

## 愛知県の野菜主要産地における施肥量、生産量、養分吸収量及び土壌の化学性

牧田尚之<sup>1)</sup>・久野智香子<sup>2)</sup>・武井真理<sup>3)</sup>・池田彰弘<sup>4)</sup>・吉川那々子<sup>5)</sup>

**摘要：**愛知県の野菜主要産地で、14品目について、施肥量と養分吸収量、収量（生産量）及び作付後の土壌の化学性を調査した。施肥量の平均値は、愛知県の施肥基準と比較して、窒素、リン酸は多く、カリウムは少ない傾向であった。施肥量に対する窒素の吸収量はフキの56%からチンゲンサイの125%まで差が見られた。リン酸は全ての品目で施肥量に対して吸収量が少なく、カリウムはすべての品目で施肥量に対して吸収量が上回っていた。収量はチンゲンサイを除く12品目で県施肥基準の目標収量を上回った。作付後の土壌の化学性は、愛知県の土壌診断基準値と比較して、リン酸過剰や、カリウム不足の地点が多かった。リン酸吸収量と見かけの利用効率及び土壌のリン酸蓄積量を考慮すると、多くの品目でリン酸肥料の削減が可能であると思われた。

**キーワード：**野菜、施肥量、養分吸収量、土壌化学性、リン酸過剰

## Fertilizer Application Rate, Crop Yield, Nutrient Uptake, and Soil Chemical Properties in the Major Vegetable Cultivation Area in Aichi Prefecture, Japan

MAKITA Naoyuki, KUNO Chikako, TAKEI Mari, IKEDA Akihiro  
and YOSHIKAWA Nanako

**Abstract:** We investigated the amount of applied fertilizer and nutrient absorption, crop yield, and soil chemical properties after the harvest of 14 types of vegetables in the main producing area in Aichi Prefecture. Considering the fertilization standard in Aichi Prefecture, the mean amount of fertilizer application in this area was much higher in nitrogen and phosphate, but lower in potassium. The percentage of applied nitrogen absorbed varied widely from 56% for Qing geng cai to 125% for broccoli. Nutrient absorption quantity analyses showed that the absorptions of phosphate and potassium, respectively, were lesser than and greater than the amounts absorbed by other crops. Soil chemical analysis after harvesting indicated that phosphate was excessively abundant and potassium was deficient in many soils compared with the soil standard values for nutritional diagnosis in Aichi Prefecture. The analysis of the quantity of phosphorus absorbed by plants and the phosphate accumulated in soils suggested that phosphate application could be reduced in many types of vegetables.

**Key Words:** Vegetables, Fertilizer quantities, Nutrient absorption quantities,  
Soil chemistry, Excess application of phosphate

---

本研究の一部は日本土壌肥料学会中部支部第92会例会（2012年11月）において発表した。

<sup>1)</sup> 環境基盤研究部 <sup>2)</sup> 環境基盤研究部（現企画普及部）

<sup>3)</sup> 環境基盤研究部（現農林水産部農業経営課） <sup>4)</sup> 環境基盤研究部（現山間農業研究所）

<sup>5)</sup> 環境基盤研究部（現知多農林水産事務所）

(2013. 10. 4 受理)

## 緒言

愛知県は野菜の生産が盛んで、平成23年における作付延べ面積は17900 haであり、農業産出額1035億円（全国第5位）と多い。品目別での作付面積は、キャベツ5380 ha（同1位）、ブロッコリー961 ha（同3位）、タマネギ656 ha（同5位）、ハクサイ560 ha（同6位）、ニンジン543 ha（同10位）等、全国でも有数の産地となっている<sup>1)</sup>。

これら野菜類の生産に伴い、施肥に由来する余剰窒素の流出は、地下水や河川、三河湾への窒素負荷源のひとつとなることから<sup>2)</sup>、作物の吸収量に見合った適正な施肥により余剰窒素量を少なくすることが重要である<sup>3)</sup>。そのため、詳細な養分収支の実態把握が求められる。

また、農耕地土壌の可給態リン酸含量は、堆肥や化学肥料の使用により年々増加傾向をたどり<sup>4)</sup>、近年の報告でも愛知県の土壌診断基準値以上のほ場が多数を占めている<sup>5)</sup>。高蓄積の状態が継続されることにより、農耕地外への流出<sup>6)</sup>や農作物への影響<sup>7)</sup>が懸念される。

愛知県では、1994年に愛知県環境保全型農業推進基本方針を定めて以来、環境保全型農業の一環として施肥の適正化を進めてきた。本施策の推進状況を確認するとともに、一層の環境保全型農業推進に資する施肥技術を向上させるためにも、産地における施肥量、養分吸収量の実態を明らかにする必要があるが、これまで、野菜類についてはまとまった調査が行われていない。

そこで、愛知県内の野菜主要産地において2005年から2008年にかけて14品目の施肥量の実態、養分吸収量及び作付跡地土壌の化学性を調査したので報告する。

## 調査方法

### 1 調査品目

調査は、2005年にスイートコーン、キャベツ（11～12月どり）、ハクサイ（10～12月どり）、タマネギ、2006年にニンジン、チンゲンサイ、ミズナ、キャベツ（1～3月どり）、ハクサイ（1～3月どり）、レタス、ブロッコリー、セルリー、2007年にダイコン（4～5月どり）、ホウレンソウ、フキ、2008年にサトイモの計14品目17作型について行った（表1）。また、品目ごとに8～23地点を調査地として選定した。ホウレンソウは同一ほ場で2作型調査したため、調査地10点に対し、施肥量、収量、養分吸収量及び土壌の化学性の調査点数は20点となっている。フキは3回収穫の作型で調査しており、収量、養分吸収量は3回を合計して集計した。調査品目の中でチンゲンサイ、ミズナ、セルリー、フキは施設栽培であり、それ以外は露地栽培であった。

