

セル成型苗を利用した秋冬穫りネギの吸肥特性

田中有子・小山田勉*

キーワード:ネギ, シュウトウドリ, セルセイケイナエ, チッソ, キュウヒトクセイ

Characteristics of Absorption of Manure in Autumn Winter Welsh Onions Using Plug Seedlings

Yuko TANAKA and Tsutomu OYAMADA*

Summary

Growth and nutrient absorption characteristics of transplanted autumn winter Welsh onions using plug seedlings in a machine were clarified. From the 50th day after planting, live body weight began to increase, N absorption also increased rectilinearly, and it was absorbed by the harvest. In the harvest, there was a large amount of N absorption as a result of the quantity of nitrogen fertilizer applied.

When the nitrogen fertilizer level was $2.8\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ and the yield was $424\text{-}515\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$, N absorption of Welsh onions was $1.7\text{-}1.9\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$. And the absorption of P_2O_5 was $0.4\text{-}0.5\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$, K_2O was $1.9\text{-}2.1\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$, CaO was $1.0\text{-}1.5\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$ and MgO was $0.2\text{-}0.5\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$. The absorption of P_2O_5 , K_2O , CaO and MgO were not influenced by the difference in the nitrogen fertilizer level.

I. 緒 言

茨城県におけるネギの作付面積は、1997年1,920ha、生産量は48,300tで全国第3位にあり、露地野菜の重要品目の一つである。その内、秋冬穫りの作付面積は901ha、生産量は19,900tで全国第4位となっている(4)。また、県下全域に産地が形成されており、農作業の労働軽減及び省力化が要望されている。

近年、露地野菜栽培地帯において機械化がみられており、ハクサイ、キャベツ、レタス等の葉菜類の移植機が急速に普及されつつある。一方、ネギにおいてもわずかではあるが、全自動移植機の導入がみられる。本移植機はセル成型苗を利用し、従来の普通苗と比べて茎径が2~3mmと極めて細い小苗を使用し、苗質の点でも大きく異なっている。

そこで本試験では、機械移植栽培における肥培管理

の基礎となるセル成型苗を利用した秋冬穫りネギの生育及び吸肥特性について検討した。

II. 材料及び方法

1996年及び97年に所内ほ場において、表1に示す処理区を設置し、試験を実施した。供試品種は、1996年‘金長’、97年‘雄山’である。施肥窒素量として、0, 1.4, 2.8(標準)kg/a(基肥0, 0.4, 0.8kg/a, 追肥0, 0.25, 0.5kg/a×4回)の3水準で実施した。リン酸及び加里施肥量は県耕種基準(3)に準拠した。リン酸は3.0kg/aを基肥として、また加里は基肥0.8kg/a+追肥0.5kg/a×4回を施肥した。供試ほ場の土壌型は表層腐植質黒ボク土で、作付前の土壌化学性は表2に示すとおりである。なお、ネギ作付前にpH6.0、有効態リン酸20mg/100gを矯正目標にタンカル、重焼リンを施用した(5)。

* 茨城県農業総合センター

表 1 試験区の構成及び耕種概要

実施年	品種	栽植密度 (cm)	窒素量(基肥+追肥) (kg/a)	は種期 (月日)	定植期 (月日)	基肥施肥 (月日)	追肥 (月日)	収穫期 (月日)	試験規模 (m)	反復
1996	金長	90×5.9	0(0+0×4回)	3/25	5/23	5/14	7/18,8/7,8/30,10/15	12/2	6.3×10	—
			1.4(0.4+0.25×4回)	"	"	"	"	"	"	—
			2.8(0.8+0.5×4回)	"	"	"	"	"	"	—
1997	雄山	90×8.1	0(0+0×4回)	3/24	5/23	5/07	7/15,8/4,9/1,9/30	11/18	5.4×7	2
			1.4(0.4+0.25×4回)	"	"	"	"	"	"	"
			2.8(0.8+0.5×4回)	"	"	"	"	"	"	"

表 2 作付前の土壌の化学性

実施年	pH (KCl)	EC (dS/m)	NO ₃ -N (mg/100g)	Truog-P ₂ O ₅ (mg/100g)	交換性塩基 (mg/100g)		
					CaO	MgO	K ₂ O
1996	5.7	0.166	2.1	4.6	304	87	36
1997	5.6	0.108	1.2	4.5	211	66	38

