

原 著

シカクマメ (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) のパミスサンドを
培地とした養液栽培に関する研究西村安代¹・今城彰伸²・福元康文^{2*}・島崎一彦²・村井正之²¹長崎総合科学大学人間環境学部, 〒851-0121 長崎市宿町3-1²高知大学農学部, 〒783-8502 南国市物部乙200Studies on the Hydroponics using Pumice Medium in Winged
Bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.)Yasuyo NISHIMURA¹, Akinobu IMASHIRO, Yasufumi FUKUMOTO², Kazuhiko SHIMASAKI²
and Masayuki MURAI²¹Environmental and Cultural Sciences, Nagasaki Institute of Applied Science, Shukumachi 3-1,
Nagasaki, 851-0121, Japan²Faculty of Agriculture, Kochi University, Monobeotu 200, Nankoku, Kochi 783-8502, Japan

Abstract

A study was conducted to contribute to stable year-round supplies of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.). Two types of cultivars were tested to find the effects of the concentration of a nutrient solution, the number of watering, and bed position on yield in hydroponics using pumice medium. The yield and quality of 'Asuparaingen' were higher than 'KUS-12'. The optimal concentration of the nutrient solution is around EC 1.5 dS/m and the optimal number of watering is twice a day. Yield also increased in beds on the east and west sides, which were exposed to more abundant sunlight, with markedly higher yields on the east side. Shatter was observed during the peak summer, when no bean could be harvested. The period of no harvest was prolonged when the bean plants were treated with higher concentrations of the nutrient solution.

Key Words : hydroponics, light intensity, nutrient solution, watering, winged bean

緒 言

シカクマメ (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) は東南アジア原産のマメ科トウサイ属であり, 東南アジアでは一般的に葉や若莢を野菜として, 子実や塊根は主食の1つとして利用している¹⁻³⁾. 日本への導入は明治末と古いが, 初期は観賞用であった. 昭和55年ごろから植物体のいずれの部位も可食可能で, 栄養価が高ことから, 21世紀の野菜として脚光を浴び, 試作研究が始められ, 普及に向けたさまざまな研究が行われてきた^{1,4)}. 東南アジアなどからの導入種は日長感応型で, 短日性が強く, 日本では低温期の開花になるため, 沖縄県など秋

以降も温暖な地域でしか栽培することが出来なかった¹⁾. しかし, 日長不感応性品種が系統選抜されたことにより夏季においても着花, 結莢, 収穫が可能になった^{1,2,5)}. 近年は選抜育成も進み, 若莢は沖縄や小笠原諸島の名産品^{6,7)}として, また一部の地域では直販店, デパートなどで販売されている. 可食部はタンパク質を多く含み, 特に塊根は他のイモ類と比べ3~7倍のタンパク質を豊富に含む^{3,5,8-12)}ことから新しい食材として期待されている. また, 莢は成熟に伴い生体防御分子として機能していると考えられ, 糖鎖に結合活性を示すタンパク質の総称であるレクチン含量が高まることが報告されている¹³⁾. さらに若莢は, 癖がなくて食感がよく, カルシウムやピ