### 2 施肥量調査

生産者から、当該年に施用された堆肥、化学肥料の各々の種類と施用量を聞き取った。

### 3 植物体および土壌の採取

収穫期に、周囲に欠株のない植物体を10個体ずつランダムに採取し、出荷物と収穫残渣、又は可食部と非可食部に分けて（ホウレンソウ、ミズナは全体が出荷物のため分割無し）新鮮重量を測定した。各個体の一部または、全部を養分吸収量測定用サンプルとして乾燥後、乾物率を測定し、窒素、リン、カリウム含量を測定した。あわせて、株間、畝間から栽植密度を算出し、採取した出荷物の重量を乗じて収量を算出した。また、植物体の採取時に、作土を採取して化学性を調査した。

### 4 分析方法

#### (1) 植物体成分

養分吸収量測定用サンプルは、ミルIFM-300DG（岩谷産業株式会社、大阪）により粉碎して分析に供した。窒素はN. C-ANALYZER NC-800（株式会社住化分析センター、東京）、リンとカリウムは、マッフル炉による灰化、塩酸抽出後、リンはバナドモリブデン酸法で、カリウムは原子吸光光度法Z-5310（株式会社日立ハイテクノロジーズ、東京）で分析した。

#### (2) 土壌の化学性

土壌は、乾燥後、2 mmの篩で選別し、風乾細土とした。さらに風乾細土を粉碎し、0.5 mmの篩に全通させて粉碎土壌とした。全窒素、全炭素、可給態リン酸の測定には粉碎土壌を、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウムの測定には風乾細土を供試した<sup>8)</sup>。全窒素、全炭素はN. C-ANALYZER NC-800（株式会社住化分析センター、東京）により、可給態リン酸はトルオーグ法により抽出した後、モリブデン青吸光光度法により分析した。交換性カリウム、交換性カルシウム及び交換性マグネシウムは1 N酢酸アンモニウム液（pH 7）で抽出した後、原子吸光分光光度計Z-5310（株式会社日立ハイテクノロジーズ、東京）を用いて分析した。塩基飽和度は、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウムの測定値とショーレンベルガー法により測定したCECの値から算出した。腐植含量は、全炭素の分析値に1.725を乗じて算出した。

表1 調査品目一覧

品目	調査年	調査地	調査点数	
果菜類	スイートコーン	2005	田原市	20
根菜類	ダイコン（4～5月どり）	2007	豊橋市	8
	ニンジン	2006	碧南市	20
	サトイモ	2008	新城市	9
葉菜類	ホウレンソウ	2007	清須市、春日町	10 (20)
	チンゲンサイ（6～10月どり）	2006	安城市、碧南市	12
	チンゲンサイ（11～5月どり）	2006	安城市、碧南市	12
	ミズナ	2006	稲沢市	23
	キャベツ（11～12月どり）	2005	知多地域	14
茎葉菜類	キャベツ（1～3月どり）	2006	豊橋市	20
	ハクサイ（10～12月どり）	2005	豊田市	20
	ハクサイ（1～3月どり）	2006	豊橋市	20
	レタス	2006	知多市	20
	ブロッコリー	2006	田原市	20
	セルリー	2006	田原市	20
	タマネギ	2005	知多地域	16
	フキ	2007	知多地域	9

注) チンゲンサイ（6月～10月どり）、チンゲンサイ（11～5月どり）、ミズナ、セルリー、フキは施設栽培。

## 試験結果

### 1 産地における施肥量の実態

農業者から聞き取った窒素、リン酸、カリウムの施肥量の平均値を品目毎に表2に示した。化学肥料の窒素施肥量は、ニンジンとタマネギは同一産地内のほ場間で大きな差はなかったが、それ以外の多くの品目では最小値と最大値では2倍以上と大きな幅が認められた。愛知県施肥基準<sup>9)</sup>(以下「施肥基準」と施肥量の平均値を比較すると、産地における窒素の施肥量は、施肥基準より9作型で多く、7作型で少なかった。産地におけるリン酸の施肥量は、施肥基準より11作型で多く、5作型で少なかった。産地におけるカリウムの施肥量は、施肥基準より3作型で多く、12作型で少なかった。

### 2 堆肥の使用実態

堆肥は、多くの品目で当該年に使用されており、その多くは家畜ふん堆肥であった。特にセルリーでは、20地点のすべてで使用されていた。そのほか、レタス：85%、チンゲンサイ：83%、スイートコーン：55%、ブロッコリー：55%、ハウレンソウ：50%などが使用するほ場の割合が高かった。一方、ダイコン(4～5月どり)では、まったく使用されていなかった。

### 3 養分吸収量と収量

養分吸収量および収量を表3に示した。収量はチンゲンサイ(11～5月どり)を除くすべての品目で、施肥基準の目標収量を上回った。養分吸収量は、すべての品目で大きな幅が認められたが、施肥量の変動幅と比べるとその程度は小さかった。養分吸収量を出荷物等としてほ場外へ持ち出される部分と、残渣としてすき込まれ土壤に還元される残渣分とに分割した部位別の平均値で見ると、ブロッコリーの残渣率が最も高く71%で窒素が261 kg ha<sup>-1</sup>還元される計算となった。その他の品目で高かったのは、スイートコーンが残渣率65%で窒素分が115 kg ha<sup>-1</sup>、セルリーが残渣率54%で窒素分が185 kg ha<sup>-1</sup>などであった。サトイモ、ハウレンソウ、チンゲンサイ、ミ

