

シュンギクの心枯れ症とその軽減対策*1

小野寺政行*2

西川 政信*3

高栗 仁子*4

鎌田 賢一*2

シュンギクの心枯れ症発生要因を調査した結果、生育後期にハウス内が高温になり、さらに灌水抑制による土壌の乾燥化も加わって、石灰の吸収および心葉部への移行が阻害される現象を認めた。そのため、心葉部に於ける石灰含有率とりん酸含有率とのバランスが崩れ、石灰欠乏が誘発され、心枯れ症状が引き起こされると推定された。軽減対策としては、土壌のりん酸肥沃度を100mg/100g以下に保つこと、ハウス内の温度管理に注意し、生育後期の土壌水分をpF2.7以下に保つこと、すなわち夏期高温期には収穫直前まで灌水すること、また土壌pFを急激に上昇下降させないことが必要である。更に、葉に直接水を掛けない灌水法（本試験では点滴灌水）を用いることは、心枯れ症発生の軽減および鮮度保持の両面から有効な対策となる。

緒 言

北海道（主に札幌市）におけるシュンギク生産は、本州移出を中心とした雨よけハウス利用の株張りタイプの生産が主流である。しかし、その生産に際して、夏期高温期を中心に、シュンギクの心葉の先端部が褐変し、心止まり症状を呈する心枯れ症が広範囲に発生している。心枯れ症発生株は商品性が低下するため選別調製に多くの労力を要し、出荷量の減少とあいまって大きな問題となっている。

この心枯れ症状は、収穫期が近づく頃から急激に増加し、抽台が見られる頃にはいっそう激しくなる。特に、7～9月には雨よけ栽培の大部分の圃場に散在して発生する。症状としては石灰欠乏に類似している¹⁾。シュンギクの心枯れ症の発生要因としては、高温、りん酸多量吸収条件下で、石灰の吸収、移行が阻害されて誘発される現象であろうと推察され、この改善対策として、石灰の葉面散布が発生を軽減又は遅延させるとの報告²⁾がある。しかし、この心枯れ症の報告は高温な地域での調査結果であり、比較的冷涼な気象条件下にある北海道に

おいては確認されていない。

北海道におけるシュンギク栽培は、一般に頭上灌水を行っているが、生育後期の灌水は収穫時の下葉の腐敗、長距離輸送時の鮮度低下を招く危険性があるとされているため、一般に収穫2週間前から灌水が抑制されている。しかし、この栽培法は夏期高温期に心枯れ症の発生を助長させることが懸念される。

そこで、シュンギクの心枯れ症の発生要因を気温および土壌の理化学性の面から解析するとともに、灌水処理が心枯れ症と鮮度に及ぼす影響について検討した。

試験方法

1. 心枯れ症の発生実態と発生要因の解析

(1) 心枯れ症の発生実態

1993年8月に札幌市の代表的なシュンギク栽培産地である西町（A、B、Cの3圃場）、藤野（D圃場）、琴似（E圃場）、石山（F圃場）の4地区計6圃場について実態調査を行った。西町地区は暗色表層酸性褐色森林土、藤野、琴似、石山地区は暗色表層褐色森林土である。作物体は各圃場から正常株と典型的な心枯れ症発生株（以下、発生株と略称）をそれぞれ10株採取し、先端から4葉目までを心葉、5～9葉目までを中葉、残りを外葉として分別し、各部位毎に養分含有率を調査した。土壌は、心枯れ症発生が圃場全体に散在していたため、心枯れ症発生の有無に関わらず各圃場から対角線上に3点ずつ作土を採取し、土壌理化学性を調べた。

1994年7月11日受理

*1 本報の一部は、1994年度日本土壌肥料学会（京都）で発表した。

*2 北海道立中央農業試験場、069-13 夕張郡長沼町

*3 石狩支庁石狩中部地区農業改良普及所、069 江別市

*4 札幌市農業センター、061-22 札幌市

(2) リン酸施用量の影響

心枯れ症に及ぼす土壌中リン酸含量の影響を検討するため、1/5000 a ポットを用いてリン酸用量試験を北海道立中央農業試験場のガラス室で行った。栽培期間は6月中旬に播種し、7月下旬に収穫した。本試験では、心枯れ症発生圃場（D圃場）の土壌（ $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$: 12 mg/100 g）とリン酸が乏しい洪積土（三笠市）の下層土（ $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$: 2 mg/100 g）とを混合（重量比 1:1）し、リン酸含量を希釈した土壌（ $\text{Truog-P}_2\text{O}_5$: 65 mg/100 g）を用いた（表1）。処理区としてリン酸（ P_2O_5 ）をポット当たり 0, 3, 6 g（以下、各々を対照区、+P区、+2P区と略称）施用した。各処理区とも共通肥料として窒素（N）1 g/pot, 加里（ K_2O ）1 g/potを施用した。肥料は、過燐酸石灰および熔成燐肥（要素比 1:1）、硫酸アンモニア、硫酸加里を用いた。なお、灌水は収穫1週間前まで行った。

(3) リン酸、石灰溶出量に及ぼす土壌水分の影響

土壌水分の違いと水溶性リン酸、石灰の溶出量の関係を明らかにするため、D圃場（暗色表層褐色森林土）の作土（風乾土）を用い、土壌水分レベルを最大容水量の 0, 18, 36, 55, 73, 91, 109%に設定し、30℃で2週間インキュベーターで培養した。その後、土液比が1:

5になるよう蒸留脱塩水を添加し、1分間振とう後、直ちにろ過し、そのろ液についてリン酸、石灰含量を調べた。リン酸の定量はモリブデンブルー法で、石灰は原子吸光度計で定量した。なお、本試験ではこの方法で抽出したリン酸、石灰を水溶性と表記した。

2. 心枯れ症軽減対策

(1) 石灰の葉面散布効果および遮光の影響

心枯れ症対策試験として、石灰資材の葉面散布試験および遮光試験を2か所の現地圃場（D, E圃場）の妻面開閉可能型雨よけハウス（妻面が一部開閉可能）に於いて2作期（6月中旬播種、7月上旬播種）行った。葉面散布資材は0.13% CaCl_2 溶液、0.07% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 溶液を用い、1回当たり100 l/10 aを散布した。遮光はシルバータフベル（遮光率45~50%）を雨よけハウスのビニールの上に被覆した。葉面散布時期および遮光期間は表2に示すとおりである。施肥量、灌水（頭上灌水）量およびその他の栽培条件は農家慣行とした。これら処理区について心枯れ症発生程度を調べた。