* Corresponding author, E-mail:yfuk@cc.kochi-u.ac.jp

タミンKが豊富に含まれている^{1,14)}。また牛乳に比べマメ科植物のカルシウムは一般的に吸収されやすい¹⁵⁾とされていることなどから、今後機能性食品としての普及の可能性が大きいと考えられる。しかし、マメ類は一般的に連作を好まない傾向があり、土壌伝染病害や土壌中の特定成分の過不足によって生じる忌地現象が起こりやすい。また、若莢に発生する病気としてゾクトニア菌による褐色腐敗病が報告され⁷⁾、本菌は土中では常在菌であり、決定的な防除方法は確立されていない。これらのことから、シカクマメの普及にとって連作障害の心配が無く、地下部の病害に侵されにくい養液栽培での栽培体系の確立は必要である。本試験で培地として供試したパミスサンド(軽石)は南九州を主産地とし、安価で主に沖縄において葉菜類やキュウリ、ニガウリなどの施設栽培で使用されている¹⁶⁾。パミスサンドは多孔性であるため常に空気が供給され、固形培地耕における緩衝作用も期待される。また、通常水耕栽培ではマメ科植物の根に根粒を形成しないとされているが、固形培地にすることで根粒が形成され共生菌としての働きも期待できる¹⁷⁾。さらに、水分の吸収性が30~40%と他の固形培地と比べて良好なため、乾燥を嫌うマメ科植物の養液栽培での利用は有効と考えられる。崩壊率は5%以内で長期使用(約10年以上)¹⁸⁾が見込め、使用後土壌と混和しても環境に悪影響がないため、環境に優しい培地ともいえる。しかし、シカクマメに関する報告は土耕栽培がほとんどで^{8,19,20)}、パミスサンドを培地とした養液栽培に関しては極めて少ない⁴⁾。

そこで、本研究では莢形の異なるシカクマメ2品種を用い、パミスサンド耕による培養液濃度と給液回数およびベッド位置の影響について検討した。

材料および方法

シカクマメ 'KUS-12' ('ちくしみどり') と 'アスパラインゲン' (アーキネットK.K) の日長不感応型2品種を供試し、2006年2月7日に30℃のインキュベータ内で種子を催芽させ、2月12日ハウス内で育苗用バーク(バイエム興業K.K)に置床した。3月22日に鹿児島県大隈半島産の直径2~4mmのパミスサンド(さつま軽石、(有)中村産業製)を充填した7.5cmポリポットに鉢上げした。4月7日にガラスハウス内(8m×20m, 南北棟)で育苗時と同じパミスサンドを培地とした幅35cm, 深さ15cmの発泡スチロール製のベッドに、株間40cmで定植した。ベッドは、ハウス内に南北5列に配置し、東西の両サイド2列を外側とし、両外側に隣接した中側2列を内側とした。各列は4区分し、合計20区画とした。栽培は網目18cm, 高さ1.8mのキュウリネットで誘引後、7月13日に高さ2mで摘心し、それ以降伸長した茎は下側に垂らした。給液法はかけ流し式とし、5月7日までは基本培養液を適宜与え、5月8日より処理を開始し

