

窒素施用量に対する施設キュウリの反応と土壌窒素の動態

誌名	千葉大学園芸学部学術報告
ISSN	00693227
巻/号	29
掲載ページ	p. 1-7
発行年月	1981年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



窒素施用量に対する施設キュウリの 反応と土壌窒素の動態*

湯浅三男**・伊東 正・青葉 高
(蔬菜園芸学研究室)

Responses of Greenhouse Cucumber to Nitrogen Fertilizer with Respect to Nitrogen Transformations in the Soil

Mitsuo YUASA, Tadashi ITO and Takashi AOBA
Laboratory of Vegetable Science

Abstract

Higher levels of nitrogen applied stimulated the vegetative growth of cucumber plant (*Cucumis sativus* L.) slightly. High nitrogen level, however, did not favour the cucumber yields of 6 cropping terms for 3 successive years. The uptake ratio of N:P:K through the root of cucumber was almost constant and was independent of the nitrogen concentration both in the field and hydroponic plots. Cucumber plants absorbed less than 70% of the ^{15}N -ammonium sulfate applied at the time of planting, the amount being 40% of the total N-absorption. When the ^{15}N -fertilizer was applied as a side dressing after the cucumber plants had begun their growth, 54% of it was consumed.

緒 言

窒素施用量は作物の栄養生長、生殖生長の量的変化に大きな影響をおよぼすことが古くから知られている。⁽¹⁾⁽²⁾
また最適施用量は光、温度、土壌水分などに左右される。⁽³⁾⁽¹³⁾ ⁽¹⁹⁾ ⁽⁴⁾⁽¹⁵⁾⁽²⁶⁾

果菜類で窒素を多用すると栄養生長が進み、収穫期が遅れ、時には減収、病害の発生を招来する原因ともなる。⁽¹⁵⁾⁽²⁰⁾
また、葉・根菜類でも窒素を多用すると地上部が過繁茂になり、品質の低下、減収、病害の発生をひきおこす。⁽²³⁾ ⁽²¹⁾⁽³⁰⁾

今日まで、窒素栄養、施肥に関する研究は、水耕、

* 蔬菜園芸学研究室業績第74号

本研究の一部は、昭和54年園芸学会春季大会において発表

** 現、農林水産省種苗課

(Present address, Seed and Seedling Division, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Tokyo, Japan)

砂耕条件で行なわれたものが多い。⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾しかし水耕・砂耕では窒素の動態が圃場条件と著しく異なるため、その結果が実際の圃場へ必ずしも適用できるものばかりではなかった。これは、土壌中の窒素は植物体が吸収しにくい有機態が大部分を占め、常に動的で、無機化、有機化相互の反応が進行しているためであろう。圃場条件下での窒素施用量は、作物の収量、養分吸収量におよぼす影響が比較的少なく、施用された窒素の吸収利用率はかなり低いという報告もある。⁽¹⁾ ⁽¹⁷⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾ ⁽²²⁾

省資源、塩類集積回避という見地から施設栽培における合理的な施肥管理を考えると、施用された窒素の動態、効果を検討することは極めて重要である。そこで、本実験ではキュウリを用いて、窒素濃度をかえた圃場ならびに水耕栽培を行ない、生育・乾物分配率・収量・養分吸収量を調査した。また、土耕により重窒素を利用して、施用窒素の動態も調査した。

本報告は、1977年～1979年に行なったもので、とりまとめにあたって

実験1：窒素施用量がキュウリの生育・乾物分配

・収量におよぼす影響

実験 2 : 培養液の窒素濃度がキュウリの生育・養分吸収におよぼす影響

実験 3 : 施用した重窒素の動態追跡

とした。

本実験の重窒素分析に関して、生物化学研究室、広保教授、石井助手の御指導によるところが多く、記して感謝する。

材料および方法

本実験は千葉大学園芸学部で行なわれたものであり、供試土壌の化学的性質は第 1 表に示したとおりである。

第 1 表 供試土壌^{※)}の化学的性質

調査年	pH (H ₂ O)	EC mS/cm (1:5)	塩基置換 容量 me/100 g	置換性 石灰石 me/100 g	置換性 苦土 me/100 g	リン酸 吸収係数
1977	6.38	0.515	36.2	14.0	1.9	2115
1979	6.20	0.700	41.5	11.6	1.8	1959