ズナ、フキは全量をほ場外へ持ち出すので残渣分は無しとなった。

### 4 作付跡地土壌の化学性

各品目の土壌の化学性の調査結果を表4に示した。愛知県の土壌診断基準値と比較すると、腐植含量は、施肥基準の適正基準値(3～5%)内であったほ場が、施設(ミズナを除く)で43%、露地で9%しかなく、適正基準値未満のほ場が、施設で51%、露地で77%、適正基準値超過のほ場が、施設で6%、露地で14%を占めた。全窒素は1 g kg<sup>-1</sup>未満の地点が、施設で16%、露地では49%、1～2 g kg<sup>-1</sup>の地点が、施設で58%、露地で29%を占めた。可給態リン酸含量は、施肥基準の適正基準値(300～500 mg kg<sup>-1</sup>)内であったほ場が、施設で2%、露地で5%しかなく、適正基準値未満のほ場が、施設で4%、露地で3%、適正基準値超過のほ場が、施設で94%、露地で92%を占めた。交換性塩基含量の適正基準値は、作付品目ごとに定められている交換性塩基(カルシウム、マグネシウム、カリウム)の飽和度と土壌のCECにより決定(各塩基の適正基準値の下限値または上限値(mg/100g) = 各飽和度の下限または上限(%) × CEC(me) × 各塩基の1mg当量/100)されるが、それぞれのほ場ごとに算出された適正基準値と交換性塩基含量を比較すると、交換性カルシウム含量は、適正基準値内のほ場が、施設で9%、露地で22%であり、適正基準値未満のほ場が、施設で36%、露地で48%、適正基準値超過のほ場が、施設で55%、露地で30%を占めた。交換性マグネシウム含量は、適正基準値内のほ場が、施設で15%、露地で16%であり、適正基準値未満のほ場が、施設で34%、露地で51%、適正基準値超過のほ場が、施設で51%、露地で33%を占めた。交換性カリウム含量は、適正基準値内のほ場が、施設で7%、露地で14%であり、適正基準値未満のほ場が、施設で72%、露地で57%、適正基準値超過のほ場が、施設で21%、露地で29%を占めた。各ほ場の交換性塩基含量と土壌のCECから求めた塩基飽和度は、適正基準値内のほ場が、施設で25%、露地で21%であり、適正基準値未満のほ場が、施設で19%、露地で32%、適正基準値超過のほ場が、施設で56%、露地で47%を占めた。

表2 愛知県の主要産地における野菜類の施肥量

品目	施肥量(kg ha <sup>-1</sup> )												愛知県施肥基準		
	N				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				K <sub>2</sub> O				施肥量(kg ha <sup>-1</sup> )		
	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
スイートコーン	328	54	424	216	155	94	327	32	273	70	354	115	250	100	250
ダイコン(4～5月どり)	107	28	157	77	107	69	258	36	67	16	86	46	100	100	100
ニンジン	151	18	210	140	213	60	350	126	153	18	201	140	200	150	200
サトイモ	171	59	292	100	151	87	356	60	183	67	292	100	280	180	280
ハウレンソウ	297	98	529	100	187	97	386	60	258	97	443	93	240	150	240
チンゲンサイ(6～10月どり)	83	35	115	0	50	21	69	0	83	35	115	0	130	100	120
チンゲンサイ(11～5月どり)	82	32	115	10	49	19	69	6	82	32	115	10	150	110	140
ミズナ	94	66	241	0	91	65	238	0	79	61	211	0	-	-	-
キャベツ(11～12月どり)	250	60	382	152	92	41	180	36	130	93	292	0	300	150	300
キャベツ(1～3月どり)	381	66	484	230	108	53	208	60	229	70	304	108	300	150	300
ハクサイ(10～12月どり)	378	78	506	254	201	94	408	60	229	75	368	78	260	150	260
ハクサイ(1～3月どり)	342	89	472	260	175	75	340	128	270	51	340	180	300	150	300
レタス	140	39	208	78	104	33	196	56	127	35	196	70	200	100	200
ブロッコリー	372	141	730	224	236	165	580	32	238	61	316	116	250	150	250
セルリー	393	107	596	148	365	89	582	212	303	104	494	136	420	250	420
タマネギ	253	37	312	184	184	72	268	40	230	36	281	160	230	150	230
フキ	524	201	912	384	475	177	816	336	506	148	768	404	450	440	470

注) ミズナは愛知県施肥基準に設定なし。

表3 野菜類の養分吸収量と収量

品目	平均収量 t ha <sup>-1</sup>	平均乾物生産量		養分吸収量 <sup>1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )												部位別養分吸収量(平均) (kg ha <sup>-1</sup> )					
		持出分 <sup>2)</sup>	残渣分	N				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				K <sub>2</sub> O				N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
		kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	平均値	標準偏差	最大値	最小値	持出分	残渣分	持出分	残渣分	持出分	残渣分
スイートコーン	17	3150	4980	177	17	202	144	103	17	127	78	281	45	350	195	62	115	30	73	47	234
ダイコン (4~5月どり)	80	3000	1790	123	21	161	92	84	11	106	72	284	47	356	244	68	55	51	33	218	66
ニンジン	64	4990	2710	142	31	198	70	70	16	103	37	303	86	463	132	83	59	50	20	202	101
サトイモ	33	7510		131	59	230	71	59	16	76	35	313	106	467	188	131	-	59	-	313	-
ホウレンソウ	35	3450		184	44	236	85	53	12	68	29	275	72	393	126	184	-	53	-	275	-
チンゲンサイ (6~10月どり)	33	1690		104	23	151	65	15	4	22	9	173	43	244	104	104	-	15	-	173	-
チンゲンサイ (11~5月どり)	34	1670		89	21	118	53	25	4	30	18	148	30	194	93	89	-	25	-	148	-
ミズナ	25	1530		97	53	273	49	18	12	51	5	125	59	306	56	97	-	18	-	125	-
キャベツ (11~12月どり)	76	5480	4210	308	39	375	237	86	7	94	69	380	57	447	255	152	155	49	37	207	173
キャベツ (1~3月どり)	66	7110	6590	376	49	432	260	103	13	127	75	375	65	472	275	193	183	60	43	195	180
ハクサイ (10~12月どり)	116	4010	3000	316	46	410	259	132	17	155	92	602	83	776	379	164	152	90	42	328	274
ハクサイ (1~3月どり)	99	5570	2530	282	52	379	214	118	22	164	84	422	82	592	301	191	92	86	32	253	169
レタス	26	1110	1480	123	25	178	79	39	7	56	31	226	43	320	160	58	64	20	19	78	148
ブロッコリー	16	1940	7090	368	73	497	257	95	24	148	57	384	70	534	272	108	261	28	67	72	312
セルリー	72	4510	4320	343	38	398	260	136	27	185	82	739	84	911	579	158	185	64	72	321	418
タマネギ	97	6830	2730	165	35	243	113	75	16	111	56	263	42	361	195	89	76	57	18	141	122
フキ	118	11350		293	74	398	168	108	28	145	58	658	158	941	459	293	-	108	-	658	-

