

# 真庭市蒜山露地野菜産地の土壌化学性の実態とこれらに影響を及ぼす要因

鷺尾 建紀

Status of Soil Chemical Properties in Vegetables Open-Field of Hiruzen Region in Maniwa-City (Okayama) and Factors Affecting Soil Properties

Tatsuki Washio

## 緒言

岡山県では2008年から2013年にかけて、主要な18産地を対象に土壌化学性及び施肥管理実態を調査し、土壌管理上の課題を把握したうえで適正な指針を提示する「土壌機能実態モニタリング調査」を実施した。さらに、2014年以降は、2008年から2013年に調査した産地を中心に再調査を実施し、改善の効果や継続的な対策の必要性について検討するとともに、産地や生産者に具体的な指針を示している。筆者らはすでに瀬戸内市牛窓露地野菜産地での検討事例を報告した（鷺尾・赤井, 2024）。

本報では岡山県北部の真庭市の蒜山露地野菜産地を対象に、2009年、2015年及び2024年の3か年で実施した土壌化学性の実態とその推移及び化学性に影響を及ぼす要因を施肥実態アンケートから明らかにし、その改善策について報告する。

本試験に当たり、現地圃場における調査に御協力いただいた、JA晴れの国岡山及び真庭農業普及指導センターの関係者に厚く御礼申し上げます。また、土壌分析では、環境研究室の諸氏に御協力頂いた。深く感謝を申し上げます。

## 材料及び方法

### 1. 調査産地の概要

調査を実施した蒜山露地野菜産地は鳥取県との県境に位置する蒜山高原一帯で、標高400～600mの高原地帯に広がっている。この地域は、野菜生産が盛んで、

調査期間中の2018年時点では、ダイコンが販売金額のトップを占め、次いでトマト、ミニトマト、キャベツが主要品目であった（JAまにわ, 2018）。気象条件として、アメダス観測地点である真庭市蒜山上長田の年間気温は11.5℃、年間降水量は2,126mm、年間日照時間は1,446時間で、冬季（12月～3月）の積雪量は合計508cmに達する（気象庁, 2025）。土壌タイプは、主に黒ボク土が分布しているが、旭川に近い水田地域では、一部で灰色低地土やグライ土が分布している（農研機構, 2021）。当地域の黒ボク土は主な母材を大山の火山噴出物とし（山本, 2007）、粘土鉱物組成としてはアロフェンが少ない非アロフェン質黒ボク土が多いとされている（松山・三枝, 1994；山本, 2007；農研機構, 2021）。

### 2. 土壌採取と土壌化学性調査

#### (1) 土壌採取

蒜山露地野菜産地のキャベツ及びダイコン生産圃場を対象に、2009年、2015年、2024年に土壌採取を行った。

2009年の調査では、8月10～11日及び8月26～27日に29圃場から土壌を採取した。対象圃場はキャベツ生産圃場13圃場及びダイコン生産圃場16圃場で構成されていた。1圃場につき9か所から作土層を採取し、採取した土壌を混合して分析に使用した。採土には穴径3cmのハンドオーガー（DIK-I02A, 大起理化工業株式会社）を用い、オーガーが容易に刺さる深さを作土層と定義した。

2015年の再調査では、2009年の調査対象圃場のうち、調査可能な26圃場（キャベツ生産圃場11圃場、ダイコ

ン生産圃場15圃場)を対象に、8月10日及び24日に、2009年と同様の方法で土壌を採取した。

2024年の再調査では、2009年及び2015年と同一の14圃場に加え、新規1圃場を含む計15圃場(キャベツ生産圃場8圃場、ダイコン生産圃場7圃場)を対象に、8月26日に実施し、2009年と同様に孔径3cmのハンドオーガーで採土した。ただし、採土深は、貫入式硬度計(DIK-5532, 大起理化学工業株式会社)を用いて、硬度が急激に高まり始めるまでの深さを作土層と定義した。この方法は、土壌の作土深をより正確に把握する目的で導入した。

### (2)土壌化学性調査

採取した土壌のpH(H<sub>2</sub>O)、電気伝導度(EC)、腐植、可給態リン酸(トルオーグ法)、塩基交換容量(CEC)、交換性塩基、可給態窒素及び熱水抽出性ホウ素を常法(日本土壤協会, 2001)により分析した。また、土壌化学性の分析結果は、岡山県土壌施肥管理システム(石橋, 2005)によって評価し、土壌成分量の過不足を判定した。なお、土壌成分量は、調査圃場全体、キャベツ生産圃場及びダイコン生産圃場に分けて集計した。

### (3)施肥実態アンケート調査

施肥実態を把握するために、調査圃場を管理する生産者を対象にアンケート調査を実施した。アンケートでは、石灰を含む肥料及びリン酸質肥料、有機物(牛ふん堆肥や鶏ふん等)及び窒素、リン酸、加里を含む複合肥料(高度化成等の化成肥料)について、年間を通じた施用量及び施用時期を調査した。調査結果は、土壌化学性調査と同様に、調査圃場全体、キャベツ生産圃場及びダイコン生産圃場に分けて集計した。なお、2015年には、キャベツ生産者1名及びダイコン生産者1名の施肥実態調査ができなかった。

## 3. 統計解析

すべての統計解析にはEZRを使用した(Kanda, 2013)。EZRはR及びRコマンドの機能を拡張した統計ソフトウェアであり、自治医科大学付属さいたま医療センターのホームページで無償配布されている。本ソフトウェアを用いて、調査年次間の土壌化学性の差異を明らかにするため、調査年を因子とする一元配置分散分析を行い、有意な場合はTukey-Kramerの多重比較検定を行った。また、キャベツ生産圃場とダイコン生産圃場の土壌化学性の差異を明らかにするため、品目を因子とする一元配置分散分析を行った。採土方法が同じであった2009年及び2015年の土壌化学性については、同一圃場における対応のあるt検定を品目ごとに行い、圃場間のばらつきの影響をなくした上で土壌化

学性の変化を調査した。肥料や堆肥の施用量は、2009年、2015年及び2024年以外の年の施用量は不明で、推移を詳細に把握できなかったため、調査年と品目の違いが施用量に及ぼす影響の全体像を把握する目的で、調査年及び品目を因子とする二元配置分散分析を行った。また、本ソフトウェア(EZR)を用いて土壌化学性値間の相関分析を行った。

## 結果

### 1. 土壌化学性

#### (1)産地全体の調査結果

2009年、2015年及び2024年に調査した全圃場の土壌化学性及び採土深の平均値、最大値、中央値、最小値及び標準偏差を表1に示した。pHの平均値は、2009年が5.9、2015年及び2024年が6.0であり、調査年による有意差は認められなかった。ECの平均値は2009年が0.07dS/m、2015年が0.12dS/m、2024年が0.18dS/mであり、2024年は2009年と比較して有意に高かった。腐植の平均値は、2009年が13.1%、2015年が12.3%、2024年が11.4%で、調査年による有意差は認められなかった。無機態窒素の平均値は、2009年が2.1mg/100g、2015年が4.6mg/100g、2024年が11.7mg/100gであり、2024年は2009年及び2015年と比較して有意に高かった。可給態窒素の平均値は2009年が4.3mg/100g、2015年が3.1mg/100g、2024年が5.2mg/100gで、調査年による有意差は認められなかった。可給態リン酸の平均値は2009年が41mg/100g、2015年が37mg/100g、2024年が45mg/100gで、調査年による有意差は認められなかった。CECの平均値は2009年が34.8 meq/100g、2015年が30.6 meq/100g、2024年が32.5 meq/100gで、調査年による有意差は認められなかった。石灰飽和度の平均値は2009年が36.4%、2015年が44.2%、2024年が66.4%で、2024年は2009年と比較して有意に高く、交換性石灰も同様の傾向であった。苦土飽和度の平均値は2009年が7.0%、2015年が9.4%、2024年が14.4%で、2024年は2009年と比較して有意に高く、交換性苦土も同様の傾向であった。加里飽和度の平均値は2009年が2.4%、2015年が3.1%、2024年が3.7%で、調査年による有意差は認められず、交換性加里も同様の傾向であった。塩基飽和度の平均値は2009年が45.7%、2015年が56.7%、2024年が84.6%で、2024年は2009年と比較して有意に高かった。石灰/苦土比の平均値は2009年が6.1、2015年が5.8、2024年が5.1で、調査年による有意差は認められなかった。苦土/加里比の平均値は2009年3.0、2015年3.1、2024年が3.7で、調査年次間で有意差は認められ

なかった。熱水抽出性ホウ素の平均値は2009年が0.8mg/kg、2015年が1.0mg/kg、2024年が0.7 mg/kgで、調査年による有意差は認められなかった。採土深の平均値は2009年及び2015年は27cm、2024年が18cmで、2024年は2009年及び2015年と比較して有意に浅かった。

(2) 品目別の調査結果

キャベツ生産圃場とダイコン生産圃場の土壌化学性の平均値を表2に示した。3か年のpHの平均値はキャベツ生産圃場が6.5、ダイコン生産圃場が5.6であり、ダイコン生産圃場で有意に低かった。3か年の可給態窒素の平均値はキャベツ生産圃場が5.8mg/100g、ダイコン生産圃場が2.7mg/100gであり、キャベツ生産圃場で有意に高く、ダイコン生産圃場の可給態窒素量は、3か年とも改良目標下限未満であった。3か年の可給態リン酸の平均値はキャベツ生産圃場が62mg/100g、ダイコン生産圃場が23mg/100gであり、キャベツ生産圃場で有意に高く、ダイコン生産圃場の可給態リン酸量は、3か年