※) 標準施肥区

実験 1

1977年から3カ年にわたり、3.6m×21mのビニルハウス2棟を用いて実験を行なった。供試品種とは種、定植日は第2表に示したとおりである。1区画は1.8m×3mで、区画の境界は深さ90cmにポリシート(0.3mm厚)を埋設した。各施肥区は3カ年6作の間固定して

第 2 表 耕種概要

実験年度	作型	品 種	台 木	は種日 月 日	定植日 月 日
1977	半促成	ときわ光3号P型	新土佐	2. 21	3. 25
"	抑制	王金越冬	"	8. 15	9. 2
1978	半促成	王金半促成	"	2. 10	3. 17
"	抑制	ときわ光3号P型	"	8. 5	8. 21
1979	半促成	"	"	2. 20	3. 26
"	抑制	"	"	8. 5	8. 28

使用した。60cm×50cmの栽植密度で定植し、1区12株、4区制とした。水管理はテンシオメーターを使用し、深さ20cmの土壌水分張力pF2.1をかん水開始点として、圃場容水量までかん水した。実験区は化成肥料(8-8-8)、硫酸、熔リン、硫酸カリを用いて第3表のように設定した。

第 3 表 実験区および施肥量 (1977~1979, kg/10a)

実験区	半 促 成			抑 制		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
少 N	0-8	30-35	20-24	0-5 ^a	20-30	15-24
標準N	24-29	30-35	20-24	13-24	20-30	15-24
多 N	48-52	30-35	20-24	28-43	20-30	15-24

施肥量は、実験年度、作型により差があった。

a : アンダーライン部は1978年抑制栽培の施肥量。

全実験区に、堆肥1t/10a、苦土石灰100kg/10aを施用。

植物体無機成分の分析は、窒素：GUNNING 変法、リン：ZINZADZE 法、カリ：flame photometer法、土壌窒素分析は、NO₃-N：フェノール硫酸法、NH₄-N：BREMNER 法、全窒素：GUNNING 変法で行なった。

実験 2

1978年抑制栽培で、実験1と同様には種・養液育苗した苗を8月25日に^{1/2000}aワグネルポットに定植、ガラス室内で栽培した。

実験区は第4表に示した。培養液はHOAGLAND & SNYDER⁽¹⁷⁾(1933)の^{1/2}単位を基準として、窒素濃度を基準の^{3/2}、^{1/2}倍とした。培養液は10ℓ/ポットとし、減少量は毎日、水を補給し、10日間で更新した。pHは更新時に6.0に調整した。

表 4 実験区および培養液組成 (mg/l)

実 験 区	^{1/2} N	1 N	^{3/2} N
N	52.7	105.3	158.0
P ₂ O ₅	35.5	35.5	35.5
K ₂ O	144.2	144.2	144.2
KNO ₃	255	255	255
Ca(NO ₃) ₂	100	410	410
MgSO ₄ ·7H ₂ O	245	245	
KH ₂ PO ₄	68	68	68
CaCl ₂	211		
Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O			256
NaNO ₃			152
Fe·NaEDTA	39	39	39

9月3日より23日まで異なる窒素濃度の培養液で栽培し、生育・養分吸収量・培養液の成分変化を調査した。1ポット1株、5連制で行なった。

培養液のNO₃-N分析はフェノール硫酸法⁽¹⁸⁾で行ない、他の分析は実験1に準じた。

実験 3

供試品種「ときわ光3号P型」を第1作は1979年5

月7日は種・養液育苗し、6月12日に1/2000aワグネルポットに定植して、7月9日まで栽培した。

供試土壌は露地雨場の火山灰土と堆肥を5：1の容積割合で混合し作製した。1ポットの施肥量は第5表に示した。6ポットで実験を行ない、3ポットには、

第5表 施肥量

施 肥		硫 安	過 石 硫 加
基 肥	ポット当り (g)	5	10.5
(第1・2作)	10a 成分 (kg)	21	36
追 肥	ポット当り (g)	2	0
(第2作のみ)	10a 成分 (kg)	8	0

苦土石灰6g/ポット(120kg/10a)も施用した。

10.4atm %の重窒素を含む硫安を施用した。残りの3ポットには普通硫安を施用して比較した。栽培はガラス室内で行ない、かん水には蒸留水を用い、また養分の溶脱防止も考慮した。1作終了後、次作までの間、供試土壌はガラス室内におき降雨をさけた。