1) 収穫物と収穫残渣を合計した量。

2) サトイモ (親株+子株)、チンゲンサイ (6~10月どり) (可食部+外葉)、チンゲンサイ (11~5月どり) (可食部+外葉)、フキ (茎部+葉部) は合計値。

表4 主要産地の栽培終了時における土壌の化学性

品目	T-C	T-N	CEC	交換性塩基			Truog-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
				CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
スイートコーン	平均値	36.2	3.76	18.4	3700	558	4634
	標準偏差	20.2	1.75	9.3	1561	313	1805
	最大値	100.3	8.38	41.4	7034	1114	8472
	最小値	7.8	1.29	5.9	873	55	1230
ダイコン (4~5月どり)	平均値	6.3	0.62	9.5	1655	357	2224
	標準偏差	1.2	0.12	0.9	615	136	69
	最大値	8.7	0.89	11.4	2416	558	338
	最小値	4.4	0.46	8.1	682	147	140
ニンジン	平均値	8.4	0.84	5.3	1068	165	125
	標準偏差	4.9	0.56	1.5	438	112	62
	最大値	16.8	1.88	8.7	1892	500	270
	最小値	2.3	0.25	3.0	362	45	41
サトイモ	平均値	46.7	2.73	23.8	3114	433	448
	標準偏差	20.8	1.12	7.4	1216	156	323
	最大値	73.5	4.11	33.4	4746	686	1145
	最小値	9.0	0.65	13.5	1360	188	121
ホウレンソウ	平均値	10.1	0.88	11.9	2663	480	525
	標準偏差	2.3	0.19	1.8	647	285	183
	最大値	14.8	1.31	16.5	4018	1189	949
	最小値	6.9	0.65	8.9	1707	136	271
チンゲンサイ (6~10月どり)	平均値	20.7	1.92	13.7	3251	596	242
	標準偏差	5.1	0.45	2.0	1464	243	224
	最大値	26.7	2.60	16.7	5883	1225	887
	最小値	11.8	1.17	10.4	1343	330	79
チンゲンサイ (11~5月どり)	平均値	21.0	1.89	14.9	3387	584	390
	標準偏差	5.5	0.53	2.8	1273	171	198
	最大値	29.3	2.75	19.0	5408	982	687
	最小値	13.0	1.16	10.5	1498	316	72
ミズナ	平均値	11.4	1.16	11.2	3132	624	386
	標準偏差	3.8	0.37	1.5	822	349	204
	最大値	24.3	2.33	15.0	4871	1532	1063
	最小値	8.0	0.82	9.1	1417	139	196
キャベツ (11~12月どり)	平均値	10.0	1.13	11.7	2307	573	637
	標準偏差	3.9	0.44	4.1	649	216	347
	最大値	17.6	1.90	19.4	3479	987	1325
	最小値	5.1	0.59	7.5	1541	299	278
キャベツ (1~3月どり)	平均値	12.7	1.40	9.6	2775	300	481
	標準偏差	7.1	0.89	2.9	2066	180	250
	最大値	33.4	4.25	15.7	9589	892	1110
	最小値	3.8	0.42	5.3	614	87	179
ハクサイ (10~12月どり)	平均値	7.9	0.83	11.5	2108	440	340
	標準偏差	2.9	0.29	3.9	727	174	164
	最大値	14.3	1.51	22.8	3717	926	674
	最小値	4.3	0.47	6.9	1190	237	143
ハクサイ (1~3月どり)	平均値	8.8	0.83	8.2	1658	270	345
	標準偏差	3.6	0.31	1.4	501	139	159
	最大値	18.8	1.77	11.9	2846	539	709
	最小値	3.9	0.43	6.0	638	58	97
レタス	平均値	13.6	1.62	15.4	3207	763	569
	標準偏差	4.4	0.58	3.1	1158	257	279
	最大値	21.9	2.82	22.6	6025	1294	1364
	最小値	6.3	0.73	9.3	1466	393	253
ブロッコリー	平均値	24.9	2.35	16.1	2913	413	553
	標準偏差	13.4	1.22	6.6	1962	309	279
	最大値	59.5	4.66	32.5	7222	1088	1245
	最小値	5.7	0.59	6.1	830	60	147
セルリー	平均値	13.8	1.58	12.0	2794	527	400
	標準偏差	4.0	0.49	2.0	943	135	172
	最大値	21.3	2.83	16.8	5116	902	718
	最小値	8.2	0.93	9.0	1465	297	114
タマネギ	平均値	8.1	0.79	10.0	2259	473	311
	標準偏差	4.8	0.41	4.7	714	168	191
	最大値	19.6	1.84	20.4	3864	744	824
	最小値	2.8	0.34	4.6	1217	166	100
フキ	平均値	22.4	2.39	25.1	4284	739	675
	標準偏差	13.1	1.40	17.8	3108	395	495
	最大値	47.3	5.01	71.8	12226	1759	1794
	最小値	11.3	1.14	16.2	2207	485	231