とも改良目標下限程度であった。3か年のCECの平均値はキャベツ生産圃場が36.0meq/100g、ダイコン生産圃場が29.8meq/100gであり、キャベツ生産圃場で有意に高かった。3か年の石灰飽和度の平均値はキャベツ生産圃場が70.0%、ダイコン生産圃場が29.4%であり、キャベツ生産圃場で有意に高く、ダイコン生産圃場の石灰飽和度は、3か年とも改良目標下限未満であった。3か年の苦土飽和度の平均値はキャベツ生産圃場が14.0%、ダイコン生産圃場が6.7%であり、有意差はなかったが、ダイコン生産圃場の苦土飽和度は、3か年とも改良目標下限未満であった。3か年の加里飽和度の平均値はキャベツ生産圃場が4.2%、ダイコン生産圃場が2.1%であり、キャベツ生産圃場で有意に高く、ダイコン生産圃場の加里飽和度は、3か年とも改良目標下限未満であった。塩基飽和度はキャベツ生産圃場が88.3%、ダイコン生産圃場が38.2%であり、キャベツ生産圃場で有意に高く、ダイコン生産圃場の塩基飽和度は、3か年とも改良

表1 真庭市蒜山露地野菜圃場の土壌化学性

項目	調査年	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (dS/m)	腐植 (%)	無機態 窒素 (mg /100g)	可給態 窒素 (mg /100g)	可給態 リン酸 (mg /100g)	CEC (meq /100g)	交換性 石灰 (mg /100g)	交換性 苦土 (mg /100g)	交換性 加里 (mg /100g)	塩基 飽和度 <sup>1</sup> (%)	石灰 飽和度 (%)	苦土 飽和度 (%)	加里 飽和度 (%)	石灰/ 苦土比	苦土/ 加里比	熱水 抽出性 ホウ素 (mg /kg)	採土深 <sup>2</sup> (cm)
平均値	2009年 <sup>3</sup>	5.9	0.07 a <sup>4</sup>	13.1	2.1 a	4.3	41	34.8	348 a	47 a	37	45.7 a	36.4 a	7.0 a	2.4	6.1	3.0	0.8	27 a
	2015年 <sup>3</sup>	6.0	0.12 ab	12.3	4.6 a	3.1	37	30.6	402 ab	61 ab	45	56.7 ab	44.2 ab	9.4 ab	3.1	5.8	3.1	1.0	27 a
	2024年 <sup>3</sup>	6.0	0.18 b	11.4	11.7 b	5.2	45	32.5	627 b	106 b	60	84.6 b	66.4 b	14.4 b	3.7	5.1	3.7	0.7	18 b
最大値	2009年	7.3	0.19	28.1	13.4	10.9	341	55.6	811	113	145	118.7	92.9	15.5	11.0	15.0	7.0	2.2	37
	2015年	7.1	0.46	21.7	19.2	9.6	165	53.9	990	251	129	105.3	86.7	32.8	6.1	15.3	7.6	2.5	37
	2024年	7.4	0.83	20.4	69.5	15.6	156	50.5	1202	446	148	187.5	159.9	44.1	6.9	7.5	12.1	1.4	22
中央値	2009年	6.0	0.06	12.5	1.2	2.9	22	34.1	322	47	29	52.4	38.8	7.1	1.9	5.5	3.4	0.8	26
	2015年	6.1	0.10	11.8	1.8	2.5	25	30.5	423	42	47	63.1	50.2	9.9	3.1	5.2	2.6	0.8	26
	2024年	6.2	0.12	10.3	6.9	5.1	44	29.9	750	97	53	95.9	75.0	15.4	3.7	5.0	2.8	0.6	20
最小値	2009年	4.4	0.02	4.5	0.1	1.9	8	17.3	17	2	7	3.3	2.1	0.2	0.5	2.6	0.4	0.2	17
	2015年	4.4	0.02	5.6	0.2	-0.7	4	14.6	11	2	7	4.0	2.2	0.5	0.8	1.8	0.3	0.4	19
	2024年	4.5	0.02	3.6	0.7	0.5	7	11.6	15	2	5	2.6	1.6	0.4	0.7	1.9	0.6	0.2	12
標準偏差	2009年	0.8	0.04	5.1	3.0	2.3	63	9.5	259	36	30	32.7	26.5	5.3	2.1	3.1	1.6	0.4	5
	2015年	0.7	0.11	4.5	5.6	2.5	36	10.5	284	57	30	32.7	25.6	7.4	1.7	2.8	2.0	0.6	5
	2024年	0.8	0.22	5.2	18.4	3.7	39	11.5	448	116	41	58.0	47.4	12.1	2.0	1.5	3.1	0.4	4
分散分析 <sup>5</sup>		ns	*	ns	**	ns	ns	*	*	ns	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	***

<sup>1</sup>石灰飽和度、苦土飽和度、加里飽和度の合計  
<sup>2</sup>2009年及び2015年はハンドオーガーが容易に刺さる深さ、2024年は貫入式高度計で硬度が急激に高まり始めるまでの深さ  
<sup>3</sup>2009年は29圃場、2015年は26圃場及び2024年は15圃場の値  
<sup>4</sup>調査年を因子とする一元配置の分散分析、\*\*及び\*はそれぞれ1%及び5%水準で有意差があることを示す。nsは5%水準で有意差なし  
<sup>5</sup>異なる英文字間はTukey-Kramerの多重比較（有意水準5%）で有意差あり

表2 真庭市蒜山露地野菜圃場の栽培品目別土壌化学性

品目	調査年	圃場数	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (dS/m)	腐植 (%)	無機態 窒素 (mg /100g)	可給態 窒素 (mg /100g)	可給態 リン酸 (mg /100g)	CEC (meq /100g)	交換性 石灰 (mg /100g)	交換性 苦土 (mg /100g)	交換性 加里 (mg /100g)	塩基 飽和度 (%)	石灰 飽和度 (%)	苦土 飽和度 (%)	加里 飽和度 (%)	石灰/ 苦土比	苦土/ 加里比	熱水 抽出性 ホウ素 (mg /kg)
キャベツ	2009年	13	6.4	0.08	13.7	1.8	6.0	67	37.2	522	72	61	68.0	54.0	11.0	3.8	5.5	3.0	0.9
	2015年	11	6.4	0.17	13.7	6.6	4.2	56	35.9	593	84	64	78.0	61.0	12.0	4.1	5.6	3.4	1.3
	2024年	8	6.5	0.24	12.9	16.0	7.1	62	34.8	872	140	76	119.0	95.0	19.0	4.7	5.6	4.5	0.8
ダイコン	2009年	16	5.5	0.07	12.6	2.4	2.8	20	32.9	207	27	19	27.7	22.4	4.1	1.2	6.5	3.0	0.8
	2015年	15	5.7	0.08	11.2	3.1	2.3	24	26.8	262	45	32	41.3	31.6	7.3	2.3	6.0	2.9	0.9
	2024年	7	5.5	0.11	9.6	6.7	2.9	26	29.8	347	66	42	45.5	34.2	8.7	2.6	4.6	2.8	0.6
平均	キャベツ	32	6.5	0.16	13.4	8.1	5.8	62	36.0	662	99	67	88.3	70.0	14.0	4.2	5.6	3.6	1.0
	ダイコン	38	5.6	0.09	11.1	4.1	2.7	23	29.8	272	46	31	38.2	29.4	6.7	2.1	5.7	2.9	0.7
分散分析 <sup>2</sup>			***	ns	ns	ns	*	***	*	*	*	*	*	*	ns	*	ns	ns	ns
改良目標下限 <sup>3</sup>	キャベツ		6.0	0	3.0	-	5.0	20	-	-	-	-	50~60	36~43	11~14	3.0~3.7	2	2	0.8
	ダイコン		5.5																
改良目標上限 <sup>3</sup>	キャベツ		7.0	0.80	-	-	-	70	-	-	-	-	80~90	57~64	18~21	4.9~5.5	8	6	2
	ダイコン		6.8																

<sup>1</sup>品目を因子とする一元配置の分散分析、\*\*及び\*はそれぞれ1%、5%水準で有意差があることを示す。nsは5%水準で有意差なし  
<sup>2</sup>改良目標値は岡山県土壌施肥管理システム（石橋、2005）のキャベツ及びダイコンの値

目標下限未満であった。3か年の熱水抽出性ホウ素の平均値はキャベツ生産圃場が1.0mg/kg、ダイコン生産圃場が0.7mg/kgであり、有意差はなかったが、2024年のダイコン生産圃場の平均値は、改良目標下限未満であった。

### (3) 2009年と2015年の同一圃場を対象とした調査結果

採土方法が同じ2009年と2015年で、両年とも調査を実施した圃場の土壌化学性の平均値を表3に示した。ECの2009年の全体の平均値は0.06dS/m、2015年の平均値は0.12dS/mであり、2015年の方が有意に高かった。また、キャベツ生産圃場では2009年と比較して2015年の方が有意に高かったが、ダイコン生産圃場では有意差は認められなかった。腐植の2009年の全体の平均値は12.8%、2015年の平均値は12.3%で有意差は認められなかったが、ダイコン生産圃場では、2009年は12.5%であったのに対し、2015年では11.2%となり、有意に低かった。無機態窒素の2009年の全体の平均値は1.6mg/100g、2015年の平均値は4.6mg/100gであり、2015年の方が有意に高かった。ただし、キャベツ生産圃場では2009年の平均値は1.5 mg/100gで2015年の平均値は6.6 mg/100gとなり、2015年の方が有意に高かったが、ダイコン生産圃場では有意差は認められなかった。可給態リン酸の2009年の全体の平均値は32mg/100g、2015年の平均値は37mg/100gであり、2015年の方が有意に高かった。石灰飽和度の2009年の全体の平均値は34.9%、2015年の平均値は44.2%であり、2015年の方が有意に高く、キャベツ生産圃場も同様な傾向であったが、ダイコン生産圃場では有意差は認められなかった。加里飽和度の2009年の全体の平均値は2.1%、2015年の平均値は3.1%であり、2015年の方が有意に高かったが、ダイコン生産圃場では有意差は認められなかった。塩基飽和度も、全体及びキャベツ生産圃場で2009年に比べて2015年の方が有意に高かった。一方で、可