第2作は9月10日には種、9月24日に定植して、11月16日まで栽培した。各ポットには堆肥100g(2t/10a)を施用した。第1作に重窒素を施用したポットには、普通硫安を施用して、前作に施用した重窒素の動態を調査した。また第1作に普通硫安を施用したポットには、追肥に重窒素を含む硫安を用いて、追肥窒素の動態を追跡した。施肥量は第5表に示した。

重窒素の分析は発光分光分析計(日本分光KK製, NI A-1型)により行ない、放電管はφ8mmのバイレックスガラス管を用い狩野ら、米山らの方法で作製した。その他の分析は実験1に準じた。

実 験 結 果

実験 1

1. キュウリの生育・乾物分配率(1978年抑制栽培)

窒素施用量がキュウリの生育・器官別乾物分配率におよぼす影響を、定植後59日目の収穫最盛期に調査して、第6表に示した。

生体重は窒素施用量が多くなるほど増加する傾向が認められ、とくに葉重でその傾向が顕著であった。多N区では茎重が他区に比べ著しく大きくなった。

乾物分配率をみると、標準N区に比べ多N区では茎葉に多く、果実で少なくなった。

2. 収量 3ヵ年、6作にわたる圃場試験の結果、第7表に示したとおり、本実験の範囲では窒素施用量はキュウリの収量にほとんど影響をおよぼさないことが明らかとなった。特に、3ヵ年6作の間、固定して使

第6表 窒素施用量がキュウリの生育、乾物分配率におよぼす影響(1978年抑制、収穫最盛期(定植後59日目))

実験区	生 体 重 (g/株)				乾物分配率 (%)		
	葉	茎	果実	計	葉	茎	果実
少 N	493	632	1990	3115	36	27	35
標準N	575	630	2001	3206	38	24	38
多 N	642	792	1905	3339	40	30	30

第7表 窒素施用量がキュウリの収量におよぼす影響(24株平均)

実験年度	作 型	実験区	収穫本数 (本/株)	収穫重量 (g/株)	収量比
1977	半促成	少 N	32.6	3199	99
		標準N	31.1	3230	100
		多 N	32.5	3203	99
	抑 制	少 N	17.0	1552	96
		標準N	17.8	1618	100
		多 N	16.7	1598	99
1978	半促成	少 N	31.0	3183	89
		標準N	35.5	3583	100
		多 N	37.2	3698	103
	抑 制	少 N	21.5	1968	103
		標準N	20.9	1909	100
		多 N	21.3	1852	97
1979	半促成	少 N	53.3	5486	104
		標準N	52.5	5266	100
		多 N	53.3	5411	103
	抑 制	少 N	18.7	1851	93
		標準N	19.9	1986	100
		多 N	19.0	1876	94
半促成平均	少 N	39.0	3956	98	
	標準N	39.7	4026	100	
	多 N	41.0	4104	102	
抑制平均	少 N	19.1	1790	97	
	標準N	19.5	1838	100	
	多 N	19.0	1775	97	
3ヵ年平均	少 N	29.1	2873	98	
	標準N	29.6	2932	100	
	多 N	30.0	2940	100	

用した少N区でも収量にマイナスの影響がないことがわかった。

3. 養分吸収量 (1978年抑制栽培) 第8表のように、窒素施用量が増加すると、窒素、カリとも吸収量が増加する傾向にあることがわかった。また、窒素施用量の増加とともに窒素吸収量が増加しても、窒素、リン酸、カリの吸収比はほぼ一定であることがわかった。

4. 土壤窒素・窒素利用率 (1978年抑制栽培) 施肥後20日経過した定植前の土壤では、第9表に示したように、窒素の施用量が多くなるほど無機態窒素、全窒素量が多かった。しかし、多N区では無機態窒素量が、基肥として施用した量より定植前にすでに少なくなっていた。

窒素利用率をみると、少N区が172%と最も高く、窒素施用量が多いほど低率となった。

実験2

1. 生育 第10表に培養液の窒素濃度がキュウリの生育におよぼす影響について示した。

窒素濃度が高まるにつれ、生体重が増加する傾向が認められ、乾物率は明らかに低下した。

2. 無機成分含有量 第11表に示したように窒素濃度の増加によって、植物体内の窒素含有量は増加した。 $\frac{1}{2}$ N区では1N区に比べ顕著な増加は認められなかった。リン酸含有量には窒素濃度の影響はなかった。また、低窒素濃度はカリ含有量を低下させた。窒素、リン酸、カリの含有比は $\frac{1}{2}$ N区でリン酸、カリがやや高い傾向が認められたが、1、 $\frac{1}{2}$ N区ではほとんど差がなかった。