## 考 察

### 1 窒素施肥量と窒素吸収量、収量の関係

調査点数が20点前後で施肥量データのそろった品目を対象に、窒素施肥量と収量の関係を堆肥施用の有無に分けて図1に示した。今回調査した施肥量の範囲内では、堆肥施用の有無に係わらず、窒素施肥量の収量に対する影響は明らかではなかった。このことは、窒素施肥量を削減しても現状の収量を確保することが可能なほ場が多く存在することを示唆している。さらに、窒素施肥量が75%値以上（スイートコーンは除く）の5地点の窒素施肥量、窒素吸収量の平均値と、窒素吸収量が75%値以上の5地点の窒素施肥量、窒素吸収量の平均値を表5に記した。施肥量が多くても必ずしも吸収量は多くないことから、施肥量と吸収量に明らかな関連性は見られなかった。図1に示した品種のうちセルリーを除く5品目について、堆肥無施用のほ場を対象に施肥量と見かけの窒素利用効率（養分吸収量を施肥量で除した値）の関係を図2に示した。ハクサイでは窒素施肥量が250 kg ha<sup>-1</sup>から500 kg ha<sup>-1</sup>に増えると、窒素利用効率は半減した。収量、養分吸収量のばらつきが大きいニンジンを除く他の品目においても、解析点数は少ないものの、ハクサイと同様に窒素施肥量の増大に伴い、窒素利用効率は低下する傾向が認められた。以上のことから、本研究で調査した範囲内の施肥量において、多くの品目で収量を落とすことなく減肥が可能であると考えられる。なお、スイートコーン、ニンジン、ハウレンソウ、ブロッコリーは、堆肥を施用しているほ場と無施用のほ場の両方を調査したが、これらの品目で堆肥施用の有無による収量の差は認められなかった。表6にスイートコーン、ハウレンソウ、ブロッコリーの堆肥施用の有無別の養分吸収量を示した。スイートコーンとブロッコリーは堆肥施用なしが、ハウレンソウは堆肥施用ありの地点の窒素吸収量が多く、カリウム吸収量も同じ傾向であった。堆肥施用が吸収量に及ぼす影響は判然としなかった。糟谷ら<sup>10)</sup>によれば5年間の家畜ふん堆肥連用試験において、投入窒素量の増加による、キャベツとスイートコーンの年間窒素吸収量の増加量は、投入窒素の増加量の8%程度に過ぎなかったと報告している。本研究は、土壌の化学性が大きく異なる複数のほ場を対象とした調査であり、施肥量、養分吸収量、収量それぞれのばらつきも多いため、糟谷らの示した堆肥施用による窒素吸収量増加効果は、判別できなかったと考えられる。堆肥施用の効果については、詳細なほ場試験によりさらに検討が必要である。

西尾<sup>11, 12)</sup>が、農業生産環境調査の結果を基に窒素とリン酸の利用効率の全国平均値を算出しているが、今回の結果より全体的に低い値となっている。窒素の利用効率について西尾の結果と今回の結果を比較すると、ニンジンは西尾の40%（化学肥料由来のみで再計算）に対して94%、ハクサイは西尾の47%に対して84%（10～12月どり）と82%（1～3月どり）、ハウレンソウは西尾の35%に対して62%と、今回の調査結果は2倍前後の高い利用

効率となっている。その要因は、今回の調査結果が全国平均値に比べ施肥量が少なく、養分吸収量が多いことに起因している。リン酸も同様の傾向である。愛知県は畜産業も盛んであり、産出される家畜ふん堆肥を農地に施用している産地が多く、堆肥を考慮した減肥が進んでいるためと考えられる。

図1では、すべての品目で窒素施肥量と収量に明らかな相関はみられなかったが、すべての品目で最も高い収量を上げている地点は、施肥量分布の概ね中間にあり、その地点の施肥量が適正量と考えられる。スイートコーンでは350 kg ha<sup>-1</sup>、ニンジンは140 kg ha<sup>-1</sup>、ハウレンソウでは270 kg ha<sup>-1</sup>、ハクサイでは350 kg ha<sup>-1</sup>、ブロッコリーでは260 kg ha<sup>-1</sup>、セルリーでは350 kg ha<sup>-1</sup>前後である。これらの値を適正施肥量として、今後、検証していく必要がある。

### 2 養分収支

本研究では、堆肥からの養分供給量が明確になっていないため、当該年に堆肥を施用していないほ場を対象（堆肥無施用が5地点以上確認できている品目）として、施肥量から収穫物等としてほ場外へ持ち出される養分量（全地点の平均値を利用）を減じた値を余剰養分として計算した（表7）。余剰窒素はスイートコーンの284 kg ha<sup>-1</sup>が最も多く、その他ではブロッコリーが246 kg ha<sup>-1</sup>、ハウレンソウ、キャベツ（11～12月どり）、タマネギが100 kg ha<sup>-1</sup>以上となっていた。余剰リン酸は、ブロッコリーの256 kg ha<sup>-1</sup>が多く、スイートコーン、ニンジン、ハウレンソウ、タマネギが100 kg ha<sup>-1</sup>以上となっていた。余剰カリウムは、スイートコーンの233 kg ha<sup>-1</sup>が多かったが、吸収量が施肥量を上回る品目も多かった。糟谷ら<sup>10)</sup>は余剰窒素量の増大に伴い、溶脱窒素量も増大すること、また、余剰リン酸量の増加が可給態リン酸の増加をもたらすことを報告している。窒素については、先に示したように収量を確保したうえで窒素施肥量の削減の可能性が多く品目で認められることから、施肥量削減によって余剰窒素量を減らし、ひいては溶脱窒素量の削減、地下水、公共用水域の水質保全に寄与することも可能と考えられる。

### 3 リン酸減肥試算

リン酸吸収量は、リン酸施肥量ではなく植物体の増加量に依存する傾向があり、生育量に合った施肥が望まれる。しかし、現状では、見かけの施肥効率が低い品目が

表5 窒素施肥量・窒素吸収量上位5地点平均値

品目	施肥量上位5地点平均値		吸収量上位5地点平均値	
	施肥量 kg ha <sup>-1</sup>	吸収量 kg ha <sup>-1</sup>	施肥量 kg ha <sup>-1</sup>	吸収量 kg ha <sup>-1</sup>
スイートコーン	386 (+58) <sup>1)</sup>	182 (+5)	350 (+22)	197 (+20)
ニンジン	173 (+22)	150 (+8)	152 (+1)	179 (+37)
ハウレンソウ	422 (+125)	171 (-13)	243 (-54)	228 (+44)
ハクサイ(10～12月どり)	477 (+99)	312 (-4)	362 (-16)	380 (+64)
ブロッコリー	564 (+192)	369 (+1)	308 (-64)	465 (+97)
セルリー	520 (+127)	349 (+6)	393 (±0)	386 (+43)