給態窒素の2009年の全体の平均値は3.9mg/100g、2015年の平均値は3.1mg/100gであり、2015年の方が有意に低かった。また、ダイコン生産圃場も同様の傾向であったが、キャベツ生産圃場では有意差は認められなかった。CECの2009年の全体の平均値は34.4meq/100gで、2015年が30.6meq/100gであり、2015年の方が有意に低かった。また、ダイコン生産圃場も同様の傾向であったが、キャベツ生産圃場では有意差は認められなかった。

### (4) 土壌成分量の過不足調査結果

岡山県土壌施肥管理システム（石橋，2005）により、圃場ごとの土壌成分量の過不足程度を判定し、分析項目別の適正圃場、改良目標下限未満圃場、及び改良目標上限超過圃場の割合を、キャベツ生産圃場については図1に、ダイコン生産圃場については図2に示した。pHが適正なキャベツ生産圃場の割合は、2009年で54%、2015年で91%及び2024年で75%と、いずれの年も過半数の圃場が適正範囲内であった。ダイコン生産圃場についても、適正な圃場の割合が、2009年で50%、2015年で53%及び2024年で57%と、いずれの年も過半数の圃場が適正範囲内であった。ECは、キャベツ生産圃場では2024年のみ13%が改良目標の上限を超過したが、その年以外は両品目とも全調査年で全圃場が適正範囲内であった。腐植が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では全調査年で全圃場が100%であった。一方、ダイコン生産圃場では、適正な圃場の割合が、2009年が94%、2015年が100%及び2024年が71%で、いずれの年も過半数の圃場が適正範囲内であった。可給態窒素が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場については、2009年で69%、2015年で36%及び2024年で75%であった一方で、ダイコン圃場については、2009年で6%、2015年で7%及び2024年で29%と少なく、いずれの年も過半数の圃場が改良目標下限未満であっ

表3 真庭市蒜山露地野菜圃場の栽培品目別土壌化学性（2009年・2015年、同一圃場）

品目	調査年	圃場数	pH	EC	腐植	無機態窒素	可給態窒素	可給態リン酸	CEC	交換性石灰	交換性苦土	交換性加里	塩基飽和度	石灰飽和度	苦土飽和度	加里飽和度	石灰/苦土比	苦土/加里比	熱水抽出性ホウ素	採土深
			(H <sub>2</sub> O)	(dS/m)	(%)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	(meq/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg/kg)
全体 <sup>1</sup>	2009年	26	5.9	0.06	12.8	1.6	3.9	32	34.4	328	46	33	43.9	34.9	6.9	2.1	6.0	3.1	0.9	27
	2015年		6.0	0.12	12.3	4.6	3.1	37	30.6	402	61	45	56.7	44.2	9.4	3.1	5.8	3.1	1.0	27
対応のあるt検定 <sup>2</sup>			ns	*	ns	*	*	***	*	ns	**	**	**	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns
キャベツ	2009年	11	6.4	0.07	13.1	1.5	5.5	47	36.4	477	70	54	64.0	50.2	10.4	3.3	5.3	3.1	1.0	25
	2015年		6.4	0.17	13.7	6.6	4.2	56	35.9	593	84	64	77.7	61.4	12.2	4.1	5.6	3.4	1.3	25
対応のあるt検定			ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	**	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
ダイコン	2009年	15	5.6	0.06	12.5	1.7	2.8	20	33.0	219	29	18	29.2	23.6	4.3	1.2	6.6	3.2	0.8	28
	2015年		5.7	0.08	11.2	3.1	2.3	24	26.8	262	45	32	41.3	31.6	7.3	2.3	6.0	2.9	0.9	28
対応のあるt検定			ns	ns	*	ns	*	ns	***	ns	ns	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns

<sup>1</sup>キャベツ生産圃場とダイコン生産圃場を対象としたすべての平均値

<sup>2</sup>同一圃場の2009年と2015年の値を対した対応のあるt検定の\*\*\*、\*\*及び\*は、それぞれ0.1%、1%及び5%水準で調査年間で平均値に有意差があることを示す。nsは5%水準で有意差なし

た。可給態リン酸が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では2009年で62%、2015年で55%及び2024年で75%と、いずれの年も過半数の圃場が適正範囲内であった。一方、ダイコン生産圃場では、2009年で25%、2015年で33%及び2024年で14%と少なく、いずれの年も過半数の圃場が改良目標下限未満であった。塩基飽和度が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では2009年が54%で2015年が55%で過半数の圃場が適正範囲内であったが、2024年は改良目標上限超過圃場の割合が75%にのぼった。一方で、ダイコン生産圃場では、適正な圃場の割合が、2009年で19%、2015年で20%及

び2024年で0%と少なく、いずれの年も過半数の圃場が改良目標下限未満であった。石灰飽和度の適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では2009年で46%、2015年で36%及び2024年で0%であり、2015年は過半数の圃場、2024年はすべての圃場が改良目標上限を超えた。ダイコン生産圃場では、適正な圃場の割合が2009年で25%、2015年が27%及び2024年で0%と少なく、いずれの年も過半数の圃場が改良目標下限未満であった。苦土飽和度が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では2009年が46%で改良目標下限未満の圃場の割合よりも少なかったが、2015年で55%及び2024年で50%と、

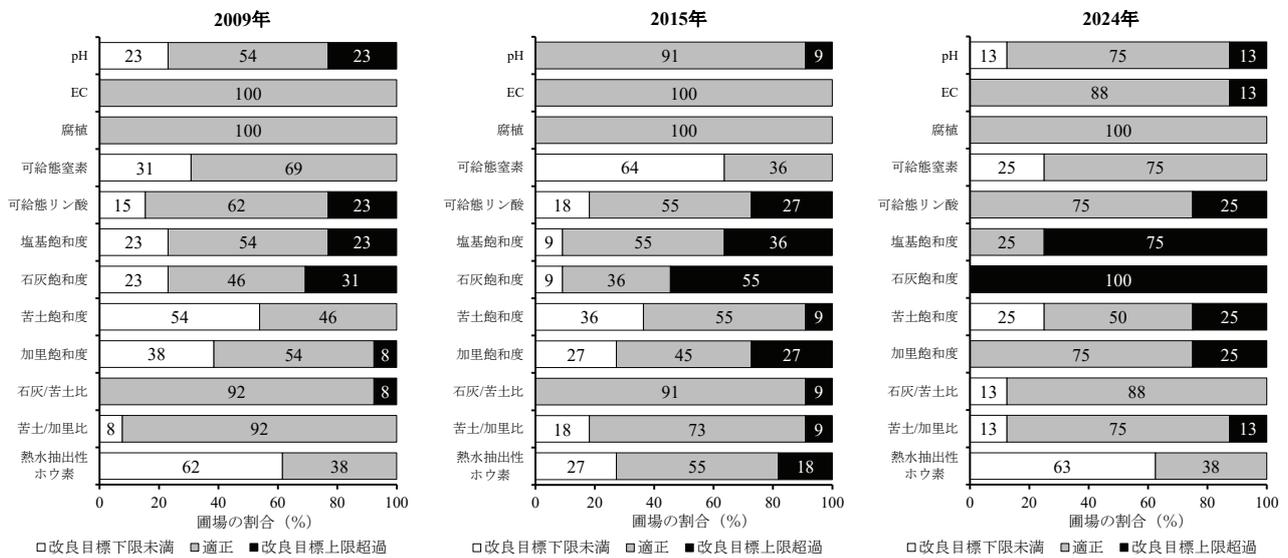


図1 調査項目別の改良目標下限未満圃場、適正圃場及び改良目標上限超過圃場の割合（キャベツ生産圃場）<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>端数処理のため個々の数値の合計は正確に100にならない

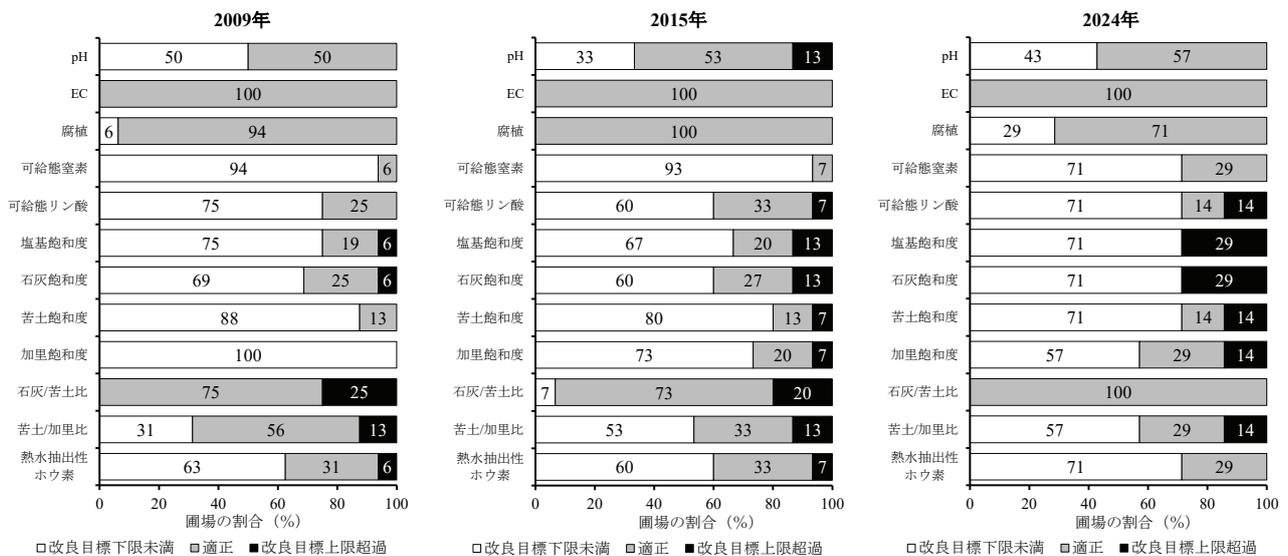


図2 調査項目別の改良目標下限未満圃場、適正圃場及び改良目標上限超過圃場の割合（ダイコン生産圃場）<sup>2</sup>  
<sup>2</sup>端数処理のため個々の数値の合計は正確に100にならない