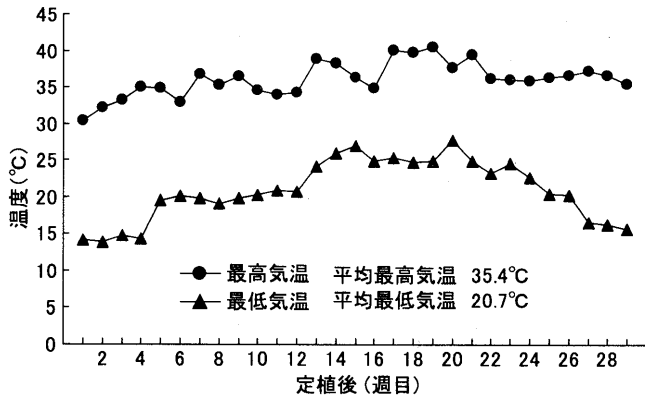
た。培養液には大塚ハウス肥料1, 2, 5号(株大塚化学製)を使用した基本培養液(N:P:K:Ca:Mg=117.8:60.0:204.8:86.3:30.0ppm)を1.0倍として、0.5倍、1.0倍および2.0倍とした。給液回数と培養液濃度は1回/日(8:30)と2回/日(8:30, 13:30)の2処理に分け、①0.5倍・1回/日②0.5倍・2回/日③1.0倍・1回/日④1.0倍・2回/日⑤2.0倍・1回/日の計5処理区とし、1区当たり11株の2反復で行った。2回区の給液量は1回区の半量とし、一株あたりの給液量は処理開始から5月31日までは0.9L/日、その後7月10日まで晴れの日には1.8L/日、曇り又は雨の日には0.9L/日、7月11日以降は1.8L/日、11月10日以降は天候に関係なく0.9L/日とした。なお、供試した培養液のECは、0.5倍が0.8dS/m, 1.0倍が1.5dS/m, 2.0倍が2.4dS/mであった。ハウス内気温が40℃を超える場合は、日中寒冷紗で覆い、また11月10日からは15℃以下にならないように加温した。実験期間中、ハウス内の気温を最高最低温度計で、ハウス戸外(地上4.5m)、ハウス内中央部の高位置(地上2.0m)及び低位置(地上1.0m)の3ヵ所の日射量を全天日射計(MS-801, 株英弘精機製)で測定した。長さ11cm前後の若莢の収穫を6月1日から11月25日まで行い、重量、横径、厚みと曲がり程度について調査した。曲がり程度は0~2の3段階に分け、0と1は可販莢とし、2は曲り莢と分類した。実験終了前には展開葉を採取し、85℃に設定した通風乾燥器(Labostar Convention Oven LC-122, 株タバイ製)で3日間乾燥後、無機分析に供した。また実験終了時のベッド内の培地内溶液を土壌溶液採取器(ミズツールDIK-8390, 株大起理化工業製)で採取し、溶液のpH, ECを測定後、同様に無機分析に供した。リンはバナドモリブデン酸法による比色定量を分光光度計(Spectrophotometer ハイテクノロジーズU-2810, 株日立製作所製)で、他の要素は原子吸光分析器(Atomic Absorption/Flame Spectrophotometer AA-630-12, 株島津製作所製)を用いて行った。

結果

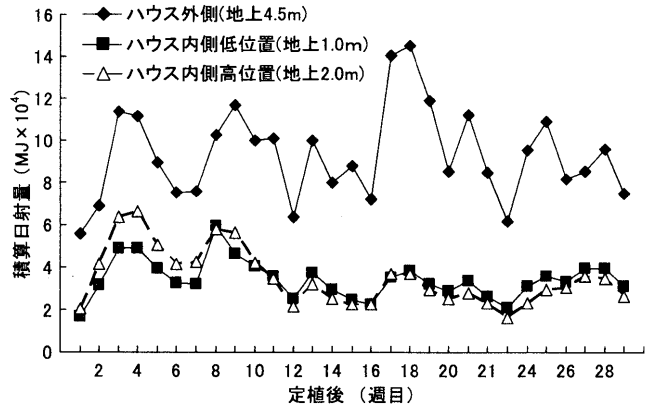
気温と日射量：実験期間中のハウス内の平均最高気温は35.4℃、最低気温は20.7℃となった。また、週平均最高気温は30.0℃を下回らなかった(第1図)。ハウス内日射量は、戸外(地上4.5m)に比べ、生育初期は約50%であったが、高温期の寒冷紗被覆と生育に伴う植被の影響で約40%以下に低下した(第2図)。

若莢の収量と品質：若莢の開花から収穫までの日数は両品種ともに約14日間であった(データ省略)。収穫開始は6月上旬に開始し、開始3週目に1回目のピークを迎え、その後徐々に減少した。収穫開始8週目(7月中旬)から13週目(8月下旬)までは、着花しても花振