(2) 灌水停止時期および灌水法の影響

札幌市農業センターのコンクリート枠およびD圃場の妻面開閉可能型雨よけハウスに於いて、灌水停止時期が心枯れ症と鮮度に及ぼす影響を検討した。灌水法は収穫

表1 供試土壌の理化学性

試 験 区	透水係数 (cm/sec)	pH1.5時の三相分布(%)			易有効水容量* (ml/100ml)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	CEC (me/100g)	Truog-P ₂ O ₅ (mg/100g)	交換性(mg/100g)			塩基 飽和度 (%)	石灰 飽和度 (%)	
		固相率	液相率	気相率						CaO	MgO	K ₂ O			
<りん酸用量試験>															
希釈土壌	-	-	-	-	-	5.6	0.09	25	65	274	80	43	59	39	
<石灰葉面散布試験>															
D圃場	-	-	-	-	-	5.9	0.32	24	236	526	88	68	102	78	
E圃場	-	-	-	-	-	5.4	0.70	45	150	680	249	136	88	54	
<灌水試験>															
頭上灌水区	作土	2.6×10 ⁻²	38.5	40.1	21.4	14.3	6.9	0.31	23	216	1266	54	65	215	197
	心土	2.0×10 ⁻²	40.9	41.8	17.3	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
点滴灌水区	作土	1.4×10 ⁻²	41.2	42.1	16.7	6.9	6.2	0.24	26	183	412	73	52	77	52
	心土	2.6×10 ⁻²	38.8	40.6	20.6	6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* p F 1.5~3.0

表2 石灰資材の葉面散布時期と遮光期間

圃場	播種期	葉 面 散 布 時 期				遮 光 期 間	調査日
		1回目	2回目	3回目	4回目		
D圃場	6/21	7/11	7/16	7/20	-	6/29~7/26	7/26
	7/3	7/23	7/30	8/2	8/4	8/2~8/5	8/6
E圃場	6/18	7/9	7/13	7/18	-	6/27~7/23	7/23
	7/10	8/4	8/7	8/10	-	7/26~8/8, 12~13	8/13

15日前まで頭上灌水を行い、収穫15日前から引き続き頭上灌水を行う処理、および葉に直接水を掛けない自然落下方式の点滴灌水処理を設けた。頭上灌水試験は札幌市農業センターのコンクリート枠（1.8m×1.4m）を用いて2作期（6/5、8/3播種）を行い、灌水停止時期を収穫15、10、7、5、1日前の5処理を設けた。点滴灌水試験はD圃場（1区：4.8m×6m）で1作期（7/10播種）を行い、灌水停止時期を収穫15、10、7、3、1日前の5処理を設けた。施肥量は頭上灌水試験でN15kg/10a、 P_2O_5 15kg/10a、 K_2O 15kg/10a、点滴灌水試験でN8kg/10a、 P_2O_5 5kg/10a、 K_2O 7kg/10aをそれぞれ硫酸アンモニア、過磷酸石灰・熔成磷肥、硫酸加里で施用した。なお、収穫前15日間の1回当たり灌水量は、頭上灌水試験で5mm程度、点滴灌水試験で10mm程度とし、それぞれの灌水停止時期まではほぼ毎日灌水した。土壌水分は作土10cm深についてテンシオメーターにより測定した。これら処理区について、収穫時の心枯れ症発生率を調査した。また、収穫後選別調製したシュンギクをFGフィルムで包装して段ボール箱に20袋詰めたものを、室内（以下、常温貯蔵と称す）および5～7℃の通風予冷庫（以下、低温貯蔵と称す）で5日間貯蔵試験を行った。貯蔵後の鮮度はしおれ、黄化、腐敗について5段階評価法により調査した。更に、点滴灌水処理試験では心葉部におけるりん酸、石灰含有率を調べた。

試験結果

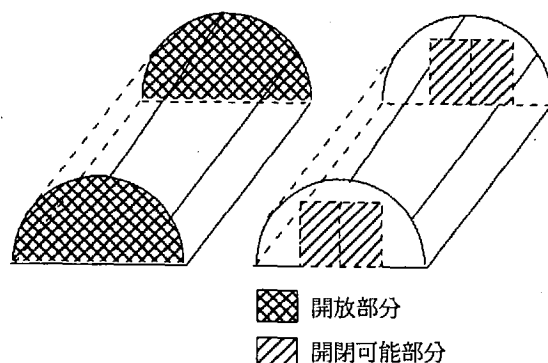
1. 心枯れ症の発生実態と発生要因の解析

(1) 心枯れ症の発生実態

現地圃場の心枯れ症発生の有無と雨よけハウスの形態を調査した結果、A圃場を除く全ての圃場で心枯れ症が発生し、発生箇所は圃場全体に散在していた。A圃場は、常時妻面を全面開放している雨よけハウス（以下、妻面開放型ハウスと略称）を用いており、過去にも心枯れ症は発生していない。一方、A圃場以外の発生圃場は過去にも心枯れ症が発生しており、妻面の一部（戸口部分、約3.2㎡）が開閉可能な雨よけハウス（以下、妻面開放可能型ハウスと略称）を用い、通常肩、裾上げ換気を行っていた（図1）。

現地実態圃場における調査前15日間の平均気温は、調査日1週間前から徐々に上がってきており、最高気温も25℃以上で推移し、30℃を越えた日もあった（図2）。また、発生圃場は調査の数日前にハウスを一時的に密閉していた。

未発生圃場(A)は作土層が22cmと比較的深かったが、



雨よけハウスの形態

心枯れ症発生の有無

図1 雨よけハウスの形態と心枯れ症発生の有無

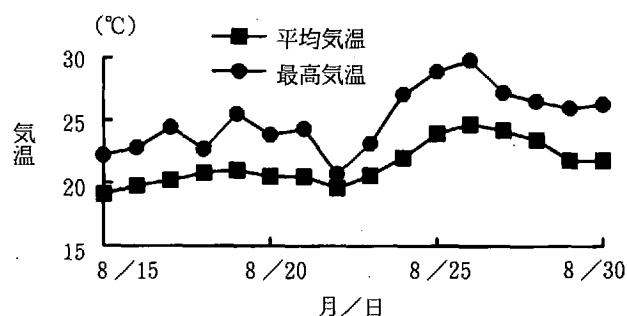


図2 心枯れ症発生時期の平均気温および最高気温

発生圃場（B、C、D、E、F）は12～22cmとバラつきがあり、また、心土の密度は発生圃場が未発生圃場より全般にやや高い傾向にあった（表3）。pHは4.9～5.9であり、一部の発生圃場でやや低かった。ECは未発生圃場で0.16mS/cmとやや低く、発生圃場はF圃場で3.83mS/cmとかなり高いが、それ以外の圃場では0.29～0.75と概ね適正であった。無機態窒素含量は未発生圃場が2.4mg/100gであるのに対し、発生圃場は3.1～9.4mg/100gとやや高かった。CECはA、E圃場で48、45me/100gと高かったが、それ以外の圃場では24～33me/100gであった。各圃場とも可給態りん酸含量は92～236mg/100gと高い傾向にあり、発生、未発生圃場間の差は明らかでなかった。また、塩基飽和度は72～144%および石灰飽和度は54～98%と各圃場とも高い傾向にあった。苦土飽和度は5～27%とバラつきがあり、加里飽和度はF圃場で21%と高いが、概ね7%前後であった。

シュンギクの乾物重は、発生株の方が正常株より高い傾向がみられた（図3）。各部位の養分含有率をみると、りん酸含有率は心葉>中葉>外葉の順に高い傾向にあり、石灰含有率は逆に外葉>中葉>心葉の順に高い傾向