ほぼ過半数の圃場が適正範囲内であった。一方で、ダイコン生産圃場では、適正な圃場の割合が2009年で13%、2015年で13%及び2024年で14%と少なく、いずれの年も過半数の圃場が改良目標下限未満であった。加里飽和度が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では2009年で54%、2015年で45%及び2024年で75%であった一方で、ダイコン圃場については、適正な圃場の割合が2009年で0%、2015年で20%及び2024年で29%と少なく、いずれの年も過半数の圃場が改良目標下限未満であった。石灰/苦土比が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では2009年で92%、2015年で91%及び2024年が88%と、いずれの年も過半数の圃場が適正範囲内であった。ダイコン生産圃場についても、適正な圃場の割合が2009年で75%、2015年で73%及び2024年が100%と、いずれの年も過半数の圃場が適正範囲内であった。苦土/加里比が適正な圃場割合は、キャベツ生産圃場では2009年で92%、2015年で73%及び2024年が75%と、いずれの年も過半数の圃場が適正範囲内であった。一方で、ダイコン生産圃場では、2009年は適正な圃場の割合が56%で過半数が適正範囲内であったが、2015年及び2024年は、適正な圃場の割合がそれぞれ、33%及び29%と少なく、過半数の圃場が改良目標下限未満であった。熱水抽出性ホウ素が適正な圃場の割合は、キャベツ生産圃場では2015年が55%で過半数の圃場が適正範囲内であったが、2009年及び2024年は、適正な圃場の割合がいずれも38%と少なく、過半数の圃場が改良目標下限未満であった。ダイコン生産圃場では、適正な圃場の割合が、2009年が31%、2015年が33%及び2024年が29%と少なく、いずれの年も過半数の圃場が改良目標下限未満であった。

2. 施肥実態アンケート調査

(1)土づくり資材の施用状況

石灰を含む肥料を施用した圃場数の割合を図3に、石灰施用量を表4に示した。石灰を含む肥料を施用した圃場数の割合は、キャベツ生産圃場で2009年が91%、2014年が100%及び2024年が88%で、いずれの年も苦土石灰の施用が最も多かった。一方、ダイコン生産圃場では、施用割合が2009年は50%、2014年は64%及び2024年は43%であった。また、いずれの年も苦土石灰の施用が最も多かった。石灰を含む肥料を施用した圃場に限定した1a当たりの平均石灰施用量は、キャベツ生産圃場では、2009年は8.2kg、2015年は7.0kg及び2024年は7.9kgで、ダイコン生産圃場では、2009年は7.4kg、2015年は6.6kg及び2024年は5.1kgで、調査年及び品目による有意な差はなかった。ただし、施用していない圃場の施用量を0kgとして、全圃場を対象とした施用量は、いずれの年もキャベツ生産圃場と比較してダイコン生産圃場の方が有意に少なかった。また、採土方法が同じ2009年と2015年で、両年とも調査を実施した圃場における石灰を含む肥料による平均石灰施用量を表5に示した。施用した圃場のみ及び全圃場を対象とした施用量は、どちらも調査年による有意な差はなかったが、全圃場を対象とした施用量は、キャベツ生産圃場と比較してダイコン生産圃場の方が有意に少なかった。

リン酸質肥料を施用した圃場数の割合を図4に、リン酸施用量を表6に示した。キャベツ生産圃場におけるリン酸質肥料を施用した圃場数の割合は、2009年は77%、2015年は70%及び2024年は26%で、いずれの年もBM熔リンの施用が最も多かった。ダイコン生産圃場では、

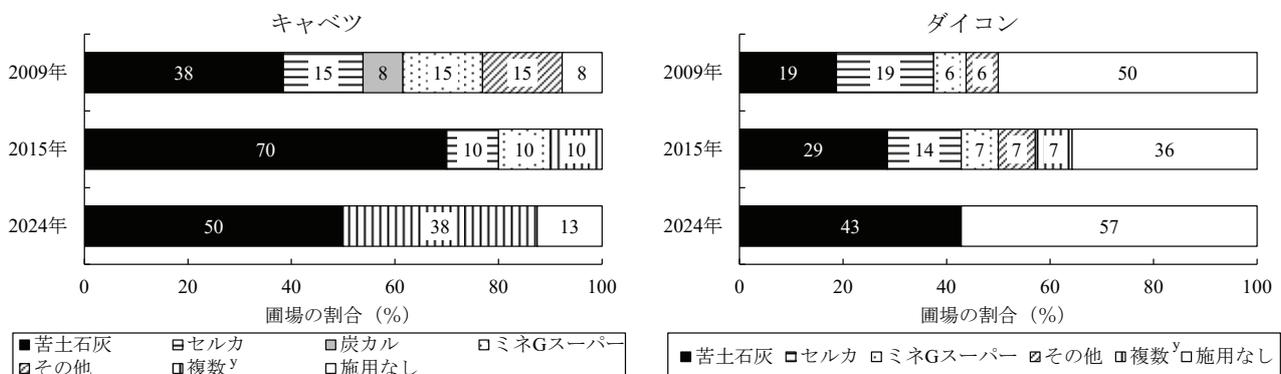


図3 石灰を含む肥料を施用した圃場数の割合<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 端数処理のため個々の数値の合計は正確に100にならない

<sup>3</sup> 苦土石灰、セルカ2号、ミネGスーパー、消石灰、イネニカのいずれかを複数施用

圃場数の割合が2009年は51%，2015年は35%及び2024年は28%であった。リン酸質肥料の種類については「その他」が比較的多かった。リン酸質肥料を施用した圃場の1a当たりの平均リン酸施用量は、キャベツ生産圃場では、2009年は2.1kg、2015年は0.9kg及び2024年は0.8kgで、ダイコン生産圃場では、2009年は1.2kg、2015年は0.9kg及び2024年は0.8kgで、調査年及び品目による有意な差はなかった。ただし、施用していない圃場の施用量を0kgとして、全圃場を対象とした施用量は、調

査年で有意差がみられ、調査年が進むに従い、少なくなる傾向がみられた。また、採土方法が同じ2009年と2015年で、両年とも調査を実施した圃場におけるリン酸を含む肥料による平均リン酸施用量を表7に示した。施用した圃場のみを対象とした施用量は、品目及び調査年で有意な差はなかったが、全圃場を対象とした施用量は、キャベツ生産圃場と比較してダイコン生産圃場の方が有意に少なく、2009年と比較して2015年の方が有意に少なかった。

表4 石灰を含む肥料による平均石灰施用量<sup>z</sup>

品目	調査年	圃場数 <sup>y</sup>	施用量(kg/a)	
			施用圃場 <sup>x</sup>	全圃場 <sup>w</sup>
キャベツ	2009年	13 (12)	8.2	7.6
	2015年	10 (10)	7.0	7.0
	2024年	8 (7)	7.9	6.9
ダイコン	2009年	16 (8)	7.4	3.7
	2015年	14 (9)	6.6	4.3
	2024年	7 (3)	5.1	2.2
キャベツ	-	31 (29)	7.7	7.2
ダイコン	-	37 (20)	6.7	3.4
-	2009年	29 (20)	7.9	5.6
-	2015年	24 (21)	6.8	5.6
-	2024年	15 (10)	7.0	4.5
分散分析		品目	ns <sup>v</sup>	**
		調査年	ns	ns
		交互作用	ns	ns

<sup>z</sup> 肥料に含まれる可溶性カルシウム含有量を石灰 (CaO) に換算して算出

<sup>y</sup> ()内の数字は、資材を施用した圃場数、2015年は2圃場で未調査

<sup>x</sup> 施用している圃場における平均値

<sup>w</sup> 施用していない圃場の施用量を0として計算した平均値

<sup>v</sup> 分散分析の\*\*は1%水準で有意差があることを示す、nsは5%水準で有意差なし

表5 2009年及び2015年の同一圃場における石灰を含む肥料による平均石灰施用量<sup>z</sup>

品目	調査年	圃場数 <sup>y</sup>	施用量(kg/a)	
			施用圃場 <sup>x</sup>	全圃場 <sup>w</sup>
キャベツ	2009年	10 (9)	8.4	7.6
	2015年	10 (10)	7.0	7.0
ダイコン	2009年	14 (8)	7.4	4.3
	2015年	14 (9)	6.6	4.3
キャベツ	-	20 (19)	7.7	7.3
ダイコン	-	28 (17)	7.0	4.3
-	2009年	24 (17)	8.0	5.6
-	2015年	24 (19)	6.8	5.4
分散分析		品目	ns <sup>v</sup>	*
		調査年	ns	ns
		交互作用	ns	ns

