑後農林事務所 南筑後普及指導センター

受付2015年8月3日;受理2015年11月19日

換性カルシウム、マグネシウムおよびカリウムを抽出し、原子吸光光度法で測定し、算出した。可給態リン酸 (P_2O_5) はトルオーグリン酸法で測定した。腐植含量は、全炭素 (T-C) をチューリン法で分析し、その値に 1.724 を乗じて算出した。可給態ホウ素は土壤養分分析法 (土壤養分測定法委員会 1973) に従って分析し、クルクミンシュウ酸法で測定した。

土壤物理性の三相分布 (固相率、液相率および気相率) は砂柱法により -3.1 kPa の値を測定し、気相率を粗孔隙率とした。容積重は、100mL 容の土を 105°C で 40 時間以上熱風乾燥した重量とした。

2 栽培管理

土壤理化学性を調査した圃場の栽培管理についてそれぞれアンケート形式で生産者に聞き取りを行った。播種日、3 年前からの夏冬作目栽培履歴、わらのすき込みの有無、堆肥施用の有無、肥料および土壤改良剤の施用の有無、本暗渠や弾丸暗渠などの排水対策について調査した。

3 ダイズの生育および収量性

土壤理化学性を調査した圃場において、落葉後、収穫直前の 11 月上旬にダイズの生育および収量性について調査を行った。ダイズの生育については、主茎長を測定した。また、ダイズの収量性については、調査時の莢の多少や充実程度を観察し、高中低の判定を行った。一部の調査圃場において成熟期に約 10 m^2 の株を抜き取り子実重を算出した。2013 年に収量性を高と判定した圃場の平均子実重は $282\text{ kg}/10\text{ a}$ 、低と判定した圃場は $174\text{ kg}/10\text{ a}$ であった (第 1 表)。

結果

1 ダイズ圃場の土壤理化学性の実態

第 2 表にダイズ圃場の土壤改善目標値 (福岡県 2009a) と 2012 年、2013 年に調査した土壤理化学性に関して目標値を基準にして圃場の分布割合を示した。土壤 pH、石灰飽和度、苦土飽和度、カリ飽和度、腐植含量の目標値下限値未満の分布割合はそれぞれ 55%、48%、66%、78%、57% で、調査圃場の半数近くが、下限値を下回り、特にカリ飽和度の不足が顕著であった。また、陽イオン交換容量、可給態リン酸および粗孔隙率はそれぞれ 87%、90% および 69% の圃場で目標値内であり、優れた結果であった。容積重は 66% の圃場で目標値上限の $100\text{ g}/100\text{ mL}$ より重かった。

2 地域別にみたダイズ圃場の土壤理化学性

土壤の pH は、目標値の pH6.0~6.5 の分布比率は県全体で 29% であったが、北九州は 52% と高く、久留米は 10% と低かった (第 1 図)。腐植含量は、目標値下限の 3% 以上の分布比率は県全体で 43% であったが、八女、田川は 78% と高く、北筑前、京築はそれぞれ 14%、18% と低

第 1 表 調査圃場数および収量性と子実重の関係

地域	年次	収量性	調査圃場数	収量調査圃場数	子実重 $\text{kg}/10\text{ a}$
合計 および 平均	2012	高	52	4	284 ¹⁾
		中	9	0	—
		低	37	4	269 ¹⁾
	2013	不明	7	0	—
		高	47	18	282 ²⁾
		低	62	26	174 ²⁾
福岡	2012	高	4	4	
		低	6	4	
	2013	高	7	6	
		低	5	5	
北筑前	2012	高	4	0	
		低	5	0	
		不明	3	0	
	2013	高	4	2	
低		6	2		
朝倉	2012	高	3	0	
		中	6	0	
		低	1	0	
	2013	高	5	1	
低		5	1		
久留米	2012	高	5	0	
		中	1	0	
		低	4	0	
	2013	高	5	2	
低		5	2		
北九州	2012	高	7	0	
		低	3	0	
	2013	高	4	1	
		低	7	1	
飯塚	2012	高	9	0	
		低	3	0	
	2013	高	5	1	
		低	6	1	
田川	2012	高	4	0	
		低	3	0	
		不明	4	0	
	2013	高	3	3	
低		9	9		
南筑後	2012	高	6	0	
		低	4	0	
	2013	高	4	1	
		低	6	1	
八女	2012	高	4	0	
		中	2	0	
		低	4	0	
	2013	高	5	1	
低		7	1		
京築	2012	高	6	0	
		低	4	0	
	2013	高	5	1	
		低	6	2	