括弧内は全地点平均値との差。

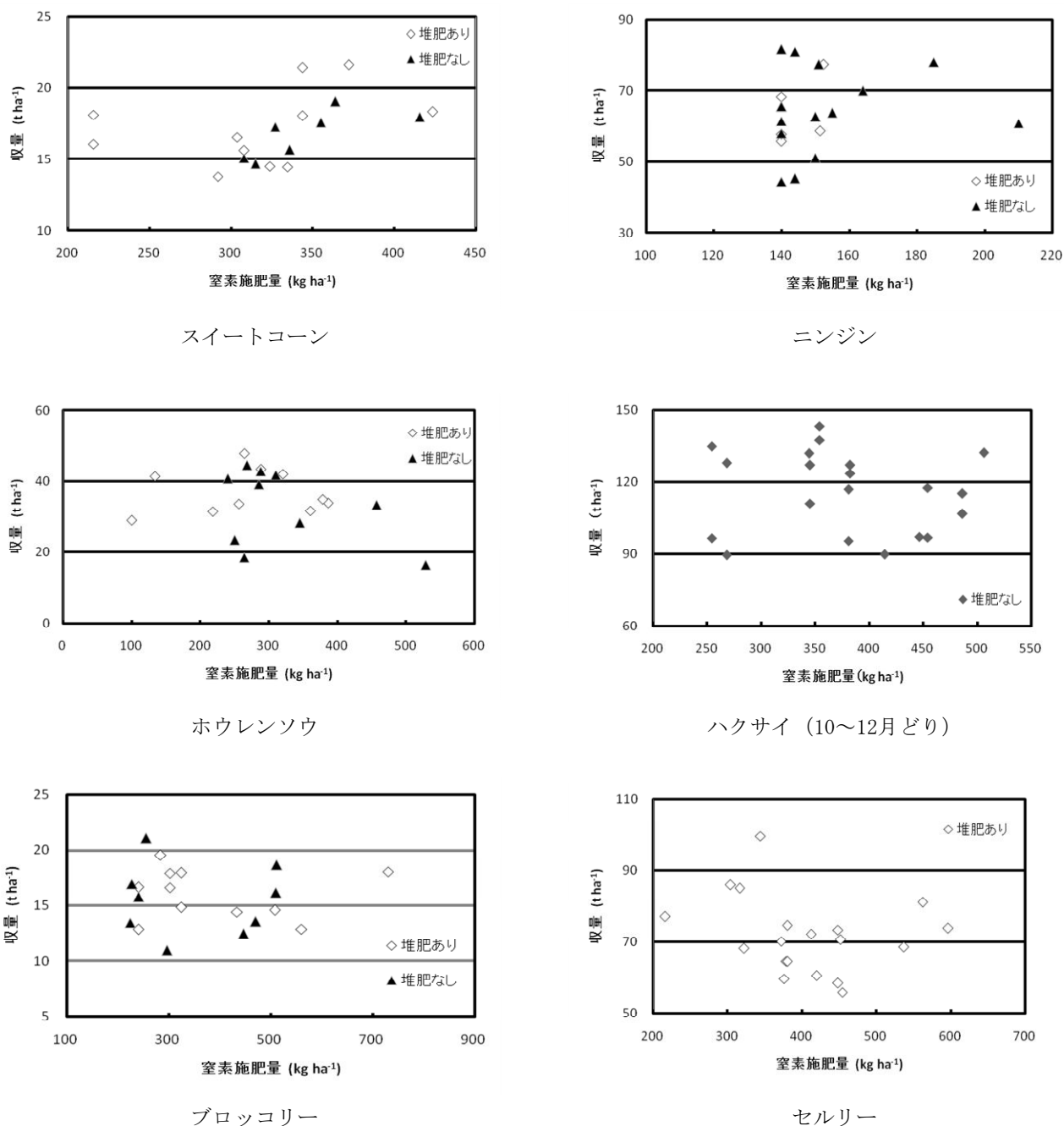


図1 各品目の窒素施肥量と収量の関係

表6 堆肥施用の有無別の吸収量

品目	地点数		平均養分吸収量					
			N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
			堆肥あり kg ha <sup>-1</sup>	堆肥なし kg ha <sup>-1</sup>	堆肥あり kg ha <sup>-1</sup>	堆肥なし kg ha <sup>-1</sup>	堆肥あり kg ha <sup>-1</sup>	堆肥なし kg ha <sup>-1</sup>
スイートコーン	11	7	170±14.0	187±17.4	104±17.8	102±15.6	275±39.7	291±53.2
ホウレンソウ	10	10	194±34.3	173±52.2	53±10.5	52±13.8	285±54.7	266±88.1
ブロッコリー	11	9	351±65.1	389±79.8	90±19.4	102±28.0	371±66.5	400±75.6