<sup>z</sup> 肥料に含まれる可溶性カルシウム含有量を石灰 (CaO) に換算して算出

<sup>y</sup> ()内の数字は、資材を施用した圃場数、2015年は2圃場で未調査

<sup>x</sup> 施用している圃場における平均値

<sup>w</sup> 施用していない圃場の施用量を0として計算した平均値

<sup>v</sup> 分散分析の\*は5%水準で有意差があることを示す、nsは5%水準で有意差なし

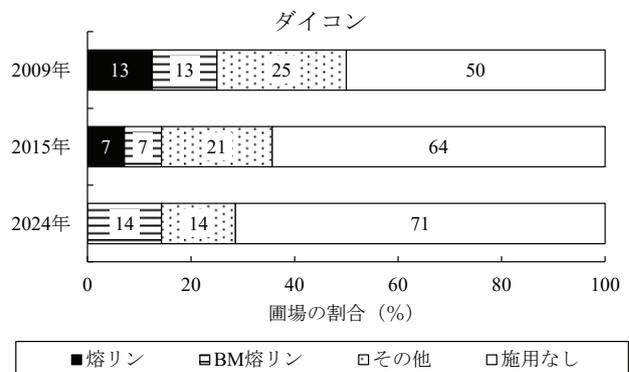
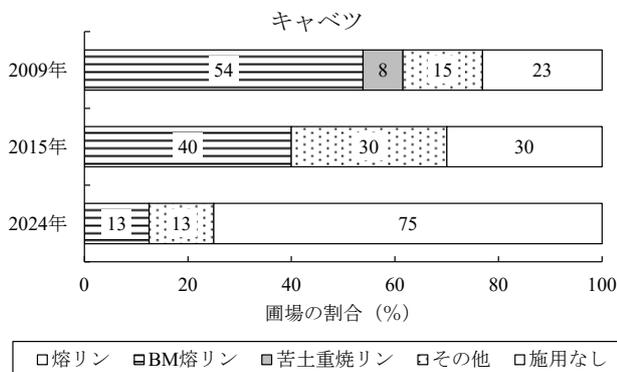


図4 リン酸質肥料を施用した圃場数の割合<sup>z</sup>

<sup>z</sup> 端数処理のため%の合計は正確に100にならない

表6 リン酸を含む肥料による平均リン酸施用量<sup>z</sup>

品目	調査年	圃場数 <sup>y</sup>	施用量(kg/a)	
			施用圃場 <sup>x</sup>	全圃場 <sup>w</sup>
キャベツ	2009年	13 (10)	2.1	1.6
	2015年	10 (7)	0.9	0.6
	2024年	8 (3)	0.8	0.3
ダイコン	2009年	16 (8)	1.2	0.6
	2015年	14 (5)	0.9	0.3
	2024年	7 (2)	0.8	0.2
キャベツ	-	31 (20)	1.5	0.8
ダイコン	-	37 (15)	1.1	0.4
-	2009年	29 (18)	1.7	1.1
-	2015年	24 (12)	0.9	0.5
-	2024年	15 (5)	0.8	0.3
分散分析	品目		ns <sup>v</sup>	ns
	調査年		ns	*
	交互作用		ns	ns

<sup>z</sup> 肥料に含まれる可溶性またはク溶性リン含有量をリン酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) に換算して算出

<sup>y</sup> ()内の数字は、資材を施用した圃場数

<sup>x</sup> 施用している圃場における平均値

<sup>w</sup> 施用していない圃場の施用量を0として計算した平均値

<sup>v</sup> 分散分析の\*は5%水準で有意差があることを示す  
nsは5%水準で有意差なし

表7 2009年及び2015年の同一圃場におけるリン酸を含む肥料による平均リン施用量<sup>z</sup>

品目	調査年	圃場数 <sup>y</sup>	施用量(kg/a)	
			施用圃場 <sup>x</sup>	全圃場 <sup>w</sup>
キャベツ	2009年	10 (9)	2.2	2.0
	2015年	10 (7)	0.9	0.6
ダイコン	2009年	14 (7)	1.2	0.6
	2015年	14 (5)	0.9	0.3
キャベツ	-	20 (16)	1.6	1.3
ダイコン	-	28 (12)	1.1	0.5
-	2009年	24 (16)	1.8	1.2
-	2015年	24 (12)	0.9	0.5
分散分析	品目		ns <sup>v</sup>	*
	調査年		ns	*
	交互作用		ns	ns

<sup>z</sup> 肥料に含まれる可溶性またはク溶性リン含有量をリン酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) に換算して算出

<sup>y</sup> ()内の数字は、資材を施用した圃場数

<sup>x</sup> 施用している圃場における平均値

<sup>w</sup> 施用していない圃場の施用量を0として計算した平均値

<sup>v</sup> 分散分析の\*は5%水準で有意差があることを示す  
nsは5%水準で有意差なし

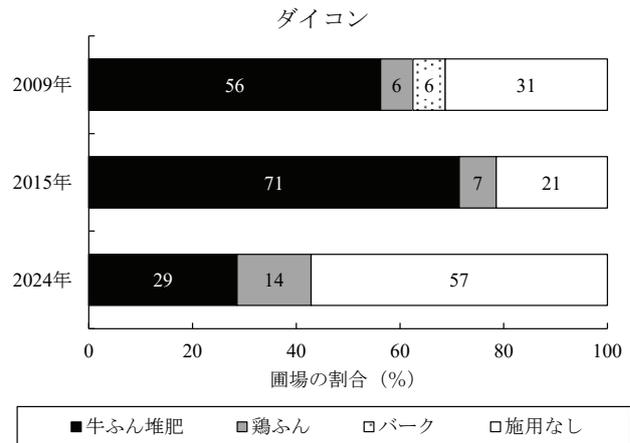
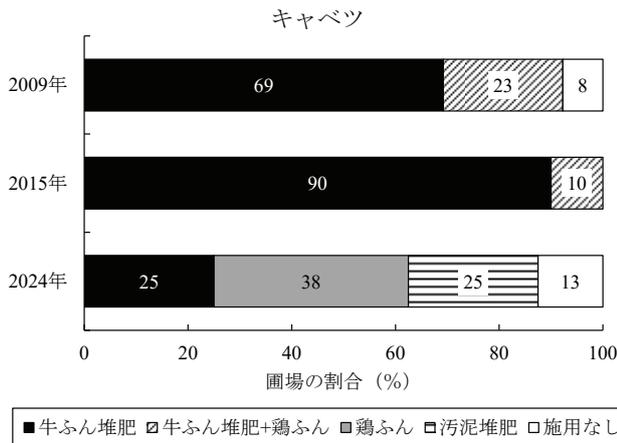


図5 有機物を施用した圃場数の割合<sup>z</sup>  
<sup>z</sup> 端数処理のため個々の数値の合計は正確に100にならない

(2)有機物の施用状況

有機物を施用した圃場数の割合を図5に示した。有機物を施用しているキャベツ生産圃場の割合は、2009年は92%、2015年は100%及び2024年は88%であった。有機物のうち、牛ふん堆肥を施用している圃場の割合は、2009年は92%、2015年は100%及び2024年は25%であった。また、2024年は汚泥堆肥を施用する圃場が25%であった。ダイコン生産圃場における、有機物を施用している圃場の割合は、2009年は68%、2015年は78%及び2024年は43%であった。有機物のうち、牛ふん堆肥を施用している圃場の割合は、2009年は56%、2015年は

71%及び2024年は29%であった。

有機物の平均施用量を表8に示した。牛ふん堆肥を施用した圃場の1a当たりの平均施用量は、キャベツ生産圃場では2009年は265kg、2015年は193kg及び2024年は550kgであった。ダイコン生産圃場では2009年は244kg、2015年は167kg及び2024年は214kgで、キャベツ生産圃場と比較してダイコン生産圃場の方が有意に少なかった。また、調査年で有意な差がみられ、2024年の施用量は2015年と比較して多かった。牛ふん堆肥を施用していない圃場の施用量を0kgとして、全圃場を対象とした施用量は、キャベツ生産圃場と比較してダイ

コン生産圃場の方が有意に少なかった。鶏ふんの平均施用量は、キャベツ生産圃場では2009年は18kg、2015年は30kg及び2024年は17kgであった。ダイコン生産圃場では2009年は20kg、2015年は20kg及び2024年は10kgであった。汚泥堆肥の2024年の平均施用量は344kgであった。パーク堆肥の2009年の施用量は400kgであっ

た。また、採土方法が同じ2009年と2015年で、兩年とも調査を実施した圃場における平均牛ふん堆肥施用量を表9に示した。施用した圃場のみを対象とした施用量は、品目の違いによる有意な差はみられなかったが、2015年と比較して2009年の方が有意に多かった。全圃場を対象とした施用量は、キャベツ生産圃場と比較し