表3 心枯れ症発生の有無と土壌の理化学性

圃場	心枯れ症 発生の有無	作土層 の深さ (cm)	土性*	心土の ち密度 (mm)	含水率 (%)	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	C/N	CEC (me/100g)	無機態窒素 (mg/100g)	Trough -P ₂ O ₅ (mg/100g)	交換性 (mg/100g)			塩基 飽和度 (%)	石灰 飽和度 (%)	苦土 飽和度 (%)	加里 飽和度 (%)
												CaO	MgO	K ₂ O				
A	無	22	CL	19	39	5.4	0.16	7	48	2.4	227	802	50	158	72	60	5	7
B	有	14	CL	24	29	5.3	0.75	13	33	9.4	97	719	62	131	95	78	9	8
C	有	12	CL	25	20	4.9	0.29	10	24	8.4	92	368	50	74	72	55	10	7
D	有	20	CL	23	22	5.9	0.32	9	24	3.1	236	526	88	68	102	78	18	6
E	有	22	L	19	53	5.4	0.70	15	45	6.3	150	680	249	136	88	54	27	7
F	有	17	L	22	31	5.1	3.83	12	33	5.2	162	908	169	319	144	98	25	21

*日本農学会法

にあった。部位別に正常株と発生株のりん酸および石灰含有率を比較すると、発生株の心葉部は正常株に比べりん酸含有率が高く、石灰含有率、Ca/P比が低い傾向にあった。その他の部位では明瞭な差が認められなかった。

(2) リン酸施用量の影響

跡地土壌の可給態りん酸含量はりん酸施用量に応じて高くなった(表4)。また、りん酸肥料に過磷酸石灰および熔成磷肥を用いたため、りん酸施用量に応じて交換性の石灰含量と苦土含量も高くなった。

心枯れ症発生程度はりん酸施用量の増加に応じて発生

する時期が早まり、+2P区で播種後40日目、+P区で播種後47日目に発生した(表5)。また、収穫時にはりん酸施用量の増加に応じて発生度合も高まり、その症状も激しくなった。心葉部の養分含有率をみると、りん酸含有率はりん酸施用量に応じて高くなる傾向にあるが、石灰、苦土および加里含有率は処理間差がみられなかった。Ca/P比はりん酸施用量に応じて低くなる傾向にあった。

(3) リン酸、石灰溶出量に及ぼす土壌水分の影響

土壌水分の違いによる水溶性りん酸および石灰の挙動をみるために、土壌水分別に水溶性りん酸、石灰の溶出

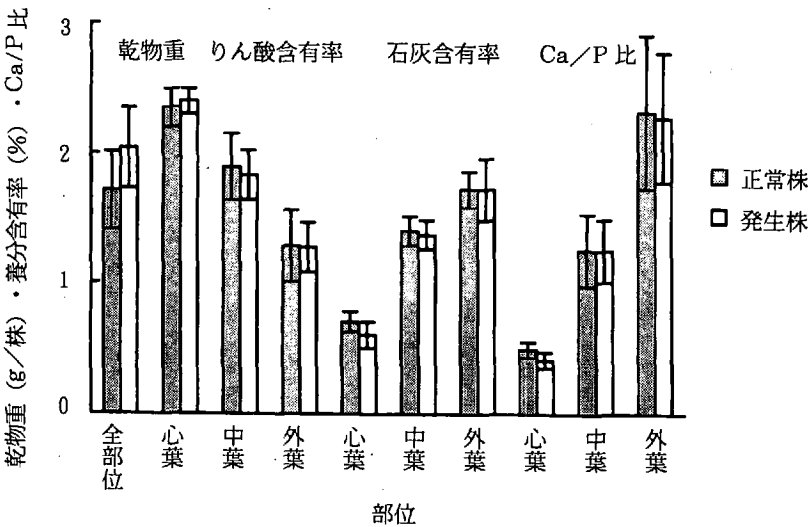


図3 シュンギクの乾物重と各部位のりん酸・石灰含有率およびCa/P比 (n=5)

表4 リン酸用量試験の跡地土壌の化学性

処理区	pH (H ₂ O)	EC (mS/cm)	CEC (me/100g)	無機態窒素 (mg/100g)	Trough -P ₂ O ₅ (mg/100g)	交換性 (mg/100g)			塩基 飽和度 (%)	石灰 飽和度 (%)	苦土 飽和度 (%)	加里 飽和度 (%)
						CaO	MgO	K ₂ O				
対照区	4.6	1.30	25	26.9	70	380	74	112	78	54	15	9
+P区	4.7	1.90	25	18.0	100	533	91	97	102	76	18	8
+2P区	4.8	2.00	25	20.6	146	614	104	105	117	88	20	9

表5 りん酸用量試験のシュンギクの乾物量および心葉部の養分含有率

処理区	心枯れ症 発生時期*	症状	乾物量 (g/株)	P ₂ O ₅ (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Ca/P
対照区	—	無	1.39	1.49	0.76	0.48	4.9	0.84
+P区	47日目	軽症	1.89	1.65	0.77	0.54	4.8	0.76
+2P区	40日目	重症	1.66	1.84	0.77	0.54	4.9	0.69

*播種後日数

量を調べ、その結果を図4に示した。

水溶性りん酸の溶出量は土壌水分に関係なくほぼ一定であった。一方、水溶性石灰の溶出量は土壌水分が増加し、最大容水量の70%前後になるまではほぼ直線的に増加した ($y = 7.33 \times 10^{-2}x + 6.77$, $r = 0.970^{***}$) が、それ以上では急激に低下した。

2. 心枯れ症軽減対策

(1) 石灰の葉面散布効果および遮光の影響

無遮光・無散布区（以下、対照区と称す）の心枯れ症発生程度は平均59%で、圃場別、作期別に変動（±33%）

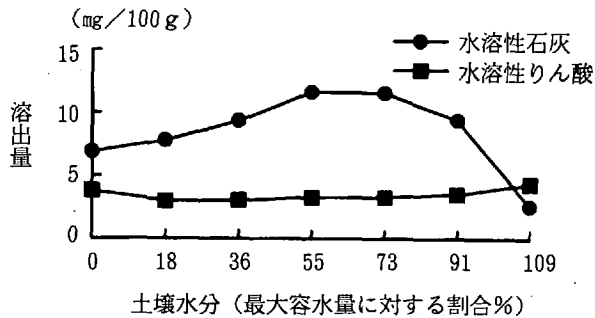


図4 水溶性りん酸、石灰溶出量と土壌水分の関係

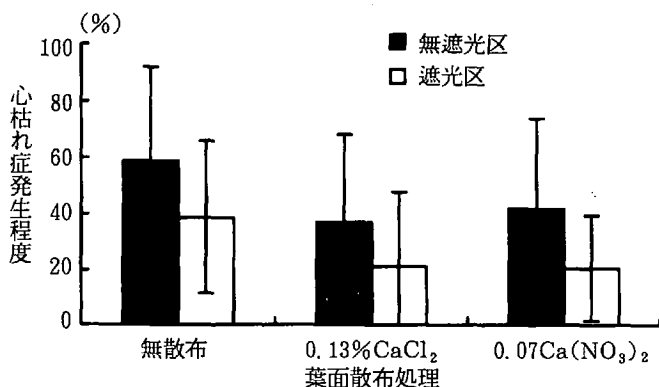


図5 葉面散布および遮光処理が心枯れ症に及ぼす影響 (n=4)