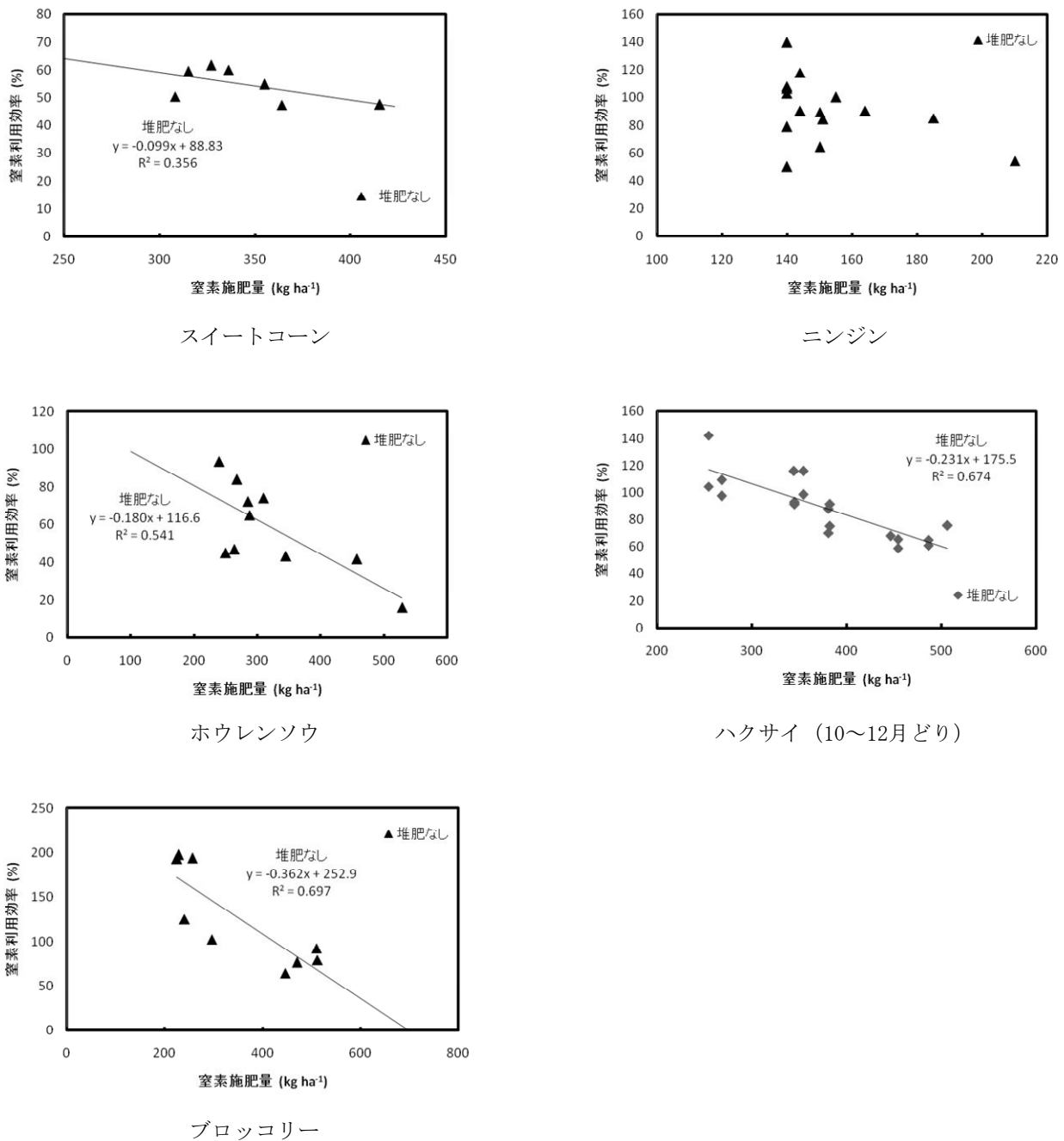


図2 各品目の窒素施肥量と窒素利用効率の関係

表7 各品目の平均養分余剰量

品目	平均養分余剰量 <sup>1)</sup> (kg ha <sup>-1</sup> )		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
スイートコーン	284	164	233
ダイコン (4~5月どり)	39	56	-151
ニンジン	70	162	-46
ホウレンソウ	140	155	-10
チンゲンサイ (6~10月どり)	-21	35	-90
チンゲンサイ (11~5月どり)	-5	25	-64
キャベツ (11~12月どり)	132	55	-3
ブロッコリー	246	256	177
タマネギ	165	163	100

1) 施肥量の非吸収量分と残渣すき込み分を含めた土壌残存量。

あること、土壌にリン酸が過剰に蓄積していることで病害<sup>7)</sup>や障害<sup>13)</sup>を招く事例があるため、適正な施肥量を明らかにすることが重要である。そこで、調査した収量とリン酸吸収量の結果からリン酸の減肥試算を試みた(表8、9)。まず、調査地での収量とリン酸吸収量の関係から、目標収量に相当するリン酸吸収量を求めた。その吸収量に見合う施肥量は、吸収量をリン酸肥料の有効化率で除して求めた。リン酸肥料の有効化率は北村<sup>14)</sup>により可給態リン酸の集積試験から鉍質土壌で0.6と求められており、それをを用いた。収穫後の残渣をほ場にすき込む場合、残渣に含まれるリン酸が土壌に残り、次作へのリン酸供給源となるため、今回の試算で施肥量不足(施肥量過不足分がマイナス)となった品目に関しては、残渣中にあるリン酸分を余剰リン酸(有効化率0.6)として施肥量に加算した場合の施肥量過不足分を補足で示した。表8は、産地収量水準に対するリン酸減肥試算である。調査地点の平均収量を目標収量としている。調査地施肥量の平均(A)と、目標収量を得るために必要なリン酸施肥量の試算(B)との差を施肥量過不足分((A)-(B))とした。その結果、ニンジン、サトイモ、ホウレンソウ、ミズナ、ブロッコリー、セルリー、タマネギ、フキでは50 kg ha<sup>-1</sup>以上の減肥ができると考えられた。その一方で、スイートコーン、ダイコン(4~5月どり)、キャベツ、ハクサイは施肥量不足となったが、残渣中にあるリン酸分を考慮すると施肥量不足の品目はキャベツのみとなった。キャベツについては、調査地域において土壌に蓄積している可給態リン酸からのリン酸供給が施肥量不足を補っていると考えられた。表9は、施肥基準に対する減肥試算である。施肥基準の目標収量を得るの

に必要なリン酸施肥量の試算を(B)とし、施肥基準(A)との差を施肥量過不足分((A)-(B))とした。その結果、ニンジン、サトイモ、ホウレンソウ、チンゲンサイ、キャベツ(11~12月どり)、セルリー、フキでは50 kg ha<sup>-1</sup>以上の減肥ができると予測された。その一方で、スイートコーン、キャベツ(1~3月どり)、ハクサイは施肥量不足となったが、前作残渣中にあるリン酸分を考慮すると施肥量不足になる品目はなかった。この試算に加えて、土壌に蓄積している可給態リン酸(表4)も作物へのリン酸供給源となるため、可給態リン酸が大量に蓄積している愛知県の土壌の現状では、さらに減肥が可能の場合が多いと考えられる。

#### 4 カリウムの施肥量と吸収量の関係

カリウムは、すべての品目で施肥量以上の植物体吸収が認められた。また、交換性カリウム含量は、愛知県の土壌診断基準値に照らして少ない地点が多かった。施肥量を超える分の吸収量に関しては、堆肥と土壌鉍物由来と考えられる。藤富<sup>15)</sup>の調査では、キャベツ、レタスのほ場における施用された堆肥のカリウム含有量が、施肥量よりも多いことや、堆肥投入がないほ場でも利用効率は100%以上であることを示している。今回の調査結果では、堆肥施用によりカリウムの吸収量が極端に多くなることはなく(表6)、むしろ乾物生産量に比例している傾向が認められた。交換性カリウムは、減少に伴って土壌から供給<sup>16)</sup>されると考えられ、直ちに不足することはないと思われるが、利用効率が200%を超える品目もあるため、さらなる検討を要する。