表8 有機物の施用圃場数及び平均施用量

品目	調査年	全圃場数 <sup>z</sup>	牛ふん堆肥		鶏ふん		汚泥堆肥		パーク堆肥		
			施用圃場数	施用量(kg/a)		施用圃場数	施用量(kg/a)	施用圃場数	施用量(kg/a)	施用圃場数	施用量(kg/a)
				施用圃場 <sup>y</sup>	全圃場 <sup>x</sup>						
キャベツ	2009年	13	12	265	245	3	18	0	—	0	—
	2015年	10	10	193	193	1	30	0	—	0	—
	2024年	8	2	550	138	3	17	2	344	0	—
ダイコン	2009年	16	9	244	138	1	20	0	—	1	400
	2015年	14	12	167	119	1	20	0	—	0	—
	2024年	7	2	214	61	1	10	0	—	0	—
キャベツ	—	31	24	259	200	7	19	2	344	0	—
ダイコン	—	37	23	205	116	3	17	0	—	1	400
—	2009年	29	21	256 ab <sup>y</sup>	186	4	18	0	—	1	400
—	2015年	24	22	178 a	150	2	25	0	—	0	—
—	2024年	15	4	382 b	102	4	15	2	344	0	—
分散分析			品目	* <sup>w</sup>	*	—	—	—	—	—	—
			調査年	*	ns	—	—	—	—	—	—
			交互作用	ns	ns	—	—	—	—	—	—

<sup>z</sup>2015年は2圃場で未調査

<sup>y</sup>施用している圃場における平均値

<sup>x</sup>施用していない圃場の施用量を0として計算した平均値

<sup>w</sup>分散分析の\*は5%水準で有意差があることを示す。nsは5%水準で有意差なし。

鶏ふん、汚泥堆肥及びパーク堆肥はサンプル数が少ないため分析せず

<sup>v</sup>異なる英文字間は調査年の平均値を比較したTukey-Kramerの多重比較（有意水準5%）で有意差あり

表9 2009年及び2015年の同一圃場における平均牛ふん堆肥施用量

品目	調査年	圃場数 <sup>z</sup>	施用量(kg/a)	
			施用圃場 <sup>y</sup>	全圃場 <sup>x</sup>
キャベツ	2009年	10 (10)	258	258
	2015年	10 (10)	193	193
ダイコン	2009年	14 (7)	271	136
	2015年	14 (10)	167	119
キャベツ	—	20 (20)	225	225
ダイコン	—	28 (17)	210	127
—	2009年	24 (17)	264	187
—	2015年	24 (20)	180	150
分散分析		品目	ns <sup>w</sup>	**
		調査年	*	ns
		交互作用	ns	ns

<sup>z</sup>()内の数字は、資材を施用した圃場数

<sup>y</sup>施用している圃場における平均値

<sup>x</sup>施用していない圃場の施用量を0として計算した平均値

<sup>w</sup>分散分析の\*\*及び\*は、それぞれ1%及び5%水準で

有意差があることを示す。nsは5%水準で有意差なし

てダイコン生産圃場の方が有意に少なかった。

### (3)窒素, リン酸, 加里を含む複合肥料の施用状況

複合肥料による窒素, リン酸及び加里の成分別施用量を表10に示した。キャベツ生産圃場全体における1a当たりの平均窒素施用量は, 2009年は1.3kg, 2015年は1.1kg及び2024年は1.4kgで, ダイコン生産圃場全体における1a当たりの平均窒素施用量は, 2009年は1.3kg, 2015年は1.5kg及び2024年は1.1kgであった。平均窒素施用量の, 調査年及び品目の違いによる有意な差はなく, 蒜山地域での施肥基準量と概ね同量であった。平均リン酸施用量は, キャベツ生産圃場では2009年は1.1kg, 2015年は1.2kg及び2024年は1.2kgで, ダイコン生産圃場では, 2009年は1.5kg, 2015年は1.6kg及び2024年は1.3kgであった。平均リン酸施用量の, 調査年による有意な差はなかったが, キャベツ生産圃場と比べてダイコン生産圃場の方が有意に多かった。また, 蒜山地域での施肥基準量と比較して, キャベツ生産圃場では0.9kg及びダイコン生産圃場では0.5kg少なかった。平均加里施用量は, キャベツ圃場では, 2009年は1.0kg, 2015年は1.1kg及び2024年は1.3kgで, ダイコン生産圃場では, 2009年は1.1kg, 2015年は1.3kg及び2024年は1.0kgであった。平均加里施用量の, 調査年及び品目の

違いによる有意な差はなかった。

## 考 察

### 1. 蒜山露地野菜産地全体の土壌化学性の推移

#### (1) 調査全圃場の3か年の土壌化学性の推移

調査圃場全体の結果では, 2024年が2009年及び2015年と比較してEC, 無機態窒素量, 交換性石灰, 交換性苦土, 塩基飽和度, 石灰飽和度及び苦土飽和度で有意に高い値を示した(表1)。これらの変化の要因として, 調査年による採土方法の違いが影響していると考えられた。2009年及び2015年では, 採土に用いたハンドオーガーが容易に刺さるまでの深さを採土深とした。この方法では, 作土層より下層の土壌が一部含まれていた可能性がある。一方, 2024年の調査では貫入式硬度計を使用し, 硬度の変化が急激に高まり始めるまでの深さを採土深としたため, 作土層のみが正確に採土されたと考えられた。この結果, 採土深が作土層に限定されたことで, 肥料や資材施用の影響がより強く反映された可能性が示唆された。また, 調査圃場数が2009年は29, 2015年は26及び2024年は15と異なることも1つの要因と考えられた。

#### (2) 採土方法が同じ2009年と2015年との比較

表10 複合肥料による窒素, リン酸, 及び加里の成分別施用量

品目	調査年	圃場数 <sup>z</sup>	平均施用量(kg/a)		
			窒素	リン酸	加里
キャベツ	2009年	13	1.3	1.1	1.0
	2015年	7	1.1	1.2	1.1
	2024年	8	1.4	1.2	1.3
ダイコン	2009年	16	1.3	1.5	1.1
	2015年	12	1.5	1.6	1.3
	2024年	5	1.1	1.3	1.0
キャベツ	-	28	1.3	1.1	1.1
ダイコン	-	33	1.3	1.5	1.2
-	2009年	29	1.3	1.3	1.1
-	2015年	19	1.3	1.4	1.2
-	2024年	13	1.2	1.3	1.2
分散分析 <sup>y</sup>	品目		ns	*	ns
	調査年		ns	ns	ns
	交互作用		ns	ns	ns
施肥基準 <sup>x</sup>	キャベツ		1.3	2.0	1.2
	ダイコン		1.0~1.5	2.0	1.2~1.4

<sup>z</sup>作付けがあった圃場数

<sup>y</sup>分散分析の\*は5%水準で有意差があることを示す  
nsは5%水準で有意差なし

<sup>x</sup>蒜山地域での施肥基準 (JA晴れの国岡山蒜山アグリセンター)

2009年と2015年の土壤化学性調査では、採土方法が統一されており、同じ条件で比較が可能であった。そこで、2009年と2015年で同一圃場における土壤化学性について調査した結果、いくつかの項目で、有意差が認められた(表3)。EC及び無機態窒素は、2015年が2009年より有意に高く、これは肥料施用や土壤中の塩類濃度の変化が影響した可能性が示唆された。ただし、2009年と2015年とでは、窒素、リン酸、加里を含む複合肥料の施用量に差はなかったことから(表10)、収穫時期、播種・定植時期、降雨条件等の違いがEC及び無機態窒素に影響した可能性が示唆された。

また、可給態リン酸、石灰飽和度、加里飽和度及び塩基飽和度についても2015年が2009年より有意に高い値を示した。2009年と2015年とでは、石灰資材、堆肥及び複合肥料による加里の全圃場を対象とした施用量に有意差がなかったことから、2010年から2014年にかけての施用量データはないものの、堆肥や石灰資材等の累積施用効果が反映された結果である可能性が示唆された(表5、表9、表10)。石灰飽和度については、ダイコン生産圃場では有意差が認められなかったが、キャベツ生産圃場では有意差が認められた。これは、キャベツ生産圃場がダイコン生産圃場と比較して、石灰を含む資材を施用している圃場割合が高く、全圃場を合わせた施用量も多かったことが要因として考えられた(図3、表5)。

一方、可給態窒素及びCECについては、2015年が2009年より有意に低い値を示した。この傾向は、キャベツ生産圃場では有意差は認められなかったが、ダイコン生産圃場で有意差が認められるほど低下していた。また、ダイコン生産圃場では、腐植も2015年が

2009年より有意に低い値を示した(表3)。可給態窒素は、家畜ふん堆肥の連用によって増加し、特に鶏ふんと比較して牛ふん堆肥の連用で増加量が多いとされる(脇門ら、2000)。一方、堆肥を施用せずに栽培を続けた場合、可給態窒素は減少する傾向があることが報告されている(葉上ら、2009)。キャベツ生産圃場では、牛ふん堆肥を施用している圃場の割合が2009年で92%、2015年で100%と高かったのに対し、ダイコン生産圃場では2009年で56%、2015年で71%と低かった(図5)。また、全圃場を対象とした牛ふん堆肥の施用量はキャベツ生産圃場の方がダイコン生産圃場よりも有意に多かった(表9)。これらの要因により、ダイコン生産圃場では、キャベツ生産圃場と比較して可給態窒素が有意に低下したと考えられた。腐植とCECは、有機物施用によって増加することが報告されている(黒柳ら、2000)。また、全炭素含量(全炭素含量 $\times 1.724$  = 腐植)とCECとの間には有意な相関関係が認められており、全炭素含量の増加はCECを増大させるとされる(若澤ら、1994)。そこで、2009年と2015年の腐植とCECとの関係を調査した結果、両者の間に強い正の相関が認められた(図6)。一方、有機物を施用せずに栽培を続けると、全炭素含量が徐々に減少することが報告されている(家壽多ら、2001)。ダイコン生産圃場ではキャベツ生産圃場と比較して有機物施用が少ないため、腐植とCECが減少したと考えられた。岡山県では、牛ふん堆肥の施用量の目安を100~300kg/aとしている(岡山県農林水産部、2014)。ダイコン生産圃場では、施用している圃場の平均施用量が210kg/aと、適正量であった。しかし、堆肥を施用していない圃場も含めた平均施用量は127kg/aであり、キャベツ生産圃場より少ない傾向であった。したがって、可給態窒素、CEC及び腐植を維持するためには、堆肥の適正な施用が必要と考えられた(表9)。以上、石灰資材や堆肥施用の違いが、キャベツ生産圃場とダイコン生産圃場の土壤化学性に影響することが示唆された。

