

ハウレンソウの土壤病害とその発生に 関する土壤肥料的考察

3. 萎ちよう病の病原菌と発生圃場の 土壤養分実態*

赤司 和隆** 前田 要** 関口 久雄***

札幌市近郊の24圃場について夏作ハウレンソウを対象に萎ちよう病の実態調査を行った結果、17圃場でその発生が認められた。罹病株では地上部の萎ちよう黄化に加え、主根、側根および導管部の褐変が観察された。このような罹病株から分離された *Fusarium* 属菌7菌株についてハウレンソウに対する病原性を検定したところ、いずれの菌株も病原性を有していた。このうち3菌株については形態観察および宿主特異性の検定結果から *Fusarium oxysporum* f.sp. *spinaciae* と同定した。萎ちよう病多発生圃場では概して連作年数が多く、また硝酸態窒素、有効態りん酸の集積並びにカリ過剰による苦土・カリ比の低下が認められた。さらに圃場内の発生地点では正常地点に比べ上記のような土壤化学性の悪変傾向は著しく、加えて土壤の酸性化が認められた。このような土壤条件下では、生育阻害に伴う病害抵抗力の低下によって萎ちよう病の多発生が助長されるものと推察された。

I 緒 言

ハウレンソウの萎ちよう病は *Fusarium oxysporum* f.sp. *spinaciae* によって引き起こされる土壤病害である。その病徴として、地上部の萎ちよう黄化に加え、主根、側根部の先端並びに導管部の褐変が認められることを内記ら^{16,17)}は報告している。このような症状株は、道内でも夏作ハウレンソウの生育中期以降に多発し、ほぼ20%の収量減をもたらすため、現在主な生産阻害要因となっている。また、著者はこのような罹病根から *Fusarium* 属菌が特異的に多く分離される傾向にあることをすでに報告した³⁾。萎ちよう病の発生

は岐阜^{16,17)}、佐賀²²⁾および埼玉²⁰⁾などの各県で確認されているが、道内における詳細な調査は未着手の状況にある。そこで、本報告では札幌市近郊の農家圃場の夏作ハウレンソウで発生の認められた土壤病害のうち、萎ちよう病の病原糸状菌を同定し、さらに多発生圃場(以後、多発圃)の土壤養分実態を明らかにした。

II 調査方法

1984年の7月下旬から9月上旬にかけて、夏作ハウレンソウを対象に、札幌市の有明(16圃場)、篠路(7)、新琴似(1)の3地域計24圃場について萎ちよう病の発生状況並びに発生圃場の土壤養分実態を調査した。露地、雨よけ栽培別の圃場数はそれぞれ15、9筆であった。また、生育中期以降の株を調査対象とした。なお、各地域の土壤条件は既報³⁾で述べた。有明地区の16圃場については病害発生に対する土壤化学性の影響を知る目的から、同一圃場内(200m²)の隣接する発生地点と

1986年7月25日受理

* 本報告の一部は1985年度日本土壤肥料学会および日本植物病理学会北海道部会で発表した。

** 北海道立中央農業試験場, 069-13 夕張郡長沼町

*** 北海道立中央農業試験場稲作部, 069-03 岩見沢市上幌向町

正常地点のそれぞれ10ヶ所から作物体および根群域(深さ:10~15cm)の土壌を採取した。なお、発生状況の調査、根糸状菌の分離および接種試験の各方法は既報³⁾で述べた通りである。ジャガイモ煎汁寒天培地(PDA)上に発現した菌糸の先端をかきとることによって得られた *Fusarium* 菌のうち、一部について単孢子分離を行った。すなわち、ジャガイモ煎汁培地内で2週間振とう培養後、生成した分生胞子の懸濁液1 mlを素寒天培地(径9 cm シャーレ)上に分散させ、顕微鏡下で単孢子分離を行い、得られた菌株を接種試験並びに同定に供した。同定は標準菌株との形態比較および宿主特異性の検定結果に基づいて行った。