(採土:1996年, 1997年4月)

育苗は448穴セルトレイ, M社ネギ専用培土を用土として, 1セル当たり3粒播種し, 約60日間を育苗期間とした。定植前日に約15cmに剪葉し, 根を切った後, 苗箱を固結剤処理し, 機械移植に適した根鉢を形成した。

定植はM社全自動定植機(OP-2型, 2条植)で行った。畦間90cm, 株間を苗立ち率に合わせて, 1m当たり約40本になるように調整して, 植え溝中央にネギ苗を移植した。1996年の株間は6cm目標に対して機械調整の結果, 5.9cm, 97年は7cm目標に対して8.1cmとなった。施肥は基肥を全面全層施肥, 追肥はネギの生育に合わせて植え溝肩及び畦間に施肥した。土寄せは追肥後及び随時, ネギの生育に合わせて5~6回行った。肥料の形態は基肥及び追肥とも硫酸, 過石, 硫酸カリの単肥を用いた。

調査は生育段階別に5回(生育期4回, 収穫期), 1m間(0.9m²)の株を抜き取って, 草丈, 茎径, 葉数, 生体重, 乾物率を測定した。作物体中肥料成分濃度は, 乾燥・粉碎後, 窒素, リン酸, 加里, 石灰, 苦土を生育段階別に作物体養分分析法により分析した。窒素はケルダール態窒素及び硝酸態窒素(1:50水抽出によるイオンクロマトグラフ法)(8)を合わせてT-Nとし, 窒素吸収

量を算出した。また, リン酸, 加里, 石灰, 苦土も濃度測定後, それぞれの吸収量を算出した。

III. 結 果

1. 生育の推移及び収量

1) 1996年(金長)

草丈, 茎径, 葉数の推移並びに生体重等を表3に示した。草丈は施肥窒素量の多少に関わらず, 定植後から10月にかけて直線的に伸長し, 各処理区とも同等に推移した。茎径は, 各区とも8月以降に分げつしたため一旦細くなり, 再び太くなった。収穫期の茎径は, 窒素2.8kg区でやや太いことが認められた。葉数は各区とも同様に推移し, 生育初期(7月15日)には4枚, それ以降は5~6枚であった。

生体重は各区とも定植後50日以降に急激に増加し, 収穫期に窒素2.8kg区が他区を上回った。一方, 収穫期の乾物率は, 無窒素区, 窒素1.4kg区で高まる傾向を示した。

出荷用に調整した収量は施肥窒素量の多少に関わらず, 500kg/aをこえる高収量が得られた。無窒素区においても2%の減収にとどまった。

表 3 生育の推移及び収量‘金長’(1996)

窒素量(kg/a)	項目	5/23(苗)	7/15	8/5	8/27	10/7	12/2	収量(kg/a)	同左比(%)
0	草丈(cm)	18.7	58.2	71.2	85.1	101.0	106.0	506	98
	茎径(mm)	3.0	9.7	14.3	17.6	16.8	17.8		
	葉数(枚)	2.9	4.1	5.2	6.2	5.4	5.0		
	生体重	5.0	91.0	252.0	488.0	770.0	837.0		
	乾物率(%)	8.0	7.2	6.0	5.3	5.9	8.6		
1.4	草丈(cm)	18.7	55.8	72.6	85.1	104.1	106.7	508	99
	茎径(mm)	3.0	9.2	14.5	16.6	17.2	17.3		
	葉数(枚)	2.9	4.0	5.3	5.8	5.9	4.8		
	生体重	5.0	86.0	240.0	455.0	679.0	752.0		
	乾物率(%)	8.0	7.0	6.4	6.1	5.7	8.6		
2.8 (標)	草丈(cm)	18.7	57.1	78.3	87.5	102.6	113.5	515	100
	茎径(mm)	3.0	9.3	14.7	16.8	15.7	18.9		
	葉数(枚)	2.9	4.0	5.4	5.7	5.4	5.1		
	生体重	5.0	82.0	288.0	451.0	770.0	970.0		
	乾物率(%)	8.0	7.2	5.7	5.6	5.6	7.6		

注)収量:葉鞘径が1cm未満のものは除き、成熟葉3枚を残し出荷用に葉を切り落とした調整収量

2) 1997年(‘雄山’)