西村ら：シカクマメの養液栽培に関する研究



第1図 試験期間中のハウス内気温の変化

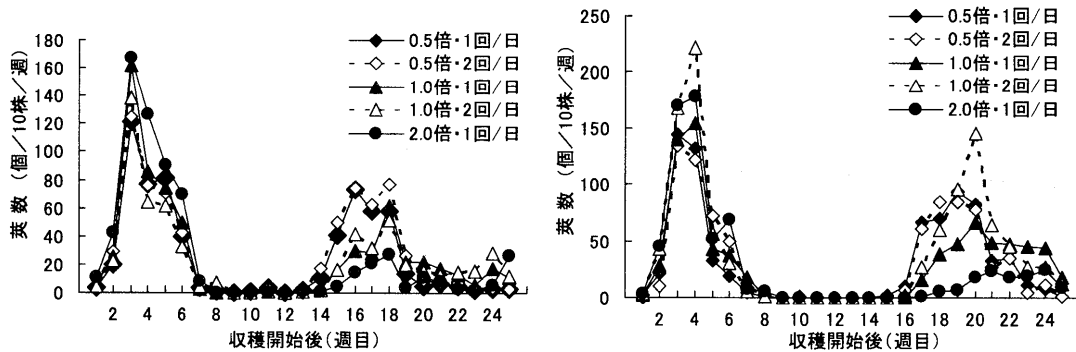


第2図 ハウス内外の積算日射量の週毎の推移

るい現象を起こし、結莢不良で収量が激減した。8月下旬以降再び着花・結莢が増加し、9月中旬より収穫が再開されたが、'KUS-12'が'アスパラインゲン'よりも約1週間早かった(第3図)。総収量は'アスパラインゲン'が'KUS-12'よりも多収となったが、'KUS-12'は0.5倍・2回区、'アスパラインゲン'は1.0倍・2回区が最も高かった(第1表)。培養液濃度が濃い2.0倍・1回区は、結莢不良が起こる前の収量は、両品種ともに高く、可販莢率も同様に高かったが、花振るい期後の低下が著しく、総重量は低下した。両品種とも最大収量は給液回数2回区であった。なお、1莢重に処理間の差異は認められなかった。曲り莢の発生率は全ての処理区で、

'アスパラインゲン'で低く、可販莢率が高まった。'KUS-12'の莢の厚さは'アスパラインゲン'の約半分で、断面は長方形に近い形状であった。一方、'アスパラインゲン'の横断面は正方形に近い形状で、培養液濃度が高くなるほど、厚みが増す傾向にあった。

ハウス内ベッドの位置と収量：収量は両品種ともに、光条件の良い外側に位置した場所が内側に位置した場所より高く、特に東側外側において著しい増加が認められた(第2表)。この傾向は1.0倍区より、0.5倍区で顕著で、外側は内側より0.5倍区の'KUS-12'では34%、'アスパラインゲン'では38%増加した。



第3図 'KUS-12' (左)と'アスパラインゲン' (右)の収穫莢数の推移

第1表 培養液濃度と給液回数が若莢の収量・品質と塊根の肥大に及ぼす影響

品種	処理区		株あたり				平均 莢重 (g/莢)	莢 横径 (mm)	莢 厚み (mm)	株あたり		平均 塊根重 (g/個)
	培養液		総重量 (g)	莢数 (個)	曲り 莢率 (%)	可販 莢率 (%)				塊根重 (g)	塊根数 (個)	
	濃度 (倍)	給液 回数										
KUS-12	0.5	1	700 a ²	62.2	16.7	83.3	11.3	24.2	9.2	38.6	3.5	11.0
	0.5	2	796 b ^c	71.5	14.9	85.1	11.1	23.8	9.1	26.5	3.5	7.6
	1.0	1	710 a	63.9	14.6	85.4	11.1	23.9	9.4	26.3	4.4	6.0
	1.0	2	689 a	61.4	11.0	89.0	11.2	22.3	10.2	22.9	2.8	8.3
	2.0	1	669 a	62.2	9.8	90.2	10.8	23.6	9.1	23.7	3.1	7.6
アスパ ライン ゲン	0.5	1	891 d	75.5	4.8	95.2	11.8	20.2	18.6	43.2	3.3	13.3
	0.5	2	869 c ^d	79.6	3.7	96.3	10.9	20.6	17.9	41.5	2.8	14.7
	1.0	1	873 c ^d	78.1	5.2	94.8	11.2	20.4	20.1	59.4	2.7	22.3
	1.0	2	1089 e	98.6	4.5	95.5	11.0	19.9	19.4	47.5	3.5	13.6
	2.0	1	721 a ^b	65.6	4.5	95.5	11.0	19.2	20.4	73.1	4.5	16.3