1) 福岡地域のみ平均子実重

2) 10 地域の平均子実重

第2表 福岡県におけるダイズの土壤改善目標値に対する現地圃場の分布割合

	pH (H ₂ O)	陽イオン 交換容量	石灰 飽和度	苦土 飽和度	カリ 飽和度	可給態 リン酸	腐植 含量	容積重	粗孔隙率
目標値超過	16	—	12	7	1	7	—	66	—
目標値内	29	87	40	27	21	90	43 ²⁾	32	69
目標値未滿	55	13	48	66	78	2	57 ²⁾	2	31
土壤改善 目標値	6.0~6.5	12以上 me/100g	54~75 %	11~16 %	4~6 %	10~50 mg/100g	3以上 %	80~100 g/100mL	15以上 %

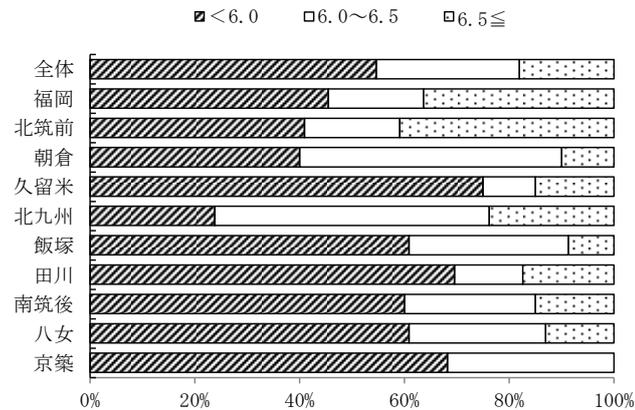
- 1) 2012年および2013年の2か年の値から算出し、目標値以外の数値は割合(%)
 2) 2012年の腐植については飯塚、田川地域は微粉炭の混入が想定されたため、除外

かった(第2図)。容積重は、目標値以内の80~100g/100mLの分布比率は県全体で32%であったが、朝倉、南筑後はそれぞれ50%、55%と高く、北九州、飯塚は全て100g/100mLを超え、基準を満たした圃場は無かった(第3図)。

有機物を施用し、腐植含量が増加すると土壤物理性の改善が期待される。そこで地域別の腐植含量と容積重の関係を第4図に示した。腐植含量と容積重に負の相関がみられた。福岡、北筑前、北九州、飯塚および京築地域は、目標値より腐植が少なく、容積重が重かった。一方、朝倉、久留米、南筑後および八女地域は、腐植含量、容積重ともに目標値に近かった。

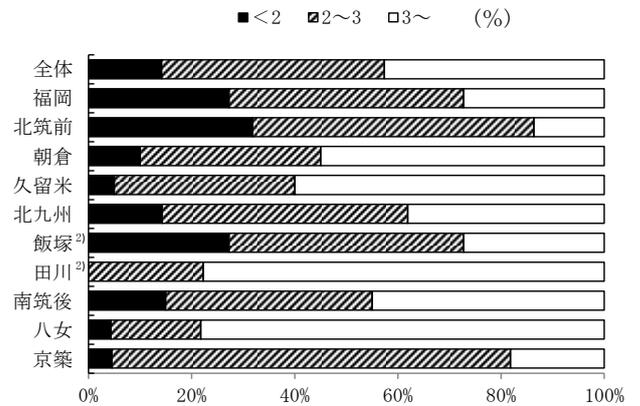
3 栽培管理と土壤化学性の関係

土壤 pH を上げるためには石灰質資材の施用が必須である(福岡県 2009b)。そこで、石灰質資材の有無と pH の関係について第3表に示した。石灰質資材を施用している圃場比率は40%で、これらの圃場では pH が目標値の pH6.0 以上であるのに対し、施用しない圃場では、目標値に達していなかった。