草丈、茎径、葉数の推移並びに生体重等を表4に示した。草丈及び茎径は施肥窒素量の多少に関わらず、ほぼ同等に推移した。葉数も施肥窒素量の多少に関わらず、生育初期(7月2日)は4枚、それ以降は5~6枚で推移し、収穫期に約7枚となった。

生体重は‘金長’と同様に、各区とも定植後50日以

降に急激に増加した。8月28日~収穫期にかけては、窒素1.4kg区が他区を上回った。一方、乾物率は収穫期において無窒素区で高まる傾向を示した。

収量は、‘雄山’においても施肥窒素量の影響は小さく、窒素2.8kg区の424kg/aの収量に対し、窒素1.4kg区で8%の増収、無窒素区で7%の減収であった。

表 4 生育の推移及び収量‘雄山’(1997)

窒素量(kg/a)	項目	5/23(苗)	7/2	7/30	8/28	9/29	11/18	収量(kg/a)	同左比(%)
0	草丈(cm)	15.9	34.2	51.7	78.9	98.9	106.3	393	93
	茎径(mm)	2.2	5.8	11.7	16.6	17.2	24.0		
	葉数(枚)	2.6	3.7	4.7	6.1	5.7	6.7		
	生体重	1.5	13.0	107.0	313.0	590.0	911.0		
	乾物率(%)	8.4	10.3	8.6	8.0	6.8	8.8		
1.4	草丈(cm)	15.9	38.9	58.2	83.2	100.4	111.7	460	108
	茎径(mm)	2.2	6.4	12.3	17.0	18.0	22.1		
	葉数(枚)	2.6	3.8	4.9	5.5	6.3	6.8		
	生体重	1.5	21.0	129.0	372.0	735.0	1088.0		
	乾物率(%)	8.4	9.3	8.1	7.7	7.2	6.9		
2.8 (標)	草丈(cm)	15.9	36.6	59.0	80.0	97.8	107.8	424	100
	茎径(mm)	2.2	6.3	13.0	16.0	17.5	21.4		
	葉数(枚)	2.6	3.9	5.1	5.8	5.2	6.8		
	生体重	1.5	19.0	129.0	339.0	565.0	973.0		
	乾物率(%)	8.4	9.8	8.5	7.6	7.0	7.5		

注)B品、収量:葉鞘径が1cm未満のものは除き、成熟葉3枚を残し出荷用に葉を切り落とした調整収量

2. 作物体中肥料成分濃度及び吸収量の推移

1) 1996年(‘金長’)

作物体中の肥料成分(窒素, リン酸, 加里, 石灰, 苦土)濃度及び吸収量を表5に示した。作物体中の窒素濃度は, 8月~10月にかけて各区ともほぼ同等の濃度で維持した。しかし, 収穫期の12月に至り, 施肥窒素の多いものほど高い濃度になることが認められた。施肥窒素量の多少によるリン酸, 加里, 石灰, 苦土濃度への影響は判然としなかった。

窒素の吸収量は, 生体重の増加する7月15日から急激に多くなり, 収穫期では施肥窒素量の多い区ほど吸収量も増加し, 無窒素区で1.2kg/a, 窒素1.4kg区で1.4kg/a, 窒素2.8kg区で1.7kg/aを吸収した。

リン酸, 苦土の吸収量は各区ともほぼ同様に推移し, 収穫期の吸収量は, それぞれ0.4kg/a, 0.2kg/aとなった。加里, 石灰の吸収量は窒素とほぼ同様に推移し, 収穫期において施肥窒素の多い区ほど増加したものの, 処理間に大差は認められなかった。吸収量は加里1.6~1.9kg/a, 石灰0.7~1.0kg/aであった。

表5 作物体の養分濃度と吸収量の推移‘金長’(1996)

(乾物%, kg/a)