²同列同アルファベットはチューキー検定5%レベルにおいて有意差なし

第2表 ハウス内のベッド位置が収量に与える影響

品 種	処理区		株あたり			平均 莢重 (g)
	培養液 濃度 (倍)	ベッド 位 置	総重量 (g)	莢数 (個)	曲り莢率 (%)	
KUS-12	0.5	外側	856c ^a	76.7	16.7	11.2
		内側	639a	56.9	14.4	11.2
	1.0	外側	718ab	63.5	14.6	11.3
		内側	681ab	61.8	11.0	11.0
アスパラ インゲン	0.5	外側	1020e	91.1	4.4	11.2
		内側	741b	64.0	3.9	11.6
	1.0	外側	1027e	93.7	4.6	11.0
		内側	935cd	83.0	5.0	11.3

^a同列同アルファベットはチューキー検定5%レベルにおいて有意差なし

第3表 シカクマメ展開葉と培地内溶液の無機成分含量

品 種	処理区		展開葉						培地内溶液					
	濃度 (倍)	給液 回数	(% / D.W.)				(ppm / D.W.)		(ppm / D.W.)					
			P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	P	K	Ca	Mg	Mn	Cu
KUS-12	0.5	1	1.4	2.8	0.9	0.4	80.8	8.2	117.9	183.6	59.8	24.2	6.4	2.4
	0.5	2	0.9	2.8	0.8	0.3	221.5	15.3	32.3	164.9	60.7	25.7	1.7	2.6
	1.0	1	1.2	3.3	0.9	0.3	150.3	10.8	55.3	288.6	93.7	52.1	10.0	5.2
	1.0	2	1.1	3.5	0.9	0.3	151.1	8.4	51.4	314.0	80.8	50.3	12.3	5.0
アスパラ インゲン	2.0	1	1.4	4.0	0.6	0.3	375.7	12.6	95.0	473.6	129.9	90.3	199.3	9.0
	0.5	1	1.5	1.8	1.4	0.4	192.1	9.6	36.7	179.3	65.2	25.9	1.9	2.6
	0.5	2	1.6	2.0	1.1	0.4	232.4	10.3	31.4	140.7	59.9	23.5	5.0	2.3
	1.0	1	1.7	1.7	1.4	0.3	162.0	9.9	45.2	488.7	95.2	58.0	16.6	5.8
	1.0	2	1.8	2.4	1.1	0.3	241.8	10.0	57.7	507.4	108.1	81.1	59.3	8.1
	2.0	1	2.0	3.7	0.9	0.3	372.7	8.2	115.8	503.7	133.3	95.1	249.5	9.5

塊根の収量：塊根重は‘KUS-12’では0.5倍・1回区で38.6g/株, ‘アスパラインゲン’では2.0倍・1回区で73.1g/株で最大となった(第1表)。また, ‘KUS-12’では培養液濃度が低くなるほど増加傾向を示した。逆に‘アスパラインゲン’は培養液濃度が高くなるほど増加する傾向にあった。塊根数は2~5個/株と処理間に差異は認められなかった。

葉内無機成分：展開葉内のKおよびMn含有率は培養液濃度が高く給液回数が多いと高まり, 逆にCa含有率は減少する傾向にあった(第3表)。P含有率は両品種ともに処理区間に違いは無かった。