注) 発生程度調査方法 指数 0: 健全
1: 心葉が黄化
2: 1・2葉が黒化
3: 3葉以上が黒化

$$\text{発生程度} = \frac{\text{指数の合計}}{(\text{最大指数} \times \text{調査株数})} \times 100 (\%)$$

が大きかった（図5）。葉面散布処理区の心枯れ症発生程度は平均37~42%で、圃場別、作期別に変動はあるが、発生が多い時で対照区より12~42%低く、発生が少ない時で45~61%と低かった。散布資材の種類による差はみられなかった。

遮光区は無遮光区に比べ発生程度が少なく、無散布区では対照区より平均34%低かった。しかし、遮光区の生育は軟弱徒長気味となり、一株重が軽くなり収量が低下する傾向にあった。

(2) 灌水停止時期および灌水法の影響

収穫前15日間の平均気温が20℃の時（以下、高温期と称す）に栽培された頭上灌水1作目（6/5播種、7/26収穫）区および点滴灌水（7/10播種、8/13収穫）区は心枯れ症の発生が認められ、その発生率は灌水停止時期が早いほど高くなる傾向にあった（表6）。頭上灌水1作目区は、灌水停止時期が遅いほど下葉の腐敗が多くなる傾向があった。しかし、収穫前15日間の平均気温が15℃と比較的低温時（以下、平温期と称す）に栽培された頭上灌水2作目（8/3播種、9/29収穫）区は心枯れ症の発生および下葉の腐敗が認められなかった。

高温期に栽培された頭上灌水1作目区は収穫15日前の土壌水分がpF2.5~2.8で、収穫7日前から灌水停止時期の早い順にpF値が緩やかに上昇し、1日前区を除いた区で収穫5日前からpF2.7以上で推移していた（図6）。一方、点滴灌水区は収穫15日前の土壌水分がpF2.1前後で推移し、灌水停止後のpFの上昇が大きく、灌水停止10、15日前区では収穫3日前で測定不可能になった。平温期に栽培された頭上灌水2作目区は収穫15日前の土壌水分がpF2.3前後で、灌水停止期が早い順にpF値が緩やかに上昇するが、収穫直前でも概ねpF2.7以下で推移していた。

点滴灌水区の心葉部の養分含有率を比較すると、灌水停止時期が遅い区ほど収穫時のりん酸、石灰含有率はともに高くなっていた（表7）。しかし、症状別に比較すると、発生株は正常株に比べりん酸が高く、石灰が低い傾向にあり、Ca/P比はいずれも発生株で低かった。

一方、灌水処理を行ったシュンギクを5日前貯蔵した

表 6 灌水停止時期および灌水法の差異による心枯れ症の発生程度

収穫前15日間の 平均気温 (°C)	処 理 区		心枯れ率 (%)	下葉の腐敗 (%)
	灌水法	灌水停止時期		
20±1.6	頭上灌水 1作目 (7/26収穫)	収穫15日前	16	0
		10日前	19	2
		7日前	17	7
		5日前	12	14
		1日前	4	11
20±1.7	点滴灌水 (8/17収穫)	収穫15日前	46	0
		10日前	42	0
		7日前	26	0
		3日前	14	0
		1日前	10	0
15±2.7	頭上灌水 2作目 (9/29収穫)	収穫15日前	0	0
		10日前	0	0
		7日前	0	0
		5日前	0	0
		1日前	0	0

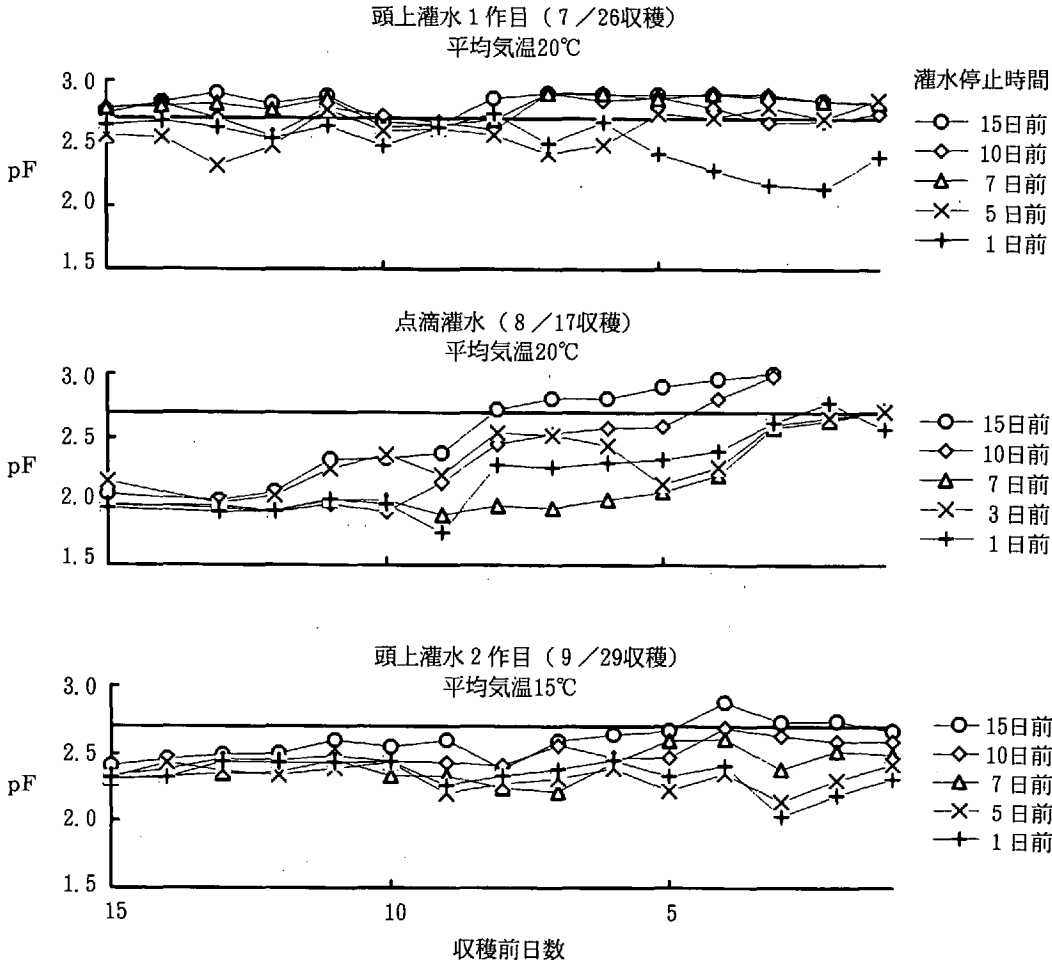


図 6 収穫前15日間の土壌水分 (深さ10cm) の推移

結果、常温貯蔵条件下では全般的に鮮度の低下がみられ、灌水停止時期による差は判然としなかった（図7）。しかし、同一灌水法で栽培時期別にみると、高温期に栽培された頭上灌水1作目区は、平温期に栽培された2作目に比べ腐敗、黄化の鮮度低下が大きかった。また、灌水法別にみると、点滴灌水区は収穫前15日間の平均気温がほぼ同一な頭上灌水1作目に比べしおれ、黄化が少なく鮮度がやや良かった。