3. 培養液の濃度変化 第1図に9月13日と23日の培養液濃度を示した。窒素は、10日間の栽培期間中、 $\frac{1}{2}$ 、1N区では培養液中にほとんど残らなかったが、 $\frac{3}{2}$ N区では残存量が多かった。また、1N区と $\frac{3}{2}$ N区の濃度減少は平行的であり、減少量はほぼ同じであった。リン酸、カリは $\frac{1}{2}$ N区でやや残存量が多かった。

実験3

本実験は重窒素を用いたtracer実験で、施用した窒

第8表 窒素施用量がキュウリの養分吸収量におよぼす影響 (1978年抑制)

実験区	N		P ₂ O ₅		K ₂ O				
	吸収量 (g/株)	比	吸収量 (kg/10a)	吸収量 (g/株)	比	吸収量 (kg/10a)			
少 N	7.10	1.00	15.8	2.22	0.31	5.0	9.91	1.40	22.1
標準 N	7.69	1.00	16.4	2.15	0.28	4.6	10.48	1.36	22.4
多 N	8.62	1.00	19.2	2.36	0.27	5.2	11.03	1.28	24.5

第9表 ハウス土壤中の窒素含有量および利用率 (1978年抑制)

実験区	土 壤 N ^a (mg/乾土100g)				土 壤 中 無機態N ^b (kg/10a)	吸 収 量 ^c (kg/10a)	利 用 率 ^d (%)
	NO ₃ -N	NH ₄ -N	無機態N	全 N			
少 N	4.7	4.5	9.2	319	9.2	15.8	172
標準 N	12.2	8.1	20.3	342	24.3	16.4	67
多 N	21.5	7.0	28.5	367	36.5	19.2	53

a : 8月20日土壤採取 (施肥後20日目, 定植前日)

b : 無機態N量を10a当りに換算し, 追肥を加えた量

c : キュウリのN吸収量 (根は含まず)

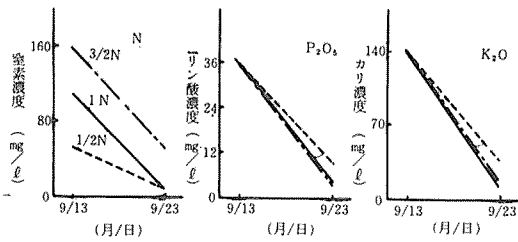
d : c/b×100

第10表 培養液の窒素濃度がキュウリの生育におよぼす影響

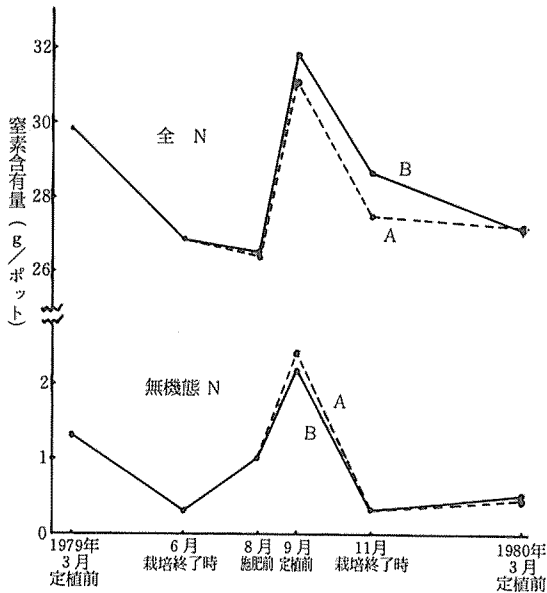
実験区	生 体 重 (g/株)					乾物率 (%)
	葉	莖	根	果実	計	
1/2 N	180	251	69	138	638	9.3
1 N	223	323	73	75	694	8.6
3/2 N	221	326	83	145	775	7.5