培地内溶液の理化学特性：実験終了時の培地内溶液のECは, 給液した培養液濃度が高いと, その濃度以上に高くなり, pHは培養液濃度が高く, 給液回数が多いと低

くなった(第4表)。無機成分含有率は, 培養液濃度が高くなるほど上昇したが, 特に, Mnの高まりが著しかった。

考 察

シカクマメの開花から収穫までの日数は, 約14日間であり, この期間は露地栽培での報告とほぼ一致した^{3,8,19)}。結莢数は徐々に増加し収穫開始3週間目に最大となり, その後減少する山形の変動を描いた(第3図)。変動の大きさに違いは認められたが, 増減パターンは同様であることから, 気候条件よりも, ピーマンやトマトで認められている着果負担と同様^{21,22)}、結莢負担によるものと考えられた。また, 盛夏期に結莢しなかった原因として夏期の高温が影響していると考えられ, 盛夏期は結莢しないとの上本の報告⁸⁾と一致した。しかし, 結莢限界温度を気温30℃以上としているが, 定植時にすでに30℃を超え, 6月の収穫期まで30℃を下回らなかった(第1図)にもかかわらず, 両品種とも良く結莢し収穫したことから, 結莢限界温度は35℃前後と示唆された。しかし, 高温遭遇時間の長短, あるいは高夜温の関与も考えられ, 今後の検討を要する。一方, 花芽が開花に至らずに落下する花振るい現象が, 収穫のピークの後に認められた。花振るい現象は昼夜30℃の条件下でみられ^{8,19)}、また, 東京都小笠原における露地栽培では気温35℃以上で起こることが報告されている⁷⁾。本実験では1週間毎の平均最低気温が30℃を下回っており花振るいの原因は夜温の影響だけではなく, 着果負担の増加の関与も示唆さ

第4表 培地内溶液のpHとEC

品 種	処理区		培地内溶液	
	濃度 (倍)	給液 回数	pH	EC (dS/m)
KUS-12	0.5	1	7.6	1.2
	0.5	2	7.6	1.2
	1.0	1	6.7	2.0
	1.0	2	6.8	2.0
アスパラ インゲン	2.0	1	6.1	3.2
	0.5	1	7.3	1.2
	0.5	2	7.2	1.0
	1.0	1	7.1	2.6
	1.0	2	6.8	3.0
	2.0	1	6.0	3.5

れた。また、結莢のピークが6月中旬と9月下旬～10月中旬の2回あり、1回目のピークである6月中旬の収量が2回目の9月下旬～10月中旬のピークより多かった(第3図)。これは、土耕栽培と同様の結果²⁰⁾であった。収穫開始約1ヶ月の収量が総収穫量に占める割合は、2.0倍の処理区を除いて‘KUS-12’では50.6～76.3% ‘アスパラインゲン’では41.0～63.0%となった。寒冷地の岩手における栽培では、収穫開始から約1ヶ月間で総収量の79～88%を占めたことが報告¹⁹⁾されているが、温帯地域の長期間栽培では前半の収量の割合は低く、後半の収量確保も重要なことが示唆された。曲り莢の発生は、‘KUS-12’では培養液濃度が低いほど、給液回数が少ないほど高く、培養液濃度と曲り莢率の相関関係は $r=0.997$ と強い正の相関関係を示したが、‘アスパラインゲン’の曲り莢の発生は3.7～5.2%と低く相関関係も $r=0.194$ と低かった(第1表)。

花振るいが起こる以前の収量は、培養液濃度による差が認められなかった。夏期の花振るい後、再び着花した時期が給液回数に関係なく培養液濃度が高くなるほど遅くなったのはベッド内の溶液濃度に関係していると考えられ、‘KUS-12’の2.0倍・1回区で3.2 dS/m, ‘アスパラインゲン’の2.0倍・1回区で3.5 dS/m以上と高い値を示した(第4表)。この培地内溶液のECと着花再開までの日数の間には‘KUS-12’では $r=0.957$ と強い相関関係が、‘アスパラインゲン’では $r=0.784$ と相関関係が認められた。これより、培地内溶液のECが高ければ高いほど夏期を越えて長期に収穫するとき、花振るい現象が長引き、結莢が遅れる傾向にあることが示唆された。また、培養液濃度が最も高かった2.0倍・1回区で両品種において花振るい減少が収まった後に結莢数が急激に落ちるといった現象も見られた。一般的にマメ類は耐塩性が低いといわれている²³⁾ように、同じマメ科であるシカクマメも同様に高塩類濃度に影響を受けたのではないかと考えられ、培地内溶液のECが3.2 dS/m以上になると成長に悪影響が出てくるので、栽培が長期にわたる時には低濃度の培養液での栽培が適していると考えられた。他の処理区は全て3.0 dS/m以下であり、花振るい減少が終わった後の結莢数に大きな差異は無かった。また、pHは微酸性か弱酸性が適しているとの報告があるが⁸⁾、本実験でのpHの範囲ではその影響は考えられなかった。