なお、形態比較に用いた分生胞子、厚膜胞子は次の方法で生成させた。すなわち、ジャガイモ煎汁培地内で25°C, 1週間培養した菌糸を蒸留水で数回洗浄後、蒸留水20mlの入った径9 cmのシャーレ内に入れ、28°Cで4~5日間貧栄養下で培養した。土壌養分の測定法は次の通りである。

pH; 1:5 (土壌:水), EC (電気伝導度); 1:5 (土壌:水), 硝酸態窒素(NO_3^- -N); フェノール硫酸法, 有効態りん酸; トルオーグ法, 置換性塩基(K_2O , MgO , CaO); ショーレンベルグ法, 塩基置換容量(CEC); ホルモール法。

III 調査結果

1. 萎ちょう病の発生状況

萎ちょう病の発生は *Pythium* spp. による立枯病⁹⁾および *Aphanomyces cochlioides* による根腐病⁹⁾に比べて多く、調査圃場24のうち17圃場(露地:12, 雨よけハウス:5)で認められた。罹病株では内記^{16,17)}の指摘と同様、次のような病徴

が観察された。①地上部の萎ちょう黄化(Plate. 1 巻末参照), ②主根部の先端および導管部が褐変する。しばしば根の罹病部位に土壌粒子が付着し、中に *Fusarium* 菌の白い菌叢が認められる(Plate. 2)。

このように萎ちょう黄化する本症状は生育中期以降に発生する根腐病(俗称:鎌いらず)に酷似するが、根腐病の根部病徴⁹⁾のように全体的に根腐れ症状を呈して、細くなり、地際部から主根が切れることはないので、肉眼である程度の判別は可能である。なお、葉脈間がふ入り状に黄化するマンガク欠乏¹²⁾(俗称:水やけ症)では萎ちょう病に見られるような根の機能低下に起因する萎凋現象はほとんど認められない。

2. 分離 *Fusarium* 菌属の同定

萎ちょう症状株から分離された *Fusarium* 菌のうち単孢子分離後得られた7菌株について病原性の検定を行った結果、Table 1に示すようにいずれの菌株ともホウレンソウに対して病原性を有していた。病徴の発現は接種後間もない子葉期には認められなかったが、接種後3~4週間経過した5~6葉期になって、地上部の萎ちょう黄化(Plate. 3)並びに現地と同様の根部病徴が観察された。さらに、F-98の1菌株について5葉期株に対し接種試験を行った結果、病原性を有することが認められた。すなわち、地上部の病徴に加え、主根部の先端並びに導管部の褐変が観察された(Plate. 4)。次に分離来歴の異なるF-5, 6, 98の3菌株について各種作物に対する病原性を検定した(Table 2)。その結果、3菌株ともホウレンソウに対して強い病原性を示した。また、テンサイ(F-5, 6, 98), フダンソウ(F-5)などのア

Table 1. Pathogenicity of *Fusarium* to spinach at various growing stage (pot test)

Isolate number	Sampling date	Growing stage of host	Wilted (diseased %)	
			Cotyledon*	5-leaf stage**
F-1	9/7 (open field)	Harvesting-time	40.0	—***
2	9/7 (open field)	"	46.7	—
3	9/10 (vinyl house)	"	60.0	—
4	9/10 (vinyl house)	"	53.3	—
5	9/7 (open field)	"	83.3	—
6	9/10 (vinyl house)	"	100.0	—
98	9/14 (open field)	"	90.0	100.0

*No. of plant tested: 60 **No. of plant tested: 20 ***Not done

Table 2. Pathogenicity of *Fusarium* to various plants (pot test)