## 2. 品目別の土壤実態とその改善策

キャベツ生産圃場とダイコン生産圃場とで土壤化学性を比較した。

pH及び石灰飽和度の平均値は、キャベツ生産圃場の方がダイコン生産圃場と比較して高かった(表2)。そこで、石灰飽和度とpHとの関係を調査した結果、石灰飽和度が高くなるに従い、pHが高くなる傾向がみられた(図7)。したがって、pHの違いは石灰飽和度に影響されていると考えられ、石灰飽和度がキャベツ生産圃場で高かった原因は、石灰を含む資材の施用がキャベ

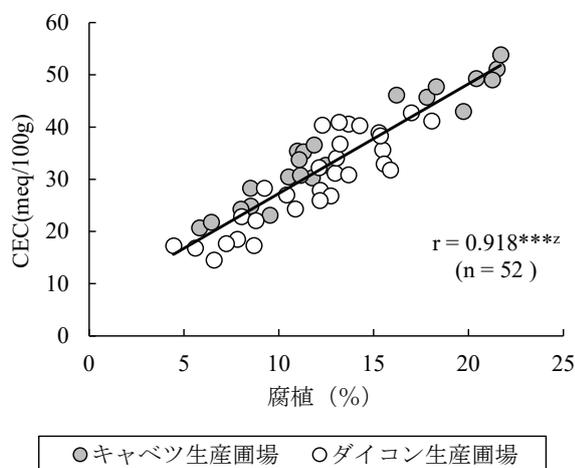


図6 腐植とCECとの関係(2009年及び2015年データ)  
\*\*\*は無相関検定の結果、0.1%水準で有意であることを示す

ツ生産圃場の方が多いためと考えられた。また、キャベツ生産圃場で石灰施用量が多くpHが高かったのは、キャベツの適正pH範囲(6.0~7.0)がダイコン(5.5~6.8)よりも高いことが要因の一つと考えられた(表2)。さらに、キャベツの栽培では、難防除病害である根こぶ病の発生を抑制するために土壌pHを高め維持する必要があることも要因の一つとして考えられた。村上ら(2003)の報告によると、土壌pHを7.0以上とすることで根こぶ病の発病を抑制している。一方で、過度の高pH管理は微量元素等の吸収が阻害される(高橋ら, 1980)ことがあるため、適切な施肥管理が必要である。特に、2024年の調査では、キャベツ生産圃場の全圃場で石灰飽和度が改良目標上限を超えており、現在は多くの圃場でpHは適正範囲にあるが、将来的にpHが過度に高まる危険性が示唆される(図1)。この問題を解決する方法として、石灰と微量元素とが含まれる鉍さいケイ酸質肥料を用いることが有効とされる報告(村上・後藤, 2006)があることから、キャベツ生産圃場のpH管理には本資材の利用が有効と考えられた。一方で、ダイコン生産圃場では、2009年ではpHが改良目標下限未満の圃場が50%、石灰飽和度が改良目標下限未満の圃場が69%であり、2015年及び2024年の調査でも同様の傾向が継続していた(図2)。これらの結果は、ダイコン生産圃場で石灰資材の施用が少ないことが主な要因と考えられる。アロフェン質黒ボク土では緩衝作用が働くため、塩基飽和度の低下が極端でなければ酸性害の発生は弱いのに対し、非アロフェン質黒ボク土では塩基飽和度が低下した場合、酸性化による強い生育障害が発生することが知られている(竹迫・伊藤, 2005)。そのため、当地域のダイコン生産圃場については、積極的な石灰資材の投入によるpHの適正化が望ましいと考えられた。

可給態窒素の3か年の平均値は、キャベツ生産圃場の方がダイコン生産圃場と比較して多かった(表2)。また、ダイコン生産圃場については3か年とも過半数の圃場が改良目標下限未満であった(図2)。これは前述したとおり、キャベツ生産圃場の方がダイコン生産圃場と比較して牛ふん堆肥の施用が多いためと考えられた(図5, 表8)。ダイコン生産圃場で堆肥の施用が控えている要因として、タネバエの幼虫による被害軽減の目的が考えられた。山田ら(1990)の報告によると、完熟堆肥であれば、4t/10aまでなら被害は少ないが、未熟堆肥や油粕などの有機質肥料の施用は被害株率を高めるとしている。一方で、牛ふん堆肥を施用することで、ダイコンの初期生育が早く、収穫時の葉重

及び根重が重くなった報告もあることから(吉田・安藤, 2012)、可給態窒素の低いダイコン生産圃場においては、完熟堆肥を適正に施用することが、タネバエ被害の軽減と土壌改良の両立に寄与すると考えられた。

可給態リン酸の3か年の平均値は、キャベツ生産圃場の方がダイコン生産圃場と比較して多かった(表2)。また、ダイコン生産圃場については3か年とも過半数の圃場が改良目標下限未満であった(図2)。リン酸の主な供給源は、堆肥等の有機物、リン酸質肥料及び窒素、リン酸及び加里を含む複合肥料であるが、堆肥の施用については、前述のとおり、キャベツ生産圃場の方がダイコン生産圃場と比較して施用が多かった(図5, 表8)。リン酸質肥料の施用量は、3か年データでは明瞭な差はなく、複合肥料の施用量についても明瞭な差はなかった(表6, 表10)。したがって、キャベツ生産圃場とダイコン生産圃場の可給態リン酸量の違いは、堆肥の施用の有無が大きく影響していると考えられた。また、キャベツ生産圃場及びダイコン生産圃場とも、リン酸質肥料を施用していない圃場割合が増加傾向で、複合肥料については、蒜山地域の施肥基準量より少なかった(図4, 表10)。これは、2008年から始まった肥料価格の高止まりが一つの要因と考えられる(農林水産省, 2023)。黒ボク土は、活性アルミニウム化合物が多くてリン酸固定力が高く、可給態リン酸が少なくなりリン酸欠乏を起こしやすい(長友・浜崎, 2005)。加えて、当地域に多いとされる非アロフェン質黒ボク土では、トルオーグ法(本報告で使用)及びブレイ2準法による可給態リン酸の分析値が等しい場合でも、アロフェン質黒ボク土に比べてリン酸供給能が低い可能性が指摘されている(伊藤ら, 2011)。また、ダイコン生産において、過リン酸石灰の増肥により肥大根のリン酸含量が高まり、赤心症の発生が軽減された報告もあることから(川合ら, 1993)、可給態リン酸の少ないダイコン生産圃場については、比較的安価な堆肥等によるリン酸施用が望ましいと考えられた。

苦土飽和度の3か年の平均値は、ダイコン生産圃場の方がキャベツ生産圃場と比較して有意ではないものの少ない傾向であった(表2)。また、ダイコン生産圃場については3か年とも過半数の圃場が改良目標下限未満であった(図2)。苦土の供給源は、苦土石灰(ク溶性苦土10%)や、牛ふん堆肥及び鶏ふん等の有機物であると考えられ、ダイコン生産圃場はキャベツ生産圃場と比較して、これらの施用が少ないため(図3, 図5, 表8)、苦土飽和度の低い圃場が多かったと考えられた。したがって、苦土飽和度の低い圃場の多いダイコン生

産圃場については、苦土石灰や堆肥及び苦土質肥料の施用が望ましいと考えられた。

加里飽和度の3か年の平均値は、キャベツ生産圃場の方がダイコン生産圃場と比較して高かった(表2)。また、ダイコン生産圃場については3か年とも過半数の圃場で改良目標下限未満であった(図2)。加里の施用量について、キャベツ生産圃場とダイコン生産圃場で複合肥料による施用量に明瞭な差はなかった(表10)。また、有機物由来については、前述のとおり、ダイコン生産圃場はキャベツ生産圃場と比較して、堆肥の施用が少ない。岡山県で流通している牛ふん堆肥の加里含量は、平均で $2.1 \pm 1.1\%$ 、鶏ふんは平均で $3.5 \pm 0.7\%$ であり(岡山県農林水産部, 2014)、有機物施用は加里の供給源となる。したがって、加里飽和度の低い圃場が多いダイコン生産圃場については、堆肥等の加里を含む資材の施用が望ましいと考えられた。

熱水抽出性ホウ素の3か年の平均値は、キャベツ生産圃場は $1.0\text{mg/kg}$ 、ダイコン生産圃場は $0.7\text{mg/kg}$ で有意な差はなかったが、ダイコン生産圃場の平均値は改良目標下限値の $0.8\text{mg/kg}$ 未満であった(表2)。また、2024年の調査ではキャベツ生産圃場及びダイコン生産圃場ともに過半数の圃場が改良目標下限未満であった

(図1, 図2)。キャベツ及びダイコン等のアブラナ科の作物はホウ素欠乏が発生しやすいことが報告されている(秋友, 2009)ことから、熱水抽出性ホウ素の少ない圃場、特にダイコン生産圃場については、ホウ素入りの複合肥料の利用やホウ素を保証成分とする微量要素肥料、あるいは前述した石灰と微量要素とが含まれる鉱さいケイ酸質肥料の施用が望ましいと考えられた。

