養液栽培による薬用植物の生産(第6報) 液面上下法により栽培したトウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) の 栽植密度が生育と収量に及ぼす影響

四方恒生*・長谷川千晃・南 基泰・杉野 守

* (有) シグマ研究所 259-0151 神奈川県足柄上郡中井町井ノ口 659
近畿大学農学部 631-0052 奈良市中町 3327-204

Production of Medicinal Plants by Hydroponics (Part 6) Effects of Plant Density on the Growth and Yield of *Angelica acutiloba* Kitagawa Plants Cultivated in Ebb & Flow System.

Tsuneo YOMO*, Chiaki HASEGAWA, Motoyasu MINAMI and Mamoru SUGINO

*Sigma Institute Ltd. 659 Inokuchi, Nakai-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa 259-0151, Japan
Faculty of Agriculture, Kinki University, 3327-204 Naka-machi, Nara-City, Nara 631-0052, Japan

Abstract

Angelica acutiloba Kitagawa plants were cultivated in Ebb & Flow system to determine the optimal plant density. For each plant to attain uniform and maximal growth, a distance of 23 cm or more between plants was necessary. The distance, however, was 11.5 cm between plants for the economically best yield with some uneven growth. In this case, the yield was 3.7 ~ 4.9 times that with the conventional soil culture.

緒 言

トウキの養液栽培について、著者らは先に砂耕における生育経過を明らかにし、薬効の指標成分であるリグスチライドは土耕と同等に含まれていること¹⁾、培地を使用した液面上下法 (Ebb & Flow 法、以下 E & F と略記) が適した養液栽培法であること²⁾、培地としては保水性および透水性の優れた鹿沼土が最適な培地であること³⁾を明らかにした。実用的な生産法として養液栽培法の確立をはかるには、現行の露地栽培より生産性を高めること、最終的には生産コストを低減出来ることを明らかにする必要がある。栽植密度は養液栽培装置の使用回転率と共に生産コストに大きな影響を及ぼす。露地栽培の場合、慣行的栽植密度は幅幅 50 から 60 cm、株間 20 から 25 cm とされ^{4,5)}、この栽植密度を 2 倍にしても収

量は約 17% しか増加しないと報告されている⁶⁾。これに対して、水分、肥料分の吸収について株間に競合の少ない E & F において、トウキの生育と根部収量が栽植密度によってどのような影響を受けるかを明らかにするため本試験をおこなった。

材料および方法

1. 種 子

奈良県桜井市の栽培農家が 1994 年秋に採取した *Angelica acutiloba* Kitagawa の種子の分譲を受けた。系統等来歴は不詳である。

2. 栽培施設

栽培はすべて神奈川県湘南地区の高台にある (有) シグマ研究所敷地内の鉄骨構造ガラス温室 (南北棟、間口 9 m、奥行き 36 m) でおこなった。試験期間中の温室内気象の制御は自家製ソフトにておこなった。室温および日照の推移を Fig. 1 に示す。

1997 年 9 月 15 日受付

1998 年 3 月 10 日受理

Fig. 1 Seasonal changes in air temperature and solar irradiation in the green house

■ Average air temperature during the day
◆ Average air temperature during the night
▲ Average total solar irradiation in the green house

3. 栽培装置

育苗には前報²⁾と同じ栽培装置を使用した。栽植密度試験には栽培槽は内寸幅 90 cm、長さ 720 cm、深さ 12 cm のものを、また養液タンクは容量 1 トンのものを使用した。本試験では根径 25 mm 以上まで生育させることを予定したので、内径 10 cm、長さ 27 cm のプラスチック管に鹿沼土を深さ約 26 cm まで充填したものに直播した。

4. 試験方法

(1) 育苗

1995 年 4 月 5 日上記プラスチック管に数粒づつ播種し、6 月下旬までに順次間引きをおこない、1 株/プラスチック管 1 本とした。液位は 5 月 26 日までは 15 分/1 日、それ以降は 15 分/2 日の割合で上昇させた。養液は 4 月 21 日出芽までは井水、それ以降は園試処方⁷⁾ 0.5 倍濃度液とし、毎月初に全量交換した。液位は当初は底面から 24 cm、根系が発達したと考えられた育苗後期、6