Test plants (cultivar)	Number of seedlings	Wilted (diseased %)			
		Isolates from spinach			Control*
		F-5	F-6	F-98	
Spinach (Sun light)	60	83.3	100.0	90.0	0
Beet (Monohill)	60	1.7	1.7	5.0	0
Chard (Seiyou shirokuki)	60	1.7	0	0	0
Goosefoot	60	0	0	0	0
Soybean (Tamasudare)	45	0	0	0	0
Pea (30-days kinuzaya)	45	0	0	0	0
Kidney bean (Top crop)	45	0	0	0	0
Melon (Idol)	45	0	0	0	0
Water melon (Kaou mild)	45	0	0	0	0
Egg plant (Kokuryu naganasu)	45	0	0	0	0
Tomato (Kyoryoku kairyo shuukou)	45	0	0	0	0
Cucumber (Hikari-3, P-type)	45	0	0	0	0
Onion (Furanui)	45	0	0	0	0
Raddish (Taiby soubutori)	45	0	0	0	0
Cabbage (City kanran)	45	0	0	0	0

*Non-inoculated soil

カザ科植物に対してもわずかながら病原性を有していた。

これらの3菌株はいずれもジャガイモ煎汁寒天培地 (PDA) 上に小型分生胞子を多数形成したが、大型分生胞子は極めて少かった。3菌株の形態は酷似しており、その特徴は以下に示す通りである。小型分生胞子 (Plate. 5)：楕円形ないし卵形、無色、担子梗上に擬頭状に形成される。小型分生胞子の長径に比べ担子梗の長さは短い。担子梗は無隔膜。大型分生胞子 (Plate. 6)：新月形で無色、隔膜数は1～4で通常3。厚膜胞子 (Plate. 7)：頂生

ないし間生。PDA培地上では50～60日経過すると形成される。

次に上記の各形態を内記および Hungerford の報告した *Fusarium oxysporum* f.sp. *spinaciae* と比較した結果、これらの文献値と3菌株の測定値はほぼ一致した (Table 3)。病徴および病原菌の形態の特徴が既往の報告と一致し、さらにホウレンソウに対して最も強い病原性を有することなどから、供試した F-5, 6, 98の3菌株を *F. oxysporum* f.sp. *spinaciae* と同定した。

Table 3. Morphological observations of *Fusarium* (μm)

Isolate Number	Microconidia	Macroconidia		Chlamydo spores
		1-septum	3-septa	
F-5	3.8-18.5×2.0-5.0 (9.4×3.0) *	11.5-25.0×2.5-5.0 (18.4×3.4)	25.5-50.0×3.3-5.5 (39.4×4.6)	5.3-14.5 (9.4)
6	4.3-16.0×2.3-5.0 (9.1×3.1)	12.5-23.5×2.8-4.3 (18.0×3.4)	25.0-49.3×2.8-5.0 (39.4×4.1)	5.0-14.5 (9.6)
98	4.3-13.5×2.3-5.0 (7.9×2.9)	12.5-24.5×2.5-5.0 (17.6×3.5)	25.8-52.5×3.3-5.3 (37.1×4.2)	7.0-15.0 (10.3)
F-67 ¹⁶⁾	5.0-12.5×2.5-5.0 (8.9×3.4)	10.0-20.0×2.5-5.0 (13.8×3.8)	23.8-42.5×3.8-5.0 (31.0×4.2)	5.0-12.5 (9.0)
<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>spinaciae</i> ⁷⁾	6.0-11.0×3.4-4.8 (8.0×3.2)	14.0-24.0×4.4-5.0 (20.0×4.8)	27.0-43.3×4.8-6.3 (35.0×5.3)	6.0-18.0 (11.0)

* () : Average values

3. 多発圃の土壤養分実態

土壤化学性と萎ちょう病の発病株率の関係を Fig. 1 に示した。発病株率が20%以上の多発圃(5筆)では、NO₃-N含量、有効態りんが集積傾向並びにカリ(K)-の集積に伴う苦土・カリ比(Mg/K, me比)の悪変傾向(2.0以下)が認められた。現行の野菜畑における土壤診断基準値¹⁰⁾を参照する

と、K飽和度10%が上限値となっており、かつMg/K比の適正域は2.0以上である。また、ハウレンソウ畑における有効態りん酸の上限値は130mg/100gである¹⁰⁾。なお、無機態N含量の基準値は未設定であるが、相馬²¹⁾の報告や施肥標準¹¹⁾から推測するとNO₃-Nで概ね20mg/100g前後がハウレンソウの生育期間中の適正值と思われる。