窒素量 (kg/a)	項目	5/23(苗)		7/15		8/5		8/27		10/7		12/2	
		濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量
0	N	2.68	0.011	3.12	0.204	3.18	0.481	3.29	0.851	2.98	1.354	1.59	1.248
	P ₂ O ₅	0.45	0.002	0.85	0.056	0.65	0.098	0.72	0.186	0.71	0.323	0.55	0.432
	K ₂ O	3.85	0.015	4.52	0.296	4.07	0.615	4.33	1.120	3.84	1.745	2.08	1.633
	CaO	1.71	0.007	1.78	0.117	2.21	0.334	2.68	0.693	1.77	0.804	0.95	0.746
	MgO	0.94	0.004	0.65	0.043	0.85	0.129	1.00	0.259	0.74	0.336	0.26	0.204
1.4	N	2.68	0.011	3.35	0.202	3.32	0.510	3.16	0.877	3.40	1.316	1.90	1.446
	P ₂ O ₅	0.45	0.002	0.81	0.049	0.59	0.091	0.66	0.183	0.86	0.333	0.52	0.396
	K ₂ O	3.85	0.015	4.46	0.268	4.12	0.633	3.58	0.994	3.72	1.440	2.17	1.652
	CaO	1.71	0.007	2.09	0.126	2.51	0.386	2.63	0.730	2.52	0.975	1.18	0.898
	MgO	0.94	0.004	0.69	0.042	0.79	0.121	0.93	0.258	0.82	0.317	0.26	0.198
2.8 (標)	N	2.68	0.011	3.48	0.205	3.63	0.596	3.57	0.902	3.60	1.552	2.15	1.768
	P ₂ O ₅	0.45	0.002	0.84	0.050	0.78	0.128	0.80	0.202	0.78	0.336	0.51	0.419
	K ₂ O	3.85	0.015	4.62	0.273	4.54	0.745	3.98	1.005	3.94	1.699	2.31	1.900
	CaO	1.71	0.007	1.97	0.116	2.69	0.441	2.92	0.738	2.33	1.005	1.23	1.011
	MgO	0.94	0.004	0.65	0.038	0.85	0.140	0.92	0.232	0.75	0.323	0.29	0.238

2) 1997年(‘雄山’)

作物体中の肥料成分(窒素, リン酸, 加里, 石灰, 苦土)濃度及び吸収量を表6に示した。7月2日では, 施肥窒素量の多少による作物体中窒素濃度への影響は認められず, 無窒素区の2.6%に対して窒素施肥区は2.3, 2.7%である。しかし, 窒素施肥区の濃度は, 追肥開始後の7月30日以降に無窒素区を上回った。施肥窒素量の多少の影響については, 8月28日までその差は認められず, 9月29日から収穫期にかけて, 窒素2.8kg区が高い値を示した。施肥窒素量の違いによるリン酸, 加里, 石灰, 苦土濃度への影響は判然としなかった。

窒素の吸収量は, 各区とも7月2日以降, 生体重の増加に伴って増加し, 収穫期には無窒素区で1.4kg/a, 窒素1.4kg区で1.8kg/a, 窒素2.8kg区で1.9kg/aとなった。施肥窒素量の多少による影響は収穫期において約0.1kg/aであり, その差はわずかであった。リン酸, 苦土, 加里の吸収量は各区ともほぼ同様に推移し, 収穫期の吸収量はリン酸及び苦土は0.5kg/a, 加里は2.1~2.5kg/aとなり, 施肥窒素による影響は認めがたい。石灰の吸収量は窒素とほぼ同じパターンを示し, 収穫期において施肥窒素の多い区ほど増加したものの, 処理間に大差なく, 1.2~1.5kg/aであった。

表6 作物体の養分濃度と吸収量の推移‘雄山’(1997) (乾物%, kg/a)

窒素量 (kg/a)	項目	5/23(苗)		7/2		7/30		8/28		9/29		11/18	
		濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量	濃度	吸収量
0	N	3.59	0.005	2.64	0.036	2.4	0.224	2.43	0.606	2.63	1.052	1.64	1.385
	P ₂ O ₅	0.65	0.001	0.85	0.012	0.67	0.062	0.62	0.154	0.76	0.300	0.56	0.469
	K ₂ O	6.43	0.008	4.33	0.058	3.74	0.346	3.45	0.860	3.38	1.360	2.70	2.270
	CaO	1.74	0.002	1.73	0.023	1.92	0.175	1.93	0.479	2.09	0.826	1.37	1.153
	MgO	0.75	0.001	0.57	0.008	0.6	0.055	0.71	0.176	0.63	0.250	0.52	0.441
1.4	N	3.59	0.005	2.72	0.052	2.71	0.282	2.94	0.840	2.80	1.477	2.36	1.814
	P ₂ O ₅	0.65	0.001	0.77	0.015	0.64	0.067	0.61	0.174	0.79	0.417	0.67	0.517
	K ₂ O	6.43	0.008	4.00	0.077	3.52	0.368	3.28	0.932	3.35	1.771	3.20	2.463
	CaO	1.74	0.002	1.83	0.035	2.1	0.219	1.98	0.570	2.03	1.073	1.87	1.443
	MgO	0.75	0.001	0.69	0.013	0.67	0.070	0.69	0.195	0.64	0.338	0.68	0.523
2.8 (標)	N	3.59	0.005	2.32	0.042	2.71	0.296	2.94	0.756	3.16	1.248	2.49	1.920
	P ₂ O ₅	0.65	0.001	0.76	0.014	0.8	0.084	0.65	0.168	0.85	0.335	0.62	0.479
	K ₂ O	6.43	0.008	3.61	0.064	2.97	0.331	2.95	0.757	3.40	1.336	2.76	2.132
	CaO	1.74	0.002	1.63	0.029	2.14	0.226	2.26	0.583	2.25	0.889	2.01	1.545
	MgO	0.75	0.001	0.67	0.012	0.74	0.081	0.74	0.191	0.69	0.272	0.69	0.532