以上のように、本報では、愛知県内の主要産地におい

表8 産地収量水準に対するリン酸減肥試算

品目	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 吸収量 kg ha <sup>-1</sup>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 施肥量 試算	施肥量 過不足分	+前作 余剰分 <sup>1)</sup>	調査地施肥量 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
	合計 (持出+残渣)	残渣分	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
			(B)	(A)-(B)		(A)
スイートコーン	103	73	172	-17	56	155
ダイコン(4~5月どり)	84	33	140	-33	0	107
ニンジン	70	20	117	96		213
サトイモ	59		98	53		151
ホウレンソウ	53		88	99		187
チンゲンサイ(6~10月どり)	15		25	25		50
チンゲンサイ(11~5月どり)	25		42	7		49
ミズナ	18		30	61		91
キャベツ(11~12月どり)	86	37	143	-51	-14	92
キャベツ(1~3月どり)	103	43	172	-64	-21	108
ハクサイ(10~12月どり)	132	42	219	-18	24	201
ハクサイ(1~3月どり)	118	32	196	-21	11	175
レタス	39	19	66	38		104
ブロッコリー	95	67	159	77		236
セルリー	136	72	227	138		365
タマネギ	75	18	125	59		184
フキ	108		180	295		475

1) 前作残渣すき込み分を余剰リン酸として施肥量に加算した場合の施肥量過不足分。



表9 愛知県施肥基準に対するリン酸減肥試算

品目	愛知県目標収量に 対するP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 吸収量 kg ha <sup>-1</sup>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 施肥量 試算 kg ha <sup>-1</sup>	施肥量 過不足分 kg ha <sup>-1</sup>	+前作 余剰分 <sup>1)</sup> kg ha <sup>-1</sup>	愛知県施肥基準 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) kg ha <sup>-1</sup>
	合計 (持出+残渣)	残渣分	(B)	(A)-(B)		(A)
スイートコーン	94	66	156	-56	10	100
ダイコン (4~5月どり)	52	20	87	13		100
ニンジン	44	13	73	77		150
サトイモ	36		60	120		180
ハウレンソウ	30		50	100		150
チンゲンサイ (6~10月どり)	10		17	83		100
チンゲンサイ (11~5月どり)	29		49	61		110
キャベツ (11~12月どり)	56	24	94	56		150
キャベツ (1~3月どり)	94	39	156	-6	33	150
ハクサイ (10~12月どり)	102	32	170	-20	12	150
ハクサイ (1~3月どり)	107	29	179	-29	0	150
レタス	30	15	51	49		100
ブロッコリー	89	63	149	1		150
セルリー	104	55	173	77		250
タマネギ	62	15	103	47		150
フキ	91		152	288		440

1) 前作残渣すき込み分を余剰リン酸として施肥量に加算した場合の施肥量過不足分。

て、野菜の施肥量、養分吸収量および土壌の化学性の実態を明らかにし、数種の品目では、窒素やリンの減肥の可能性を指摘した。今後は、堆肥連用条件における土壌を通じた養分供給の評価を含めて、合理的な施肥量を検討する必要がある。

## 引用文献

- 愛知県農林水産部農林政策課. 動向調査資料No. 154 農業の動き. p. 1-102(2013)
- 糟谷真宏, 小竹美恵子, 寺井久慈, 松尾敬子, 豊田一郎. 愛知県の農耕地および農村集落における地下水中硝酸イオン濃度とその支配因子. 水環境学雑誌 17(9), 578-586(1994)
- 糟谷真宏, 廣戸誠一郎. 秋冬キャベツ栽培の夏季休閑期への緑肥作物導入による窒素収支の改善. 愛知農総試研報. 42, 141-146(2010)
- 愛知県農業総合試験場. 土壌環境基礎調査 (定点調査). 土壌保全対策資料. (1979-1997)
- 北村秀教. 野菜ほ場の養分実態 農耕と園芸. 55(12), 100-104(2000)
- 糟谷真宏, 坂西研二, 板橋直, 荻野和明, 廣戸誠一郎. 畜産を伴う赤黄色土野菜畑地帯の河川における窒素、リンの流出. 日本土壌肥科学雑誌. 81(5), 481-488(2010)
- 村上圭一, 中村文子, 後藤逸男. 土壌のリン酸過剰とアブラナ科野菜根こぶ病発病の因果関係. 日本土壌肥科学雑誌. 75(4), 453-457(2004)
- 愛知県農業総合試験場. 農業及び環境分析診断ハンドブック. p. 9-18(2010)
- 愛知県農林水産部農業経営課. 農作物の施肥基準. p. 40-63, p. 98-106(2011)
- 糟谷真宏, 荻野和明, 廣戸誠一郎, 石川博司, 鈴木良地. 牛ふん堆肥または豚ふん堆肥を連用する黄色土野菜畑における5年間の養分動態. 愛知農総試研報. 43, 137-149(2011)
- 西尾道徳. 農業生産環境調査にみる我が国の窒素施用実態の解析. 日本土壌肥科学雑誌. 72(4), 513-521(2001)
- 西尾道徳. 農業生産環境調査にもとづく我が国のリン酸施用実態の解析. 日本土壌肥科学雑誌. 74(4), 435-443(2003)
- 川合貴雄, 小野芳郎, 内藤恭典. リン酸過剰下による高温下でのダイコンの葉枯れ障害 岡山農試研報. 11, 47-56(1993)
- 北村秀教. 土壌化学性の簡単な未来予測. 日本土壌肥科学雑誌. 74(5), 679-683(2003)
- 藤富慎一. 九州沖縄各県試験データに基づく土壌・施肥管理の現状解析と適正化に向けた課題 第92号. 独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター資料. p. 11-18(2009)
- Foth, H.D(江川友治監訳): 土壌肥科学の基礎. 養賢堂. 東京. p. 289-294(1981)