両品種ともに光条件に恵まれたハウスの外側に位置したベッドで収量が多くなったが、特に、東側のベッドでその傾向は強かった(第2表)。また、収穫莢数は夏期の花振るいの時期を除いて、積算日射量が多い時期に多かった(第2図)。シカクマメの土耕栽培における収量は西側が少ないと報告されているが⁴⁾、本実験でも同様な結果となり、午前中の日射が収量に強い影響を与えていた。

塊根について、‘KUS-12’は‘アスパラインゲン’よりも細くて小さいため、塊根利用には‘アスパラインゲン’が好ましいと考えられた。塊根には高率にタンパク質を含み、栄養的にも優れることから東南アジアでは重要な収穫部位となっている^{1～3,8)}。塊根形成は短日条件で促進される^{2,24)}が、ベッドの位置が日射条件の恵まれている外側で増加傾向にあり、日射条件の関与も示唆された。

無機成分について、Kは培養液濃度と比例して培地内溶液濃度と葉内含率は高くなり(第3表)、逆にCaとMgは培養液濃度が増すにつれ、培地内溶液濃度は増加したが、葉内含率は低下した。これはKの濃度上昇がCa、Mgの吸収を抑制した要素間の拮抗作用によると考えられた。2.0倍・1回区の葉内Mn含有率は高く、さらに培地内溶液は他の処理区と比較して著しく高くなったことから、栽培が長期にわたり培養液濃度が高い場合、Mn過剰症の発生が危惧された。

以上より、周年栽培で安定した供給を確立するためには、なるべく適正な温度に保つのは勿論、花振るいの時期までは培地内溶液のECが3.2 dS/m以上とならないような培養液管理が求められる。特に、長期栽培では、塩化物要素の過剰蓄積により高くなりやすく、花振るいの期間が長期に及ぶので、培養液濃度を低くするか、時々水道水で培地内に集積した養分を洗い流す必要があると考えられた。また、日射条件の異なるベッドの位置の違いにより、最大で38%も変わることから、日射条件と栽植密度への配慮が求められる。品種間差では、品種としては、‘アスパラインゲン’が収量性に優れ、今後の利用に望ましいと考えられた。

摘 要

シカクマメ (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.) の安定した周年供給を図るため、養液栽培の培養液濃度と給液回数およびベッドの位置が収量に与える影響について、‘KUS-12’と‘アスパラインゲン’の2品種を用いて検討した。収量は‘アスパラインゲン’が‘KUS-12’より高く、品質も良かった。培養液濃度はECが約1.5 dS/mで、給液回数は2回/日が最適と考えられた。収量は光が当たりやすい東西の外側ベッドで増加したが、この傾向は東側でより著しかった。盛夏期に花振るいの現象を示し、収穫できない期間が認められたが、この期間は培養液濃度が高いほど長くなった。

キーワード：給液、シカクマメ、収量、培養液、養液栽培

引用文献

- 1) 上本俊平. 1983.シカクマメの特性と栽培(1). 農業及び園芸. 58(10): 1268-1274.