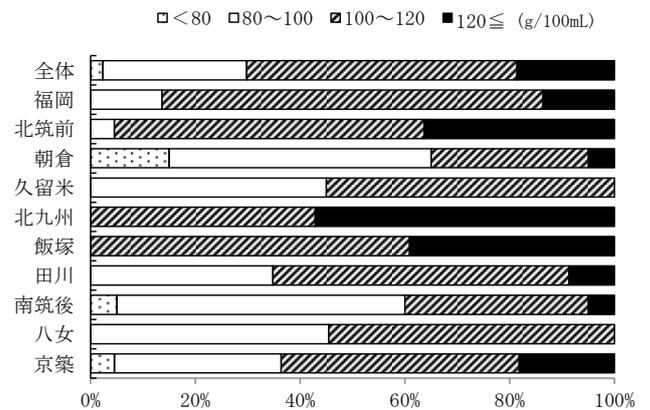
第1図 地域別にみた pH 値ごとの圃場分布比率

- 1) 2012年および2013年の2か年の値を用いて分布比率を算出



第2図 地域別にみた腐植含量ごとの圃場分布比率

- 1) 2012年および2013年の2か年の値を用いて分布比率を算出
 2) 2012年の飯塚、田川地域では腐植含量に微粉炭の混入が想定されたため、除外



第3図 地域別にみた容積重ごとの圃場分布比率

- 1) 2012年および2013年の2か年の値を用いて分布比率を算出

4 ダイズの生育および収量性と土壌理化学性の関係

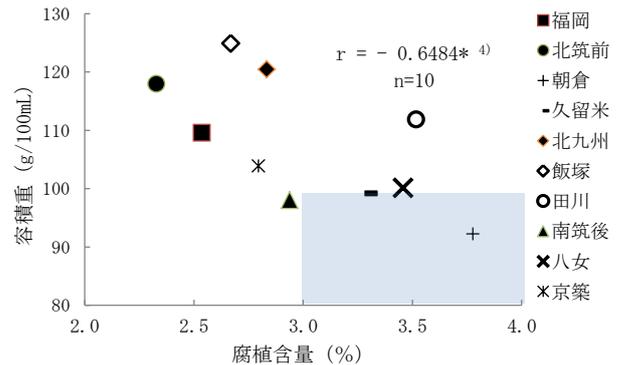
第4表にダイズの生育および収量性と土壌理化学性の相関係数を示した。ダイズ子実の収量性と塩基飽和度の関係を見ると、石灰飽和度と苦土飽和度との相関は無かったが、カリ飽和度と正の相関が認められた。また、容積重には負の相関、粗孔隙率とは正の相関が認められた。pH、陽イオン交換容量、可給態リン酸、腐植含量との相関は認められなかった。また容積重と腐植含量には負の相関が認められた。

第5表に地域別にみたダイズの収量性と土壌理化学性の関係を示した。福岡地域では、収量性の低い圃場では、容積重が重い傾向が見られた。田川地域でも同様の傾向で、さらに収量性の低い圃場は粗孔隙率が低かった。また、北九州および八女地域では、ホウ素が高い圃場が収量性が高い傾向にあった。

考察

土壌分析の結果、土壌化学性については、pHおよびカリ飽和度が目標値より低い圃場が多いことが確認された。坪内・斉藤(2010)は土壌のpHが高いほどダイズの根粒のアセチレン活性が高く、窒素固定能が増し、ダイズの子実重が向上する可能性が高いことを示唆している。本試験の結果では、pHと収量性の間に有意な相関はみられなかったが、石灰質資材を施用した圃場で有意にpHが高かったことから、土壌診断データに基づき、石灰質資材の施用が必要であると考えられた。

また、カリは子実中に多く含まれることから、要求量が高いといわれており(有原2010)、小田原ら(2012)は土壌中のカリとダイズ百粒重に正の相関を認めている。本試験でも収量性とカリには正の相関が認められたことから、ダイズ収量を向上させるためには、カリを含む肥料や堆肥の施用が重要である。



第4図 各地域の腐植と容積重の関係

- 1) 各地域の2012年、2013年それぞれ約10圃場を平均した値
- 2) 2012年の腐植は飯塚、田川地域は微粉炭の混入が想定されたため、その数値は除外
- 3) 網掛けは、目標値内
- 4) *は、5%水準で有意差あり