第11表 培養液の窒素濃度がキュウリの無機成分含有量におよぼす影響

実験区	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	含有量 (g/株)	比	含有量 (g/株)	比	含有量 (g/株)	比
1/2 N	1.68	1.00	0.80	0.48	2.83	1.68
1 N	2.50	1.00	0.78	0.31	3.23	1.28
3/2 N	2.58	1.00	0.80	0.31	3.18	1.23



第1図 培養液の成分濃度変化



A：春に ($^{15}\text{NH}_4$)₂SO₄ を基肥として施用
 B：秋の追肥に ($^{15}\text{NH}_4$)₂SO₄ を施用

第2図 土壤中の全窒素、無機態窒素の変動

素の動態を調査したものである。

1. 施用窒素の吸収量・利用率 第12表に示したように、春の第1作では、キュウリは施用した窒素の70%弱を利用した。また、定植後吸収した窒素量は約1800mgで、このうち施用した窒素に由来する量は715mgで前者の約40%であった。さらに秋に、同じポットに普通硫酸を施用して2作目を栽培した結果、1作目に施用した窒素の10%弱がキュウリにより利用され、2連作することにより、1作目に施用した窒素の約80%が利用された。

秋に追肥として重窒素を含む硫酸を施用したところ、追肥した54%の窒素がキュウリによって利用された。

2. 土壤中の窒素の推移 第2図に示したように、全窒素、無機態窒素は施肥により急増し、キュウリ栽培により漸減した。休閑期には、全窒素は減少する傾向が認められたが、一方、無機態窒素は、全窒素とは逆に増加する傾向が認められ、夏期休閑期に著しく増加した。

考 察

1. 窒素施用量と生育・乾物分配率 窒素施用量が多いほど生体重が大きくなり、乾物分配率も茎葉で高くなって栄養生長型の生育を示した。しかし、窒素施用量の増加に対して茎葉重の増加は比較的小さく、これは本実験の場合、慣行法に準じて行なわれた摘心、摘葉が茎葉重の増加を制限したためと考察した。

一方、茎葉の過繁茂度は施肥量だけでなく、かん水量との関連において考えなければならない。本実験では、かん水開始点をpF2.1とし、圃場容水量までかん水するという条件で栽培したが、これは、この作型における極めて常識的な土壤水分で管理したことを意味し、この程度の土壤水分では、窒素施用量の影響

第12表 施用窒素の吸収量および利用率 (3株平均)

作 期	① 定植時 (mg)	② 栽培終了時 (mg)	②-① 定植後の吸収量 (mg)	^{15}N atom%	③ 定植後 基肥よりの吸収量 (mg)	基肥の 利用率 (%)	③/③+④×100 定植後吸収量のうち 基肥よりの吸収量の 占める割合 (%)
A 1作(春)	93.2	1898.0	1804.8	4.15	714.9	68.1	39.6
A 2作(秋)	156.5	1766.9	1610.4	0.88	89.7	8.5	5.6
計					804.6	76.6	
B (秋)	156.5	1960.6	1750.1	1.54	228.3	54.4	13.0

A：春に ($^{15}\text{NH}_4$)₂SO₄ を基肥として施用

B：秋の追肥に ($^{15}\text{NH}_4$)₂SO₄ を施用

は比較的少ないものと考えた。

2. 窒素施用量と収量 3年6作にわたる実験の結果、窒素施用量はキュウリの収量にほとんど影響をおよぼさないことが明らかとなった。五味⁽⁷⁾ら、上杉⁽²⁷⁾ら、柳井⁽²⁸⁾らも、窒素施用量がキュウリの収量におよぼす影響は少ないと報告している。この原因として、適正窒素施肥量の幅が、キュウリは他の作物に比べて比較的広いことがあげられる。また、少窒素でもかなりの収量が得られたことは、ハウス内土壤に存在する可給態窒素が無視できない量であることを示唆している。

3. 窒素濃度と養分吸収量 圃場実験、水耕実験でも、窒素濃度が高まるほど、窒素の吸収量は増加した。また、窒素、リン酸、カリの吸収比は、窒素濃度にかかわらずほぼ一定であった。一方、水耕栽培において、窒素濃度は培養液中の養分残存量に影響をおよぼし、多窒素では窒素の残存量が多く、少窒素ではリン酸、カリの残存量が多くなった。これらのことから、いずれもキュウリが各無機成分を一定のバランスで吸収したと考えられる。したがって本実験のように、窒素施用量だけを変えた場合、窒素自体、あるいは他の無機成分の過不足により、窒素の吸収、代謝が抑制される場面がかなりあったと推測される。