### 3. 蒜山露地野菜産地に向けた適正な土壌管理指針

調査結果に基づいた、蒜山露地野菜産地の土壌及び施肥実態の傾向に応じた適正な土壌管理指針を表11に示した。土壌化学性や施肥実態アンケート調査結果から、キャベツ生産圃場の傾向として、①石灰が多いため高pHにより微量要素の吸収が阻害される可能性がある、②ホウ素が少ない。また、ダイコン生産圃場の傾向として、①石灰が少なくpHが低い、②可給態窒素、リン酸、苦土、加里、ホウ素が少ないことを示した。以上のことを問題点として、原因と対策を指針として取りまとめた。本指針は、同地域の普及指導センター及びJAに報告するとともに、研修会を通じて、生産者へ報告した。

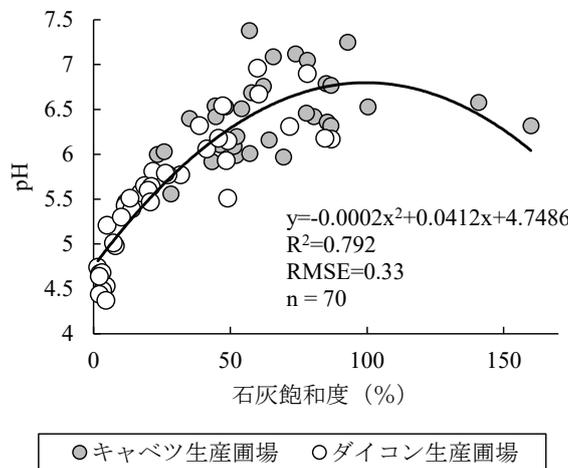


図7 石灰飽和度とpHとの関係(3か年データ)

表11 蒜山露地野菜産地に示した適正な土壌管理指針

品目	課題	原因	対策
キャベツ	高pHによる微量要素吸収阻害の危険性	根こぶ病の発生リスク低減のための石灰資材施用	微量要素の含まれる鉱さいケイ酸質肥料の施用
	ホウ素が少ない圃場が多い	ホウ素を含む資材の施用が少ない	ホウ素入り複合肥料や微量要素肥料及び鉱さいケイ酸質肥料の施用
	石灰が少なく土壌pHが低い圃場が多い	石灰資材や堆肥の施用が少ない	石灰資材及び完熟堆肥の施用
ダイコン	可給態窒素が少ない圃場が多い	牛ふん堆肥の施用が少ない	完熟堆肥の施用
	リン酸・苦土・加里が少ない圃場が多い	リン酸質肥料や堆肥の施用が少ない	堆肥や資材を積極的に施用し、リン酸・苦土・加里を補充
	ホウ素が少ない圃場が多い	ホウ素を含む資材の施用が少ない	ホウ素入り複合肥料や微量要素肥料及び鉱さいケイ酸質肥料の施用

## 摘要

岡山県北部の真庭市蒜山露地野菜産地の土壌化学性及び施肥の実態を、2009年は29圃場、2015年は26圃場、2024年は15圃場で調査した。

(1) 2024年は、2009年及び2015年と比較して、EC、無機態窒素、塩基飽和度、石灰飽和度及び苦土飽和度で有意に高い値を示した。この変化は、調査圃場数や採土深の変更が影響を与えた可能性が示唆された。

(2) 採土方法が同じ2009年と2015年で、同一圃場における土壌化学性の推移について比較した結果、可給態リン酸及び加里飽和度が、特にキャベツ生産圃場で石灰飽和度及び塩基飽和度が増加する傾向がみられた。これは、堆肥や石灰資材の連用効果が成分の増加に寄与した可能性が示唆された。一方で、堆肥施用が少ないダイコン生産圃場では、腐植、可給態窒素及びCECが減少する傾向がみられた。これは、ダイコン生産圃場では堆肥施肥量が少ないことが要因として考えられた。

(3) キャベツ生産圃場は、ダイコン生産圃場と比較して、pHや石灰飽和度が高い傾向がみられた。これは、根こぶ病対策として、高pHを維持するため石灰を含む資材を多く施用していることが要因として考えられた。一方で、熱水抽出性ホウ素が不足している圃場が多くみられた。

(4) ダイコン生産圃場は、可給態窒素、可給態リン酸、石灰飽和度、苦土飽和度、加里飽和度及び熱水抽出性ホウ素が不足している圃場が多かった。これは、堆肥や石灰含む資材やリン酸質肥料の施用が少ないことが要因と考えられた。

(5) 農業普及指導センター、JA及び生産者向けに、蒜山露地野菜産地の土壌及び施肥実態の傾向に応じた適正な土壌管理指針を作成した。

## 引用文献

秋友勝(2009)土壌診断・生育診断大辞典。農文協、東京、pp.925-928。  
 葉上恒寿・高橋良学・佐藤喬・中野亜弓・佐藤千秋・小田島ルミ子・新毛晴夫・小野剛志・多田勝郎(2009)非アロフェン質黒ボク土における有機物連用効果。岩手農研セ研報, 9:1-19。  
 石橋英二(2005)土壌施肥管理システムの開発。岡山県農試研報, 23:33-41。  
 伊藤豊彰・木川直人・三枝正彦(2011)黒ボク土におけるリン酸取着と土壌リン酸の可給性：アロフェン

質黒ボク土と非アロフェン質黒ボク土の違いに注目して。ペドロジスト, 55:84-88。

JAまにわ(2018)岡山県 JAまにわ～シャッキリとした歯ざわりと風味と甘味が特徴の「ひるぜん大根」～

[https://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/santi/1810\\_santi1.html](https://vegetable.alic.go.jp/yasaijoho/santi/1810_santi1.html) (2025.5検索)

Kanda, Y (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplant, 48(3): 452-458.

川合貴雄・飛川光治・藤沢敏寛・小野芳郎・石橋英二(1993)ダイコンの赤心症発生に及ぼすホウ素およびリン酸施用の影響。園学雑, 62:165-172。

気象庁(2025)過去の気象データ検索

<https://www.data.jma.go.jp/cpd/cgi-bin/view/index.php> (2025.5検索)

黒柳直彦・兼子明・渡邊敏朗・藤田彰・小田原孝治(2000)畑地における有機物の長期連用効果(1)。福岡農総試研報, 15:64-68。

松山信彦・三枝正彦(1994)西日本におけるアロフェン質黒ボク土と非アロフェン質黒ボク土の分布。ペドロジスト, 38:2-9。

村上圭一・後藤逸男(2006)転炉スラグの多量施用によるアブラナ科野菜根こぶ病の防除。農業及び園芸, 81:445-452。

村上圭一・篠田英史・丸田里江・後藤逸男(2003)アブラナ科根こぶ病発生地域における土壌理化学性及び休眠孢子密度と発病の関係。土肥誌, 74:781-786。

長友由隆・浜崎忠雄(2005)第10章 日本の土壌, 世界の土壌, 土壌サイエンス入門(三枝正彦・木村真人編)。文永堂出版、東京、pp.193-212。

日本土壌協会(2001)土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法。東京、pp.52-80。

農研機構(2021)日本土壌インベントリー

<https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/figure.html> (2025.5検索)

農林水産省(2023)肥料をめぐる情勢。

[https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s\\_hiryo/attach/pdf/HiryouMegujiR5-5b.pdf](https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_hiryo/attach/pdf/HiryouMegujiR5-5b.pdf) (2025.5検索)

岡山県農林水産部(2014)家畜ふん堆肥適正施用の手引き 参考資料。p.65。

[http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/388931\\_2254764\\_misc.pdf](http://www.pref.okayama.jp/uploaded/life/388931_2254764_misc.pdf) (2024.5検索)

高橋英一・吉野実・前田正男(1980)作物の要素欠乏・過剰症 ホウ素。農文協、東京、p149。

- 竹迫紘・伊藤豊彰（2005）第4章 畑の土壌，土壌サイエンス入門（三枝正彦・木村真人編）．文永堂出版，東京，pp.39-62.
- 若澤秀幸・河合徹・神谷径明・堀田柏・青島洋一・鈴木則夫・中神敏・山田金一・堀兼明・堀内正美・高橋和彦・水本順敏・松本昌直（1994）堆きゅう肥の連用が黄色土及び黒ボク土畑土壌に及ぼす影響(1)．静岡農試研報，38:85-98.
- 脇門英美・松元順・和合由員・小玉泰生・永田茂穂・森清文・鳩野哲也・山下純一・森田重則・市来征勝（2000）家畜ふん堆肥の連用が普通作物の収量に及ぼす効果．鹿児島県農研報，28:1-12.
- 鷺尾建紀・赤井直彦（2024）瀬戸内市牛窓露地野菜産地の土壌化学性の実態とこれらに影響を及ぼす要因．岡山県農業研報，15:1-11.
- 山田偉雄・下畑次夫・佐藤邦幸（1990）堆肥等施用がダイコンのタネバエの発生に及ぼす影響．関西病虫害研究会報，32:76.
- 山本定博（2007）中国地方の火山灰土壌，土壌を愛し，土壌を守る－日本の土壌，ペドロロジー学会50年の集大成－（日本ペドロロジー学会編）．博友社，東京，pp.231-237.
- 家壽多正樹・八槇敦・戸辺学・安西徹郎（2001）黒ボク土畑における有機物及び改良資材の連用が作物収量及び土壌に及ぼす影響．千葉農試研報，42:43-53.
- 吉田俊郎・安藤光一（2012）黒ボク土における牛ふん堆肥の連用が秋どりダイコンの生育及び土壌の化学性に及ぼす影響．千葉農林総研研報，4:27-38.