第3表 石灰質資材施用の有無と土壌pHの関係

石灰質資材施用	pH(H ₂ O)
無	5.87
有	6.16
t検定	** ³⁾

- 1) 2012年および2013年の2か年の値から算出
- 2) 調査圃場の石灰施用比率は40%
- 3) **は1%水準で有意差あり

第4表 ダイズの生育および収量性と土壌の理化学性の相関係数

項目	主茎長	pH(H ₂ O)	陽イオン交換容量	石灰飽和度	苦土飽和度	カリ飽和度	可給態リン酸	腐植 ³⁾ 含量	容積重	粗孔隙率
収量性 ²⁾	0.190 **	-0.011	0.012	0.027	0.031	0.159 *	0.020	-0.005	-0.186 **	0.241 **
主茎長		0.125	0.041	0.110	-0.114	-0.188 **	0.099	0.120	0.014	-0.102
pH(H ₂ O)			0.107	0.795 **	0.269 **	0.015	0.431 **	-0.124	0.217 **	-0.143 *
陽イオン交換容量				0.080	0.124	0.016	0.161 *	0.435 **	-0.269 **	-0.045
石灰飽和度					0.234 **	-0.083	0.388 **	-0.176 *	0.243	-0.102
苦土飽和度						0.186 **	0.077	-0.348 **	0.263 **	-0.224 **
カリ飽和度							0.174 *	-0.143 *	-0.085	0.210 **
可給態リン酸								0.118	-0.033	0.011
腐植含量									-0.390 **	0.137
容積重										-0.714 **

- 1) 2012年および2013年の2か年の値から算出
- 2) 収量性は高、中、低をそれぞれ3, 2, 1と数値化し、解析
- 3) 2012年の飯塚、田川地域では腐植含量に微粉炭の混入が想定されたため除外
- 4) **は1%, *は5%水準で相関あり(n=214)

第5表 地域別にみたダイズの収量性と土壤理化学性の関係

地域	収量性	土壤改善 目標値	pH	CEC	塩基飽和度			可給態	可給態	腐植	容積重	粗孔隙	
			(H ₂ O)	me/100g	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	ホウ素	含量		g/100mL	%
			6.0~6.5	12以上	54~75	%	%	%	mg/100g	ppm	3以上	80~100	15以上
福岡	高 低	平均値	6.22	13.0	63.5	11.4	2.1	26.0	0.36	2.6		104	18
		平均値	6.18	11.3	60.8	9.8	2.7	27.2	0.33	2.5		113	20
		t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
北筑前	高 低	平均値	6.45	16.1	27.7	14.6	2.4	39.3	0.35	2.5		116	21
		平均値	6.15	14.3	13.4	14.9	2.4	20.1	0.31	2.2		118	20
		t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
朝倉	高 低	平均値	6.03	17.8	43.8	4.7	2.1	29.0	0.28	4.3		91	28
		平均値	6.00	16.3	44.2	6.5	2.1	29.7	0.31	4.0		93	25
		t検定	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
久留米	高 低	平均値	5.51	19.2	45.3	6.3	3.0	24.9	0.42	3.7		101	19
		平均値	5.70	16.6	50.9	7.1	3.0	27.9	0.35	2.8		98	21
		t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
北九州	高 低	平均値	6.23	17.5	63.3	11.5	2.6	20.3	0.50	2.8		120	15
		平均値	6.16	16.2	56.6	10.6	2.8	24.0	0.35	2.8		122	11
		t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
飯塚	高 低	平均値	5.85	17.6	55.5	9.3	2.7	23.9	0.36	2.4	³⁾	118	13
		平均値	5.93	16.0	58.2	11.9	2.5	28.1	0.38	2.9	³⁾	121	8
		t検定	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
田川	高 低	平均値	6.00	19.2	65.8	7.8	1.9	42.2	0.54	3.6	³⁾	101	30
		平均値	5.94	19.2	64.2	6.6	1.7	26.1	0.45	3.5	³⁾	109	19
		t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**
南筑後	高 低	平均値	5.84	21.4	49.8	15.2	3.7	26.1	0.38	2.9		98	22
		平均値	5.94	26.0	53.2	15.4	3.1	38.0	0.50	3.0		97	19
		t検定	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
八女	高 低	平均値	5.92	20.5	53.0	8.4	2.4	27.0	0.37	3.6		98	23
		平均値	5.94	19.0	54.7	7.8	2.3	38.1	0.31	3.4		103	22
		t検定	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
京築	高 低	平均値	5.84	15.3	46.8	7.4	2.6	16.8	0.34	2.9		102	24
		平均値	5.75	13.6	43.7	6.8	3.2	14.9	0.35	2.7		110	23
		t検定	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