4. 窒素の利用率 圃場実験での窒素利用率は窒素施用量が多いほど低下した。また、少N区における窒素吸収量は、定植時の土壤中に存在していた無機態窒素量よりも多くなった。浅見⁽¹⁾は、土壤中では、無機態窒素の有機化と有機態窒素の無機化が同時に進行しており、作物に可給的な無機態窒素の量は動的で両者の反応に影響されると報告している。このようなことから、少N区では土壤中で多量の無機態窒素の生成があったと考えられる。

一方、ポット栽培では基肥として施用した窒素の70%弱が利用された。本実験はガラス室内でのポット栽培での閉鎖系の実験であったため、高い利用率が得られた。この利用率は、西垣⁽¹²⁾らのタマネギ露地栽培での利用率約28%と比較すると著しく高かった。しかし、基肥に由来する吸収量は、キュウリの吸収した全窒素量の約40%しか占めておらず、残りの約60%は基肥によるものではなかった。このことは、土壤中における窒素の動態が複雑であることを示唆している。また、2作目でも、1作目に施用した窒素がかなり利用されており、まだ土壤中には、脱窒による損失を考慮しなければ約20%の1作目の基肥窒素が残存していることになる。JANSSON⁽¹²⁾は、施用した窒素は1作で利用されてしまうのではなく、長期間にわたって利用されると報告しており、本実験でも同様の結果を得た。

さらに、追肥に重窒素を含む硫酸を用いて実験した

ところ、追肥量の約54%が吸収利用され、基肥の場合より低効率であった。これは施用期間が基肥の場合に比べて短期間であったためと考えた。

5. 土壤中での窒素の動態 全窒素、無機態窒素は堆肥、硫酸の施用により増加し、栽培により漸減した。一方、休閑期における変動も認められ、特に夏期に、無機態窒素は14kg/10aの著しい増加が認められた。原田⁽¹⁸⁾、塩入⁽²⁵⁾らの報告によれば、水田土壤と同様に畑土壤でも乾土効果、地温上昇効果により無機態窒素の増加がみられると報告している。本実験でも、夏期ガラス室内にポットを放置しておいたため、2つの効果が発現し、無機態窒素の増加が著しかったと推測した。

6. 総合考察 窒素の多施用は栄養生長を促進させ、果菜類では減収を招くといわれている。本実験では、多窒素により生体重が増加し、栄養生長型の発育となったが、それが収量に影響をおよぼすほどではなかった。この原因としては、圃場実験、水耕実験ともに窒素濃度にかかわらずキュウリの窒素・リン酸、カリの吸収比がほぼ一定であり、窒素だけ多用してもその増分にみあうだけ窒素の吸収量を増加させることができなかったためであると推察した。

一方、重窒素を用いた実験では、基肥として与えた肥料以外の窒素が全窒素吸収量の約60%を占めた。このことは、土壤中の有機態窒素が相当量利用されたことを示唆し、少N区が収量減につながらなかったことも、この点から説明できる。土壤中の窒素は主に有機態で存在し、無機態窒素は全窒素の1~3%であり、土壤中では常に窒素の無機化、有機化が進行している。本実験でも栽培期間中だけでなく、休閑期でも有機態窒素の無機化が認められた。この点、従来、抑制栽培における施肥法が、前作の残存養分を利用する追肥重点主義がとられてきたことは、本実験の結果から考察すると、初期生育に利用される窒素は前作の残存無機態窒素だけではなく、休閑期に乾土効果などにより無機化した窒素が利用されると推論できる。

施設栽培では多施肥が連続的に行なわれているため、土壤中の窒素は極めて多くなり、そのことが適正施肥量の決定を非常に困難にしている。多量に与えられた窒素は施設内土壤に蓄積されていき、ある限度に達したとき、塩類集積という形でマイナスとなってあらわれるものと思われる。窒素、リン酸、カリ肥料を生産するエネルギーのうち、窒素は87%を占めるといわれており、省資源の見地からも、今後、窒素の少施用と土壤窒素の有効利用法など積極的に検討しなければならないと考える。

摘 要

1. 施設キュウリの窒素施用量を検討するため、施肥窒素の動態と関連して本実験を行なった。

2. 圃場条件下では、窒素施用量の増加にともないキュウリの生体重はわずかに増加し、茎葉に対する乾物分配率も増加した。しかし、3年間6作の栽培実験の結果、窒素施用量はキュウリの収量に大きな影響を与えなかった。