低温貯蔵条件下では常温貯蔵に比べ鮮度が良く、全般

的に灌水停止時期が遅いほどしおれが少なく鮮度保持が良かった。しかし、高温期に栽培された頭上灌水1作目区は灌水停止時期が遅いと腐敗が認められた。

考 察

1. シュンギクの心枯れ症の発生要因

本道のシュンギク栽培法を神戸市²⁾と比較すると、道内産シュンギクは東京、大阪市場を中心に入荷量が低下する夏場に道外へ移出されている。しかし、移出された

表7 点滴灌水法における灌水停止時期が収穫時*の心葉部のりん酸および石灰含有率に及ぼす影響

処理区	P ₂ O ₅ (%)		CaO (%)		Ca/P	
	正常株	発生株	正常株	発生株	正常株	発生株
収穫15日前	2.53	2.62	0.50	0.48	0.32	0.30
10日前	2.67	2.81	0.55	0.47	0.34	0.27
7日前	2.73	3.13	0.49	0.49	0.29	0.26
3日前	3.21	3.69	0.60	0.62	0.31	0.28
1日前	3.45	3.43	0.77	0.65	0.37	0.31

*各処理区とも8月17日に収穫した。

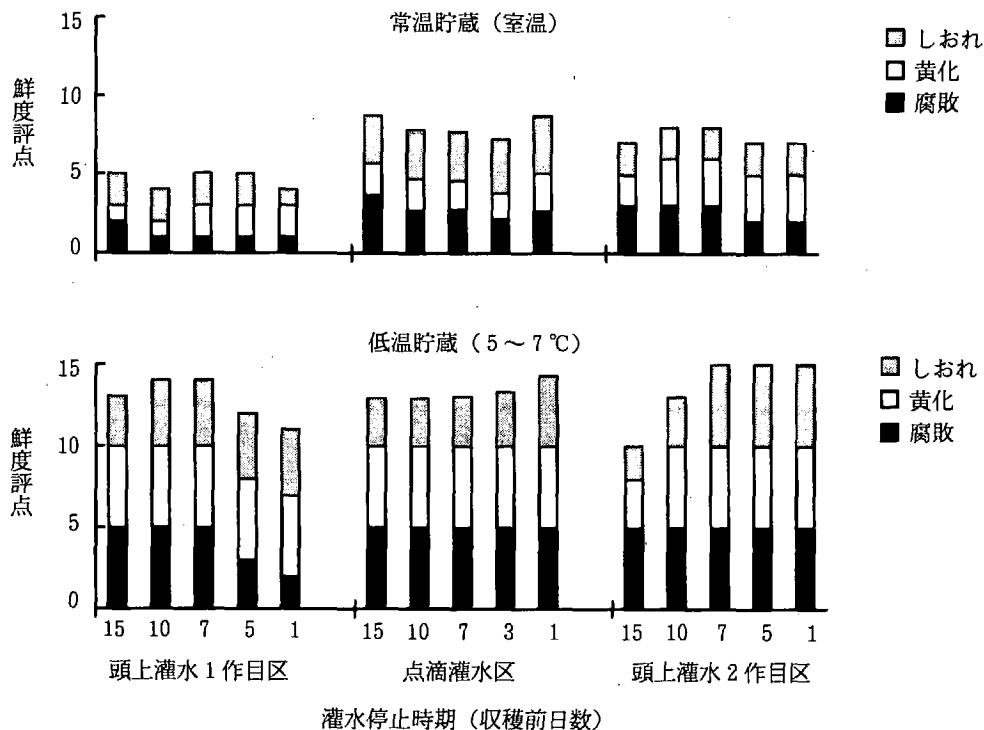


図7 灌水停止時期の差異と貯蔵（5日間）後の鮮度

- 注) 鮮度評点
- 5 : 収穫当初の鮮度と変わらない
 - 4 : 僅かに鮮度低下が見られるが、市場性あり
 - 3 : 鮮度低下が見られるが、市場性あり
 - 2 : 明らかに鮮度低下が見られ、市場性なし
 - 1 : 著しい鮮度低下

シュンギクは、大阪市場を例にとると、収穫されてから2日後の朝に競りに掛けられるため、遠隔産地である本道では出荷後の鮮度低下、特に外葉の腐敗が問題になっている。また、夏から初秋にかけての露地栽培はタンソ病が激発する⁸⁾。そのため、本道では雨よけハウスを用いて、収穫2週間前から灌水を抑制した栽培法が一般的に行われており、露地栽培はほとんど行われていない。しかし、雨よけハウスで栽培されたシュンギクは7~8月の夏期高温期に広範囲にわたって心枯れ症の発生が認められている。一方、大阪の近郊産地である神戸市内では7~10月の雨よけ栽培で心枯れ症の発生が特に多く、8~9月の露地栽培でも発生が多く、春期のハウス栽培でも発生することがあると報告²⁾されている。

北海道のシュンギク栽培には2つのハウス形態があるが、本試験結果から、心枯れ症発生の有無は雨よけハウスの形態と密接な関係にあることが認められた。すなわち、夏期高温期に、妻面開放型雨よけハウスで栽培を行っていたA圃場では心枯れ症の発生が認められなかったが、妻面開閉可能型雨よけハウスで栽培を行っていた5圃場で全て発生していた。妻面開閉可能型ハウスは通常肩、裾上げ換気をしているが、風通しが悪いために高温時の温度調節が難しく、密閉するとハウス内の温度が急激に上昇しやすい環境にある⁹⁾。一方、妻面開放型ハウスは風通しが良く、高温時の温度調節が比較的やりやすい。ただ、ハウス内での温度を測定していないので、心枯れ症とハウス内温度との関係は明確ではないが、本試験結果から、高温期に妻面開閉可能型ハウスで栽培されたシュンギクは心枯れ症が発生しているのに対し、平温期では全く発生していない。また、シュンギクは生育適温が15~20℃で、27~28℃を越すと生育は著しく阻害され、良品を生産するには夏期に25℃以上にならないように管理することが必要とされている⁸⁾。したがって、比較的冷涼な北海道においても、夏期高温期に雨よけハウスを用いて高温条件で栽培することは心枯れ症の発生を引き起こす原因になっていることが予測された。