以上の結果から、作物体中肥料成分濃度及び吸収量は、品種または実施年によって大きな差は認められなかった。作物体中窒素濃度において、品種または実施年によって生育期間中にやや違いがみられたものの、収穫期には施肥窒素量の多少の影響が認められ、一致した結果となった。また、2カ年の窒素吸収量の差は0.2~0.4kg/aであり、ほぼ同じ吸収量を示した。

リン酸、加里、石灰、苦土の濃度及び吸収量においても、2カ年とも同様の結果となり、施肥窒素量の多少による影響は認められなかった。

IV. 考 察

ネギの機械化栽培に対応したセル成型苗の生育及び吸肥特性を知るため、施肥窒素量を2段階として栽培試験を実施した。その結果、ネギの生育すなわち草丈は、施肥窒素量及び品種または実施年の違いに関わらず、定植から直線的に伸び、収穫期においても大きな差はみられなかった。また、茎径、葉数においても差がほとんどみられなかった。

生体重は両品種とも定植後50日以降から急激に増加し、収穫期において無窒素で840~910kg/aであり、標準窒素量(2.8kg/a)の970kg/aと比較して14~6%の減少に

とどまった。また、調整収量においても、無窒素で2~7%の減収にとどまり、さらに、窒素50%減で増収する場合もあった。すなわち、ネギセル成型苗は、生育に対して窒素感応の低いことが認められた。

石居ら(1)は普通苗における本圃での窒素、リン酸、加里の三要素試験で、生育、収量に施肥の影響はほとんどみられず、窒素、リン酸、加里をそれぞれ50%減じてても一定の影響を及ぼさないと報告している。したがって、施肥窒素量が苗質の相違に関係なく、ネギの生育に大きな影響を及ぼすことがないものと考えられた。

普通苗で試験した石居ら(2)によると無窒素、窒素減、標準ではネギの養分含有率は無窒素区の窒素が葉、葉鞘ともに低くなり、リン酸と加里への影響は明らかでないと報告している。本試験においても同様の結果が得られ、施肥窒素量の違いは作物体中の窒素濃度のみ影響を及ぼし、それ以外の成分への影響は明らかでなかった。

窒素吸収量の推移をみると、定植後50日以降の生体重の増加とともに増大し、収穫期まで持続した。また、収穫期において、施肥窒素量の多いものほど窒素の吸収量は多くなった。これは、施肥窒素量が多くなるほど、ネギの作物体中窒素濃度が高くなるためであり、乾物重の差によるものではない。石居ら(2)によるとネギ

はほかのそ菜と比べて要素欠の影響のうけかたも少なく、むしろかなり吸肥力の強い作物であると推察している。本試験における無窒素区の吸収量は1.2~1.4kg/aであり、窒素施肥区の吸収量は1.4~1.9kg/aであった。このことから、ネギの吸肥力は強く、窒素増施の効果は低いと考えられる。リン酸、加里、石灰、苦土の吸収量は、施肥窒素量の違いによって大きな差は認められず、窒素以外の成分の吸収量への影響は判然としなかった。