3. 三要素の吸収比は、窒素濃度にかかわらずほぼ一定となり、窒素を多用しても窒素だけ多く吸収することはなかった。

4. 基肥として施用した窒素は、1作目に70%弱がキュウリに吸収され、それはキュウリの全吸収量の約40%であった。追肥として与えた窒素はその54%が吸収された。

5. 夏期休閑期の高温乾燥条件下では、有機態窒素の無機化が進行した。

引用文献

- 1) 浅見輝男, (1971) 土肥誌42(2): 74—80
- 2) CANTLIFFE. D. J., (1972) J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(5): 674—676.
- 3) CHERNAVSKAYA N. M., (1963) Fiziologiya Rast-enii 10(1): 3—10.
- 4) CONSTANTIN R. J., T. P. HEPNANDEZ & L. G. JONES (1974), J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(4): 308—310,
- 5) DAVIS C. H. & G. M. BLOUIN (1977), "Agriculture and Energy" ed. W. LOCKERETZ, Academic Press, 315.
- 6) 土壤養分測定委員会 (1973), 土壤養分測定法, 養賢堂: 71.
- 7) 五味清, 岡迫義孝, 河原一五郎, (1967), 園芸学会発表要旨 (春): 336.
- 8) 原田登五郎 (1958) 土壤肥料全編 (農林省振興局研究部監修), 養賢堂: 329,
- 9) 橋本秀教 (1976), 植物栄養・土壤肥料学辞典 (高井康雄ら編), 養賢堂: 511.
- 10) 池田英男, 大沢孝也, (1979) 園学雑47(4): 454—462.
- 11) 岩田正利, 谷内武信 (1953), 園学雑22(3): 183—192.
- 12) JANSSON S. L. (1963), Soil Sci. 95: 31—37.
- 13) 金目武男, 板木利隆 (1970), 神奈川園試研報18: 97—105.
- 14) 狩野広美, 米山忠克, 熊沢喜久雄, (1974), 土肥誌45(1): 549—559.
- 15) 小松鋭太郎, 南雲光治, 石塚由之, (1974) 茨城園試研報5: 107—120.
- 16) KRAUS E. J. & I. R. KRAYBILL. (1918). Ore. Agr. Exp. Sta. Bul. 149: 1—90.
- 17) 京都大学農学部農芸化学教室, (1957), 農芸化学実験書3. 産業図書, 1049.
- 18) LEOPOLD A. C., & F. S. CUERNESEY. (1952), J. Amer. Soc. Hort. Sci. 61: 333—337.
- 19) LUH. B. S., N. UKAI & J. I. CHUNG. (1973). J. Food Sci. 38: 29—32.
- 20) 森俊人, 藤本治夫, 浜田国彦, (1968). 兵庫農試研報15: 40—52. 49—52.
- 21) NIGHTINGALE G. T., L. G. SCHERMERHORN & W. R. R. ROBBINS. (1928), N. J. Agr. Exp. Sta. Bul. 461: 1—38.
- 22) 西垣晋, 渋谷政夫, 小山雄生, 花岡郁子, 林義雄, 鈴木孝平, 信田守雄, 福富敏雄, 辻勝治, 高杉喜一, 大野重照, 白木実, 上松達三, 隈元吉照, 守田弘之, 河野幹幸, (1968), 第3回アイソトープ会議報文: 924—931.
- 23) PILL W. G., V. N. LAMBETH & T. M. HINCKLEY (1978). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 (2): 265—268.
- 24) 作物分析法委員会, (1975), 栽培植物分析測定法. 養賢堂: 63.
- 25) 塩入松三郎, 青峰重範, 宇野要次, 原田登五郎, (1941). 土肥誌15: 331—333.
- 26) SMITTLE. D. A. (1976). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 (1): 37—40.
- 27) 上杉郁夫, 近藤博幸 (1970), 高知農林研報3: 9—18.
- 28) 柳井利夫 (1974). 高知農林研報6: 37—43.
- 29) 米山忠克, 有馬泰紘, 熊沢喜久雄 (1975). 土肥誌46(4): 146—147.
- 30) 吉村修一 (1965). 大阪農技セ研報2: 17—30.