月 6 日以降は同 12 cm に調整した。

(2) 栽植密度試験

1995 年 9 月 27 日上記苗 15 株を無作為に抽出、計測したところ、草丈 26 cm、根径 8.6 mm (共に平均値)であった。従って、本試験はいわゆる大苗⁴⁾を使用して栽植密度の影響を検討した試験であるといえる。同日、試験に使用した苗は以下のように配置した。すなわち、長方形の栽培槽を南北に長くなるように置き、その中に北から順に A 区から D 区まで連続的に株を配置した。A 区は栽培槽の幅方向(東西方向 以下列という)に 7 株、栽培槽の長さ方向に 6 株(南北方向 以下行という)、株間距離は 11.5 cm とした。以下同様に B 区は 5 列 6 行、株間距離 17 cm、C 区は 4 列 7 行、株間距離 23 cm、D 区は 3 列 8 行、株間距離 30 cm とした。液位を底面から 10 cm とした以外はすべて育苗後期と同一条件とした。同年 12 月 10 日から 12 日にかけてプラスチック管ごと水中で静かにゆすりながら細根を傷めないように培地と分離し、草丈、葉柄数、葉身乾重、主根長、根径、主側根乾重、リグスチライド含有量⁸⁾を測った。

結果および考察

前記(2)に述べたように株を配置した場合、粗植区と密植区の他に行・列の端株と中株では生育植が異なった。大規模装置で栽培する場合には、ほとんどの株が行・列の中株と同様の環境条件下で生育することになること、および栽植密度の影響は行・列の中株に顕著に現れると考えられるので、まず行・列の中株の生育植を Table 1, 2 にまとめた。

(1) 地上部の生育とリグスチライド含有量

栽植密度が低いほど葉柄数が多く、1 葉柄当たりの葉乾重も多くなるが、草丈は大差なかった(Table 1)。また、葉中のリグスチライド含有量には栽植密度による影響は認められなかった(Table 2)。

Table 1 The growth of *Angelica acutiloba* Kitagawa plants in different planting density

Experiment	Plant height (cm)	Number of petiole (/plant)	Dry weight of leaf (mg/plant)	Dry weight of leaf/petiole (mg/petiole)	Length of tap root (cm)	Diameter of tap root (mm)	Dry weight of tap and lateral root (mg/plant)
A	AV	50.1	5.3	3423	648	18.6	5822
	CV	16.6	33.7	67	-	15.4	74
B	AV	46.4	5.6	3765	671	20.0	7636
	CV	13.2	28.0	39	-	19.1	40
C	AV	50.7	6.0	6192	1032	21.2	13217
	CV	9.6	22.6	33	-	10.9	29
D	AV	51.6	7.2	11345	1563	20.9	19322
	CV	9.7	16.9	33	-	13.0	20

AV: Average, CV: Coefficient variation

(2) 根部の生育とリグスチライド含有量

栽植密度が低いほど根部乾重は大きく、葉乾重と根部乾重は高い正の相関を示した($r=0.83$)。根径も同じ傾向を示したが、主根長には明確な関係は認められなかった(Table 1)。主根、側根中のリグスチライド含有量については栽植密度の影響は認められなかった(Table 2)。

(3) 生産物の均一性を指標とした最適栽植密度

生育むらのないトウキを収穫するのに必要な株間距離は Table 1 の各栽植密度区分内のばらつき(変動係数)が

小さくなる点がその目安と考えてよいであろう。葉乾重、根部乾重および根径の平均値と変動係数から見て C 区と D 区の間、株間距離にして 23 cm から 30 cm の間に最適株間距離があるものと推定できる。一方、露地栽培における慣行的株間距離は株間 20 から 25 cm、畝幅 50 から 60 cm とされており^{4,5)}、畝部分は農作業のためやや過大にとっている可能性を勘案すると養液栽培の場合と大差ないと考えられる。

Table 2 Concentration of ligustilide

Experiment	Leaf		Tap root		Lateral root	
	AV	SD	AV	SD	AV	SD
A	0.067	0.073	0.010	0.006	0.021	0.013
B	0.067	0.023	0.010	0.009	0.018	0.013
C	0.067	0.037	0.012	0.008	0.025	0.017
D	0.063	0.017	0.016	0.006	0.024	0.009

Each values are % in dry weight.

AV: Average, SD: Standard deviation

Table 3 Yield of tap and lateral root

Case	Position of plant	a		b		c		Yield (t/10a. year)
		Plant number (/10a)	% of commodity (%)	AV. DW of tap & lateral root (g/plant)	a*b*c (kg)			
A	Edge	9360	100	10.5	98.3			
	Middle	22140	100	5.8	128.4			
	Total				226.7			1103.3
	Edge	9360	64.7	14.3	86.6			
	Middle	22140	36.0	10.8	86.1			
	Total				172.7			840.5
B	Edge	6264	100	11.4	71.4			
	Middle	8856	100	7.6	67.3			
	Total				138.7			673.5
	Edge	6264	72.7	12.6	57.4			
	Middle	8856	44.4	9.1	35.8			
	Total				93.2			453.6
C	Edge	4464	100	15.8	70.5			
	Middle	4320	100	13.2	57.0			
	Total				127.5			620.5
	Edge	4464	76.9	17.4	59.7			
	Middle	4320	91.7	13.6	53.9			
	Total				113.6			552.9
D	Edge	3384	100	15.9	53.8			
	Middle	1584	100	19.3	30.6			
	Total				84.4			410.7
	Edge	3384	94.1	16.3	51.9			
	Middle	1584	100	19.3	30.6			
	Total				82.5			401.5
Out door					225 ⁴⁾			225

Case 1: All roots with different diameter were sold as a commodity.