更に、高温時には当然ながら土壌が乾燥しやすく、高温期の土壌pFは平温期のそれよりも高い傾向にあった。また、高温期の点滴灌水区のように、収穫15日前の土壌pFが低くても灌水停止によって急激に高くなっており、この場合も心枯れ症発生率が高まった。ハクサイの心腐れ症に於いても節水栽培した区よりも、節水栽培から多灌水栽培、あるいは多灌水栽培から節水栽培へと変動させた区ほど発生率が高い例がみられている¹⁰⁾。このように、シュンギクの心枯れ症発生には生育後期の高温と更に土壌乾燥が大きく影響していることが推察さ

れた。

本試験で確認されたシュンギクの心枯れ症状は心葉部の先端部が褐変し、心止まり症状を呈している(写真1)。これは石灰欠乏症¹⁰⁾に類似しており、二見ら²⁾の報告と同様な症状であった。そしてシュンギクの心枯れ症の発生要因は、高温、りん酸多量吸収条件下で、石灰の吸収、移行が阻害されて誘発される現象であろうと推定されている。

シュンギクの有効態りん酸適正領域および塩基の上限飽和度は、露地栽培で可給態りん酸($\text{Troug-P}_2\text{O}_5$) 100~200mg/100g、石灰飽和度90~100%、苦土飽和度20%前後、加里飽和度10~15%、塩基飽和度120~130%と言われている^{6, 11)}。本試験に於ける現地圃場は年3~5作のホウレンソウ、シュンギクの連輪作が行われており、府県の軟弱野菜産地⁴⁾と同様に土壌養分の蓄積が起きている土壌とみられていたが、調査した結果では前述のシュンギクの有効態りん酸適正領域および塩基の上限飽和度からみて、概ね適正であった。しかし、現実にはこれらの土壌でも心枯れ症の発生が認められた。

一般に石灰欠乏症は、土壌中の有効態石灰含量の不足よりもむしろ、乾燥や過剰施肥に伴い土壌塩類(特に、アンモニア、加里)濃度が高まることによって、根からの石灰の吸収が低下することにより引き起こされると言われている^{5, 9)}。このような要因で発生する石灰欠乏症として、果菜ではトマト、ピーマンの果実の尻腐れ症^{4, 10, 13, 15, 18)}、茎葉菜では、セルリーの心葉部が萎縮黒化する心腐れ症^{10, 18)}、ハクサイ、キャベツの内葉の葉縁が黒変している心腐れ症^{4, 12, 13, 15, 18, 18)}およびハクサイの葉縁部が萎縮枯死する縁腐れ症^{4, 15, 16, 18)}などが知られている。

シュンギクは高石灰耐性が強い作物とされており⁹⁾、鈴木ら⁸⁾は水耕栽培でシュンギクのみかけの吸収濃度を調べた結果、窒素、りん酸、石灰の吸収濃度が比較的高いと報告している。更に、シュンギクは正常な株も、収穫しないで圃場に残留して置くと心枯れ症が発現することから、収穫後期にはかなりシュンギクの生長が速く、それに石灰の吸収が追いつかないと考えられている²⁾。したがって、シュンギクはトマト、キャベツ¹⁴⁾と同様に石灰要求量が多い作物と考えられ、石灰欠乏が起こり易いと言える。

一方、りん酸の多量吸収がシュンギクの心枯れ症発生に関係するとの報告²⁾があるが、一般にりん酸過剰が直接の原因と判断できる野菜の生育障害は現場ではほとんどみられていない^{13, 15)}。ただ、りん酸過剰施用により生ずる亜鉛欠乏、鉄欠乏、加里欠乏などの二次的要素

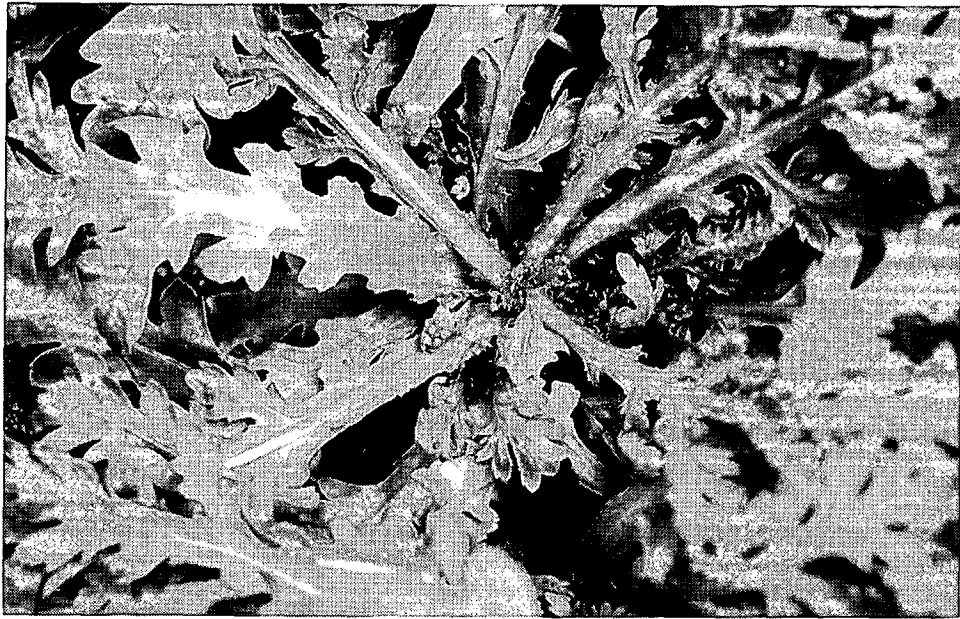


写真1 シュンギクの心枯れ症

欠乏症状はキュウリ、メロン、ナス、トマト、キャベツなどで報告¹⁵⁾されている。また、北海道に於いてキュウリの葉枯れ症が報告⁹⁾されており、その発生要因は低温多湿条件下に於ける、りん酸過剰に起因する石灰、加里、苦土のアンバランスによるもので、多量灌水が1つの要因と推定されている。

本試験の土壌分析結果から、作物に比較的吸収されやすいと考えられる土壌中の水溶性石灰は土壌水分の低下に伴い減少するが、水溶性りん酸は土壌水分に関係なくほぼ一定に存在することを認めた。前述したように、シュンギクの心枯れ症は高温、土壌乾燥条件下で発生しており、このような環境条件下では、土壌中の交換性石灰含量が高くても、作物に吸収され易い水溶性石灰は溶出され難くなっていることが考えられる。また、りん酸は根の全域から吸収されるのに対して、石灰の吸収は主として根の先端部に限られる⁹⁾ことから、このような環境条件下ではより石灰の吸収が阻害されることが考えられる。

更に、根から吸収された石灰は xylem 中を蒸散流に乗って地上部各部位に運ばれるが、phloem による移行性がないため、成葉（下位葉、外葉）に多量に存在しても、若い葉（先端葉）に再配分され難い⁹⁾とされている。本試験に於いてもシュンギクの部位別りん酸含有率は心葉＞中葉＞外葉の順に高い傾向にあり、逆に石灰含有率は外葉＞中葉＞心葉の順に高い傾向にあった。このような傾向はハクサイでも認められており、古山、川原¹⁾は体内の養分含有率は外葉から中心葉に向かって、加里、石灰、苦土では低下し、窒素、りん酸では逆に上昇し、特に石灰の低下の勾配が最も大きいと報告してい