一般に、作物の肥料成分吸収の経過は、生育の段階ごとに特徴のあるパターンを示す。リン酸と苦土は比較的類似した吸収の型を示し、生育初期から継続して一様に吸収量が増加していくが、中期から後期にかけて急激に増加することはない。これに対して、窒素、加里、石灰では野菜類の場合、生育の中期から急速に吸収量が増大し、それが後期まで継続していく(6)。ネギの場合も同様であり、肥料成分吸収量の推移は窒素、加里、石灰とリン酸、苦土の2つのパターンに分類された。また、野菜類の生育と肥料成分吸収経過の関係は2型(A型とB型)に分類できる。ネギの場合、肥料成分吸収の最盛期が定植後50日以降にあり、生育後半に可食部の肥大がおこることで吸収が続いた。このようなタイプは「B型」に属するとしている(9)。

肥料成分の吸収において窒素吸収量を100としたとき、野菜のリン酸吸収量は25~35程度、加里吸収量は一般的に多く、110~250である(7)。ネギにおいても標準施肥量時の窒素吸収量を100としたとき、リン酸吸収量25、加里吸収量110となり、一致した結果が得られた。また、石灰吸収量は60~80、苦土吸収量10~30となった。このことから、ネギは加里、窒素、石灰の順に多量に吸収し、リン酸と苦土の吸収は少ないことが明らかとなった。これは、施肥窒素量の多少に関わらず同様の傾向を示した。

普通苗定植のネギの肥料成分吸収量は、石居ら(1)によると収量375~553kg/aで、窒素0.85~1.14kg/a、リン酸0.14~0.48kg/a、加里0.77~1.28kg/aである。セル成型苗定植の本試験の場合、収量424~515kg/a(標準施肥量)で、窒素1.7~1.9kg/a、リン酸0.4~0.5kg/a、加里1.9~2.1kg/a、石灰1.0~1.5kg/a、苦土0.2~0.5kg/aの吸収量であった。このとき、普通苗定植に比べて窒素で1.5~2.2倍、加里で1.5~2.7倍の吸収量を示した。したがって、セル成型苗を利用したときのネギの肥料成分吸収は旺盛になると考えられた。特に、窒素及び加里においてそれは顕著となると考えられた。

V. 摘 要

ネギの機械化栽培に対応するため、セル成型苗を利用した秋冬穫りネギの生育及び吸肥特性について検討した。

セル成型苗を利用した秋冬穫りネギは、定植後50日以降に生体重が増加し、それとともに窒素の吸収量も直線的に増大し、収穫期まで吸収した。収穫期における窒素の吸収量は、施肥窒素量の多いものほど多かった。

施肥窒素量が2.8kg/a(標準施肥量)のとき、収量424~515kg/aのとき、窒素の吸収量は1.7~1.9kg/aであった。また、リン酸吸収量0.4~0.5kg/a、加里吸収量1.9~2.1kg/a、石灰吸収量1.0~1.5kg/a、苦土吸収量0.2~0.5kg/aであった。施肥窒素量の違いによるリン酸、加里、石灰、苦土吸収量への影響は判然としなかった。

謝 辞 本研究を実施するに当たり、全自動定植機の提供に御協力いただいた(株)関東共立エコー・茨城営業所千葉所長に深く感謝申し上げます。

引用文献

1. 石居企救男・細谷毅・柴英雄・秋本俊夫(1967)ネギ栽培における土壌肥料に関する研究(第2報)三要素の影響 埼玉農試研報 27:80-89.
2. 石居企救男・細谷毅・新井真杉(1968)ネギ栽培における土壌肥料に関する研究(第5報)要素欠及び施肥に対するネギと他そ菜との対応性の比較 埼玉農試研報 29:111-129.
3. 茨城県編(1994)野菜耕種基準 pp.79-80.
4. 茨城県農林水産部(1999)茨城の園芸 pp.11-12.
5. 茨城県農林水産部農業技術課(1997)土壌・作物栄養診断マニュアル pp.80, 87-90.
6. 嶋田典司(1984)農業技術体系土壌施肥編2作物の栄養と生育 pp.作物栄養Ⅲ 98. 農山漁村文化協会 東京.
7. 嶋田永生(1983)野菜の栄養生理と土壌 pp.172-174. 農山漁村文化協会 東京.
8. 土壌環境分析編集委員会編(1997)土壌環境分析法 pp.189. 博友社 東京.
9. 村山登ら共著(1990)作物栄養・肥科学 pp.167-168. 文永堂出版 東京.