Case 2: Roots with diameters more than 25 mm were sold as a commodity.

AV: Average, DW: Dry weight

(4) 経済的に望ましい栽植密度のシミュレーション

本試験に用いた栽培床と同一内寸幅 90 cm, 長さは 2 倍の 14.4 m の栽培床 36 基を 10 アールの温室に設置したと仮定して年間収量を試算した結果を Table 3 に示す。A 区から D 区まで試験と同様に配置した場合の行・列端株と行・列中株の株数と本試験で得られた主、側根の各平均乾重から 10 a 当たりの収量を試算した。得られた主、側根はすべて商品として販売される場合 (Case 1) と根径 25 mm 以上のもののみが販売される場合 (Case 2) とについて試算した。経済的に見ると、(3) の結論とは異なり、Case 1, 2 共に試験した範囲では栽植密度が最も高い A 区 (株間距離 11.5 cm) が 10 a 当たりの収量が最も多く有利であった。養液栽培の場合水分、肥料分に関する株間の競合は少ないと考えられ、例えば栽植密度をほぼ 2 倍とした A 区と B 区を比較すると、密植による収量増加は 63.5% (Case 1) から 85.3% (Case 2) に達し、露地栽培の密植による収量増加 17%⁹⁾ を大幅に上回った。また、露地栽培の 10 a 当たりの収量⁹⁾ と比較すると、1 作当たりの収量は最も収量の高い場合 (A 区, Case 1) でも露地栽培とほぼ同等であった。しかし、露地栽培では通常 1 年を要する本圃定植後の栽培期間が本試験では約 75 日と短いため、10 a 当たりの年間収量は 3.7 倍 (A 区, Case 2) から 4.9 倍 (A 区, Case 1) であった。約半年を要する育苗工程の合理化、定植後の肥大期間と装置の回転率の最適化等検討すべき課題は多いが、本栽培方式によって露地栽培より有利に栽培できる可能性が示唆された。

結 論

液面上下法を用いてトウキの最適栽植密度を求めた。各株が均等に生育するための株間距離は 23 cm から 30 cm の間にあった。多少生育むらがあっても経済的にも

っとも有利な栽植密度は試験した範囲では最も密植した株間距離 11.5 cm であった。なお、この場合、露地栽培の 3.7 倍から 4.9 倍の年間収量が期待できる。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、ご協力をいただいた京都府立大学農学部 並木隆和教授、寺林 敏講師の両氏に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 四方恒生・長谷川千晃・南 基泰・杉野 守：養液栽培システムによる薬用植物の生産 (第 3 報) トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) の砂耕栽培における生育経過とリグスチライド含有量推移, 植物工場学会誌, 10(2) : 108-112 (1998)
- 2) 四方恒生・長谷川千晃・南 基泰・杉野 守：養液栽培システムによる薬用植物の生産 (第 4 報) トウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) の生育に適した養液栽培法の選定, 植物工場学会誌, 10(3) : 156-160 (1998)
- 3) 四方恒生・長谷川千晃・南 基泰・杉野 守：養液栽培システムによる薬用植物の生産 (第 5 報) 液面上下法によるトウキ (*Angelica acutiloba* Kitagawa) の初期生育に及ぼす培地の影響, 植物工場学会誌, 10(3) : 161-165 (1998)
- 4) 藤田早苗之助：薬用植物栽培全科, 農文協, pp. 274-280 (1972)
- 5) 厚生省薬務局監修：薬用植物 栽培と品質評価 Part 1, 薬事日報社, pp. 41-50 (1992)
- 6) 寺西雅弘・吉田幸雄・村上守一・津野敏紀：富山薬研年報, 23 : 104-107 (1996)
- 7) 山崎肯哉：養液栽培全編, 博友社, pp. 107 (1981)
- 8) 山岸 喬：高速液体クロマトグラフィーによる生薬分析—トウキ, センキュウの分析—, Pharm. Tech. Japan, 2(2) : 167-173 (1986)