る。

清水¹⁰⁾はこれらの養分の吸収、体内移行に対して環境条件が大きく影響すると報告している。すなわち、吸収された石灰は気温が上昇し、作物の蒸散作用が激しくなると、水とともに蒸散の激しい外葉へ移動し、先端葉（心葉部）には石灰が十分移行しない。シュンギクの心枯れ症も高温時に発生しており、シュンギクの心枯れ症発生株の心葉部は正常株の同部位に比べ、りん酸含有率が高く、石灰含有率が低く、Ca/P 比が明らかに低かった。また、収穫時のシュンギクのりん酸、石灰含有率は、生育後期の土壌水分含量が高い順にともに高くなるが、りん酸含有率に比べて石灰含有率は発生株の方が正常株よりも高まる度合いが低かった。これらのことから、高温、土壌乾燥条件下で、りん酸は比較的心葉部まで吸収、移行され易いが、石灰は吸収、移行され難いことか伺われる。したがって、気温が上昇し、土壌が乾燥してくると、土壌中の交換性石灰含量が高くても、作物に吸収されやすい水溶性石灰は溶出され難くなるため根からの吸収が阻害され、吸収された石灰も先端葉に移行され難くなり、心葉部（先端葉）に行くほど石灰含量とりん酸含量のバランスが崩れて、石灰欠乏症状が引き起こされると推定される。

更に、シュンギクの発生株は正常株よりも乾物重が高い傾向にあり、心枯れ症発生株は同一圃場内で散在していたこと、栽植密度を高めると、心枯れ症発生率が高くなると報告¹⁷⁾されていることなどから、発生株は初期から生育が進んだ株であり、生育後期の灌水抑制による土壌乾燥と急激な高温状態によって、水、石灰などの吸

収に際して競合が起こり、生育が旺盛である分、発生株はよりその影響を受けやすくなることが推察された。

また、りん酸用量試験の結果から、心枯れ症の発生はりん酸施用量の増加に応じて多くなっており、心葉部のりん酸含有率はりん酸施用量の増加に応じて高くなるが、石灰含有率はほぼ同じであるため、 Ca/P 比は低い値となった。また、相馬¹¹⁾はシュンギクのりん酸含有率はりん酸添加量の増加に伴い高まるが、石灰含有率はりん酸添加量の増加に伴い低下すると報告している。これらのことから、土壌中の有効態りん酸含量が高い条件ではシュンギクの心葉部のりん酸含有率を高めるため、心枯れ症を発生させる危険性が大きいことが伺われる。

なお、心枯れ症発生に及ぼす土壌窒素の影響をみると、現地圃場の収穫時の土壌無機態窒素含量は未発生圃場で低く、発生圃場で $3.1\sim 9.4\text{mg}/100\text{g}$ とやや高い傾向がみられたが、大部分の圃場では EC が $0.3\sim 0.8$ と概ね適正であり、聞き取りによる窒素施肥量は概ね適正量¹²⁾であった。また、無機態窒素が $27\text{mg}/100\text{g}$ と高いにも関わらず心枯れ症の発生がない例もみられるなど、土壌窒素と心枯れ症発生との間に明確な関係はみられず、窒素がシュンギクの心枯れ症に及ぼす影響は比較的小さいものと推定された。

以上のことから、夏期高温期の雨よけ栽培に於けるシュンギクの心枯れ症発生には次のようなことが考えられた。すなわち、生育後期にハウス内が高温になり、灌水抑制による土壌の乾燥化に伴い、土壌中の水分および水溶性石灰含量が減少する。そして、株間で水分、石灰の競合が起こり、水分、石灰の要求量が多い生育ステージの進んだ株で、よりその影響を受けやすくなる。また、水分、石灰が吸収されたとしても、移行分配が悪い石灰は高温に伴い蒸散の激しい外葉部（下位葉）へ移行し、蒸散の少ない心葉部（先端葉）へ分配され難くなる。しかし、水溶性りん酸含量は土壌の乾燥化に関係なくほぼ一定してあり、りん酸は石灰と違い根の全域で吸収され、作物体内での移行分配が良く、若い葉（心葉部）へ移行分配され易い。そのため、心葉部でりん酸含有率が高く、石灰含有率が低くなり、りん酸、石灰のバランスが崩れるために、石灰欠乏が誘発され、心枯れ症が発生すると推定された。

ただ、 Ca/P 比は同一圃場内の正常株と発生株におけるりん酸と石灰のバランス関係を示すもので、生育ステージによってその値が変わるため、 Ca/P 比の値そのものは心枯れ症発生の指標になり得なかった。

2. 心枯れ症軽減対策

シュンギクの心枯れ症軽減対策として、葉面散布試験と遮光試験を行った。その結果、遮光処理および石灰資材の葉面散布処理とも心枯れ症を若干軽減し、これら2処理を組合わせることで軽減効果はやや大きくなった。しかし、遮光処理区では生育が軟弱徒長気味になり、収量が低下する傾向にあり、あまり好ましい方法とはいえない。山村¹⁵⁾は、遮光率が高い資材ほど最高気温が低くなり、心枯れ症の発生も低くなるが、一本重が低くなると報告している。また、石灰資材の葉面散布は心枯れ症の応急対策としてはある程度の軽減効果が認められるが、土壌養分が過剰な状態では葉面散布効果は低いという報告¹⁷⁾があるように、それだけでは心枯れ症発生軽減対策として十分ではない。

前述したように、北海道に於けるシュンギク生産は本州移出を中心としているため、出荷後の鮮度保持が重要である。そのため、頭上灌水法と葉に直接水を掛けない点滴灌水法を用いて収穫直前まで灌水処理を行い、灌水処理が心枯れ症の発生と鮮度に及ぼす影響について検討した。

一般に、野菜の最適土壌水分は $\text{pF}1.5\sim 2.3$ といわれており、 $\text{pF}2.3$ を灌水点としている作物が多い¹⁹⁾。また、 $\text{pF}2.7\sim 3.0$ は作物が正常に生育できる最低水分いわゆる生長阻害水分点に相当し⁹⁾、主として根の先端部から水と共に吸収される石灰⁹⁾にとって吸収阻害点になると考えられる。

シュンギクの場合、本地区では生育前半の灌水点を $\text{pF}2.3$ とし、1回当たり $5\sim 10\text{mm}$ 程度の灌水を行っているが、生育後半は収穫 $10\sim 15$ 日前から灌水を抑制している。しかし、本試験結果から、夏期高温期の雨よけハウス栽培に於いて、収穫直前まで灌水することは土壌の乾燥を抑え、作物体への石灰の吸収、移行を促進し、心枯れ症発生を軽減する上で有効であった。そして、その場合の灌水点は $\text{pF}2.7$ が一応の目安になると考えられる。