1) 2012年および2013年の2か年の値から算出

2) 収量性については、中と判定した圃場は低に分類し、不明な圃場は除外

3) 2012年の腐植については飯塚、田川地域は微粉炭の混入が想定されたため、除外

4) **は1%、*は5%水準で相関あり

可給態ホウ素は、北九州地域および八女地域で収量性が高い圃場の土壤で高い傾向がみられた。江口（2000）は可給態ホウ素が不足する土壤で、ダイズの葉の黄化の遅れや、不稔莢や未熟粒の発生がみられることを報告している。このことから、ダイズの収量性に可給態ホウ素の不足が影響していることが考えられる。ダイズの収量向上のため、ホウ素を含む資材の施用は有効であると考えられた。

また土壤物理性について、小田原ら（2012）は土壤の容積重とダイズ子実重に負の相関があることを報告している。今回の調査においても同様の結果が得られている。腐植含量と収量性には相関はみられなかったが、腐植含量と容積重に負の相関がみられることから、腐植含量は

養分としての効果より、土壤物理性の改善効果が大きいことが考えられる。このことから、有機物の施用により腐植含量を増加させ、容積重を適正域に保ち、土壤の物理性改善を図ることが、収量安定につながることを示唆された。

また、腐植含量と容積重の分布には地域差がみられ、福岡、北筑前、北九州、飯塚および京築地域は腐植含量が低く、容積重が重く、土壤物理性が不良であった。また、福岡地域や田川地域では、容積重が重いほど収量性が悪い傾向が見られたため、特にダイズ子実収量向上のために堆肥などの有機物施用による土壤物理性の改善が重要であることが示唆された。

以上のことにより、県下のダイズ生産圃場は、腐植含

量が少なく、容積重が重い土壌が多く、有機物の施用による土壌物理性の改善が必要であることが示唆された。また、pHを適正域に保つ必要があり、カリ等の土壌養分が不足する圃場が多く、肥料成分の補給やわらすき込みが必要な現状が明らかとなった。

本試験では、土壌の理化学性とダイズの収量性の関係に着目して解析を行ったが、その他栽培管理や圃場条件や土壌中の窒素成分が収量に及ぼす影響は大きい。服部ら(2013)は新潟県において4年以上のダイズ連作によって収量低下が顕著になり、長期田畑輪換圃場では、土壌中の可給態窒素量が少ないことが収量低下の一因であると報告している。また、古畑ら(2011)は北陸地域において排水不良転換畑は花蕾数や稔実莢数が低下すると報告している。今後は土壌の理化学性だけではなく、作付け体系や圃場排水性また、土壌中の可給態窒素などについても調査解析を行い、ダイズの収量向上対策を構築していく必要があると考える。

謝 辞

本研究において土壌採取、栽培管理アンケート調査、ダイズの生育、収量性および収量調査については、各普及指導センターの普及指導員に協力いただいた。また、土壌分析について、2013年の化学性はJA全農ふくれん土壌診断センターに協力いただいた。各位に対して深く御礼を申し上げる。

引用文献

- 有原文二(2000)ダイズ安定多収の革新技術. 農山漁村文化協会, 東京, p.171-175.
- 土壌環境分析法編集委員会(編)(1997)土壌環境分析法. 博友社, 東京, p.21-24, 48-54, 195-197, 208-211, 215-216, 267-269, 318-321.
- 土壌養分測定法委員会(編)(1973)土壌養分分析法. 養賢堂, 東京, p.388-391.
- 江口 亨(2000)ダイズの収量および子実品質に及ぼすホウ素の影響. 土肥試 71:171-178.
- 福岡県農林水産部(2009a)主要農作物の肥料節減指針. C-1-5.
- 福岡県農林水産部(2009b)主要農作物の肥料節減指針. C-3-1-4.
- 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乾物と子実生産に及ぼす影響. 日作紀 80:65-72.
- 服部 誠・南雲芳文・佐藤 徹・福田与一・樋口泰浩・大山卓爾・高橋能彦(2013)新潟県における水田転換畑ダイズの収量低下要因. 日作紀 82:11-17.
- 農林水産省統計部作物統計(2013)大豆関連データ集. 作付面積の推移. 3 作付面積の推移 1) 田畑, http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_data/pdf/003.pdf (2015年8月3日閲覧)
- 小田原孝治・福島裕助・荒木雅登・兼子 明・荒巻幸一郎(2012)筑後川流域の田畑輪換圃場における土壌肥沃度とダイズ子実収量性の実態. 土肥試 83:405-411.
- 坪内 均・斉藤正志(2010)土壌理化学性の改善による麦跡作付地帯での大豆多収栽培体系の確立. 福井農試研報 47:9-14.