- 2) 安部二郎・中村 浩. 1985. 夏野菜問題解決のための研究成果例. 1)シカクマメの導入. 熱帯農研集報. 51: 48-55.
- 3) 山田 登. 1977. 有望な熱帯作物のシカクマメ. 熱帯農研集報. 30: 15-23.
- 4) 福元康文・西村安代・島崎一彦・重川 裕. 2001. シカクマメの栽培体系の確立に関する研究. 高知大学学術研究報告. 農学編. 50: 69-76.
- 5) 大竹光美編. 2004. やさい畑 夏号. p10-15. 家の光協会. 東京
- 6) 沖縄県農林水産部流通政策科. 沖縄伝統的農産物データベース. <http://tradb.pref.okinawa.jp/dentou/mainMenuGuest.do>
- 7) 東京都小笠原支庁産業課小笠原亜熱帯農業センター 15年度試験成績. <http://www.soumu.metro.tokyo.jp/07ogasawara/32seika.htm>
- 8) 上本俊平. 1983. シカクマメの特性と栽培(2). 農業及び園芸. 58(11): 1403-1410.
- 9) Kute L. S., S. S. Kadam and D. K. Salunkhe. 1984. Changes in sugars, starch and trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L.DC) during seed development. J. Food Sci. 49: 314-315.
- 10) Bean G., T. Fernando, M. Holden and G. Patterson. 1984. Total plant analyses of sterols and fatty acids of the winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). J. Food Sci. 49: 964-965.
- 11) Tadera K., Y. Kuroki, T. Taniguchi, M. Arima, F. Yagi, A. Kobayashi and K. Ishihata. 1984. Protein and trypsin inhibitor in immature pods of winged bean, *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ. 20: 63-71.
- 12) Yanagi S. O., M. Kato. and S. Uemoto. 1983. Accumulation of seed protein component in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) development. Agric. Biol. Chem. 47 (10): 2387-2389.
- 13) Higuchi M., Y. Fukumoto and K. Iwai. 1988. Appearance of lectin in winged bean pods during seed development after flowering. J. Agric. Food Chem. 36(3): 534-536.
- 14) 食品成分データベース <http://fooddb.jp/>
- 15) Moraghan J. T and K. Grafto. 1997. Accumulation of calcium in bean cultivars differing in seed size. J. Sci. Food. Agric. 74: 251-256.
- 16) 養液栽培研究会編. 養液栽培マニュアル21. 1997. 142-144. 誠文堂新光社. 東京.
- 17) 吉田富男・土田裕子. 1987. シカクマメ根粒菌による共生窒素固定について 日本土壤肥料学雑誌. 58(4): 410-413.
- 18) 日本施設園芸協会編. 最新養液栽培の手引き. 1996. 221-222. 誠文堂新光社. 東京.
- 19) 遠藤元庸・稲田委久子・上本俊平. 1993. シカクマメの寒冷地条件下での栽培適応性の検討, 園芸学会雑誌 62(1): 155-164.
- 20) 遠山柁雄・竹内芳親・山田 強・三崎浩司. 1989. シカクマメの栽培実用化に関する研究 (第1報) 有機物及び葉面散布肥料の施用. 砂丘研究. 36(1): 19-33.
- 21) 福元康文・西村安代・島崎一彦. 2004. ピーマンの着果と着果周期に及ぼす着果負担の影響. 園学雑. 73(2): 171-177.
- 22) Adams S. R. and V. M. Valdes. 2002. The effect of periods of high temperature and manipulating fruit load on the pattern of tomato yields. J. Hort. Sci. Biotechnol. 77: 461-466.
- 23) 伊藤 正・藤枝國光・廣瀬忠彦・橘 昌司. 2002. 蔬菜園芸学. P.216. 川島書房. 東京.
- 24) Okubo H., T. Masunaga, H. Yamashita and S. Uemoto. 1992. Effects of photoperiod and temperature on tuberous root formation in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). Scientia Horticulturae 49: 1-8.

(受付 2007年12月5日, 受理 2008年1月11日)