しかし、高温期に栽培された頭上灌水区では収穫直前までの灌水により下葉の腐敗を招く傾向にある。この下葉の腐敗は軟腐病の一種で、下葉周辺が高温多湿状態になり、更に土砂のはね返りにより発病が多くなる⁷⁾とされている。そのため、下葉への土砂のはね返りのない点滴灌水法等を工夫することによって、下葉の腐敗を回避することができた。

更に、夏期高温期のシュンギク栽培では、全般的に鮮度低下がみられる常温貯蔵条件下でも点滴灌水法は頭上灌水法に比べ鮮度低下が少ない傾向にある。また、低温貯蔵条件下では鮮度保持を高める灌水抑制の効果は余り認められず、逆に収穫直前までの灌水はしおれが少なく

鮮度評価も高い傾向を示した。

以上、シュンギクの心枯れ症発生とその対策について考察したが、夏期高温期の適切なシュンギクの栽培管理法をまとめると、まず、シュンギクの露地栽培に於ける土壤の有効態りん酸適正領域は100～200mg/100gとされている⁹⁾が、りん酸用量試験の結果から、可給態りん酸が100mg/100g以上で心枯れ症の発生が認められ、りん酸施用量の増加に伴い症状も激しくなっている。これらの結果とりん酸多量施肥が心枯れ症発生要因の1つに挙げられていることを併せ考えると、心枯れ症を発生させないためには、土壤のりん酸肥沃度を100mg/100g以下に保つことが必要であろう。また、心枯れ症は妻面開放型雨よけハウスで発生していなかったが、妻面開放可能型雨よけハウスで発生が認められたことから、高温時に風通しを良くし、ハウス内が高温になり過ぎないように管理する必要がある。

したがって、シュンギクの心枯れ症軽減対策としては、土壤のりん酸肥沃度を100mg/100g以下に保つこと、ハウス内の温度管理に注意し、生育後期の土壤水分をpF 2.7以下に保つこと、すなわち夏期高温期には収穫直前まで灌水すること、土壤pFを急激に上昇下降させないことが必要である。更に、生育後期の灌水方法としては、葉に直接水を掛けない灌水法（本試験では点滴灌水）が鮮度保持の面からも有効であると考えられた。

謝 辞

本稿をとりまとめるにあたり、北海道立中央農業試験場農産化学部古山芳廣部長、環境化学部沢口正利部長および企画情報室相馬 暁室長には懇切なご指導、ご校閲をいただきました。ここに記して、謝意を表します。

引用文献

- 1) 古山芳広, 川原祥司. “促成ハクサイの養分吸収特性と石灰欠乏について”. 北海道園芸研究談話会報, 15, 100-101(1982).
- 2) 二見敬三, 吉倉惇一郎, 桑名健夫, 青山喜典. “シュンギクの心枯れ症の発生要因と対策”. 日土肥誌, 57, 411-413(1986).
- 3) 北海道立中央農業試験場環境化学部土壌資源科. “キュウリ「黒さんご」の生育異常葉発生実態解析とその対策”. 平成5年度北海道農業試験場会議資料, 1993.
- 4) 飯塚隆治. “野菜の生育障害(1)”. 化学と生物, 29, 679-688(1985).
- 5) 飯塚隆治. “野菜の生育障害(2)”. 化学と生物, 29, 746-753(1985).
- 6) 日本土壤肥料学会北海道支部編. “北海道農業と土壌肥料1987”. 北農会, p. 132-145, 171-178, 278-296.
- 7) 長井雄治. “レタス, 軟腐病”. 新版原色野菜の病害虫診断. 農文協, 1991. p. 119-120.
- 8) 鈴木芳夫, 岩見直明. “シュンギク, 基礎編” 農業技術体系, 野菜編. 農文協, 1994. p. 3-16, 21-44.
- 9) 堀 裕. “Ca 欠乏症について”, 葉・根菜類における生理障害の現状と対策. 野菜試験場, 1986. p. 11-15 (昭和61年度 課題検討会資料)
- 10) 清水 武. “原色要素障害診断事典”. 農文協, 1990. p. 62, 190.
- 11) 相馬 暁. “北海道における野菜畑土壌の現状と各種野菜の特性に対応した肥培管理法”. 北海道立農試報告, 56, 38-73(1986).
- 12) 相馬 暁. “寒地ハウス栽培の土壌管理指標”. 日土肥誌, 59, 320-324(1988).
- 13) 高橋英一, 吉野 実, 前田正男. “原色作物の要素欠乏・過剰症”. 農文協, 1980. p. 15-21, 108-119.
- 14) 田中 明, 但野利秋. “塩基適応性の作物間差, 第2報 カルシウム欠乏症発現限界培地濃度の種間差を生ぜしめる作物の属性”. 日土肥誌, 44, 372-376(1973).
- 15) 渡辺和彦監修. “野菜の要素欠乏と過剰症”. タキイ種苗(株), 1983. p. 9-10, 15-18, 57-62, 69-74.
- 16) 渡辺和彦. “生育障害に対する対応の現状と問題点”. 日土肥誌要旨集, 34, 205-206(1988).
- 17) 山村真弓. “シュンギク夏まき雨よけ栽培の生産安定技術”. 施設園芸, 34(5), 52-55(1992).
- 18) 山崎 傳. “微量要素と多量要素”. 博友社, 1966. p. 160-167.
- 19) 八鍬利郎. “北海道の野菜栽培技術(基礎編・上)”. 農業技術普及協会, 1982. p. 136-145.

Causes of Appearance and Countermeasure for prevention of Dead Heart of Garland Chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L)

Masayuki ONODERA*, Masanobu NISIKAWA**
Kimiko TAKAKURI***, Kenichi KAMADA*

Summary

An examination was made on the cause of appearance of dead heart of garland chrysanthemum in a house culture. The following results were proved : The rate of available phosphorus was high (above $\text{Truog-P}_2\text{O}_5 100\text{mg}/100\text{g}$) in garland chrysanthemum cultivated soil. Calcium absorption of garland chrysanthemum was obstructed under high temperature conditions in house and soil drying in the latter terms of growth. Thereby, the rate of calcium content to phosphorus content at the growing point of dead heart in garland chrysanthemum was unbalanced in comparison with the normal growing point of garland chrysanthemum. Consequently, this symptom appeared due to calcium deficiency at the growing point of garland chrysanthemum.

The countermeasures for preventing dead heart of garland chrysanthemum were as follows : The rate of available phosphorus is reduced to below $\text{Truog-P}_2\text{O}_5 100\text{mg}/100\text{g}$ in garland chrysanthemum cultivated soil. The temperature of the house is not raised. Soil moisture is kept below $\text{pF}2.7$ in the latter term of growth, and isn't increased or decreased rapidly. The leaves must not be watered directly. These countermeasures were useful in preventing dead heart of garland chrysanthemum and retaining freshness.

* Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13 Japan.

** Ishikari-chubu Agricultural Extension Center, Ebetsu, Hokkaido, 069 Japan.

*** Sapporo City Agricultural Experiment Center, Sapporo, Hokkaido, 061-22 Japan.