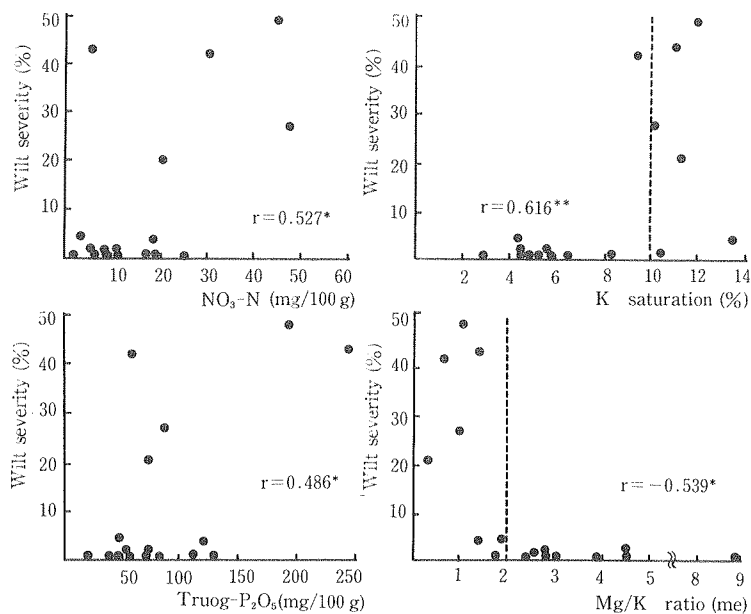


Fig. 1. Correlation between soil chemical characteristics and Fusarium wilt severity
* 5% ** 1%

Table 4. Correlation between continuous cropping years and chemical characteristics of soil (open fields)

Contents	Diseased fields (n=15***)	Diseased fields (Wilt, n=12)
	Continuous cropping years	Continuous cropping years
Severity (%)	0.651*	0.620*
pH	N.S.	N.S.
EC	N.S.	N.S.
NO ₃ -N	N.S.	N.S.
Truog-P ₂ O ₅	0.544*	N.S.
Exchangeable K ₂ O	N.S.	N.S.
" MgO	-0.796**	-0.715**
" CaO	N.S.	N.S.
Mg/K ratio	-0.697**	-0.673*
Ca saturation (%)	N.S.	N.S.
K saturation (%)	0.720**	0.594*
CEC	N.S.	N.S.

* 5% ** 1% *** Root rot, damping-off and wilt were observed at these fields

これらのことを論拠に、多発圃では土壤養分の集積、並びにこれに伴う養分のアンバランスが進行していることがうかがわれた。

一方、Table 4 に示したように連作年数と萎ちょう病発病株率の間には正の相関関係が認められ、また、連作に伴うりん酸の集積、K 飽和度の上昇、置換性 MgO の減少および Mg/K 比の低下

などがみられた。このことは、多発圃では連作による病原菌密度の上昇に伴う感染ポテンシャルの増大と土壤化学性の悪変傾向が同時に進行していることを暗示する。

4. 萎ちょう病発生地点の土壤化学特性

有明地区16圃場のうち、萎ちょう病の発生の認められた11圃場の調査結果を Table 5 に示した。

Table 5. The chemical characteristics of soil in the spots where Fusarium wilt outbreak (Ariake area n=11)

Contents	Name of fields	Analysis values				Wilt severity (%)
		Diseased	Normal	T-test	Average	
pH	A	5.7 <	5.9	*	5.8	48.0
	B	5.4 <	5.6	**	5.5	42.0
	C	5.1 <	5.2	*	5.2	21.0
	D	5.7 <	5.9	*	5.8	4.8
NO ₃ -N (mg/100g)	A	50.7 >	39.7	*	45.2	48.0
	B	33.8 >	27.7	*	30.8	42.0
	E	5.7 <	8.1	*	6.9	0.8
K saturation (%) (Mg/K ratio)	A	13.0 > (1.0 <	10.6 1.2)	* (N.S.)	11.8 (1.1)	48.0
	F	11.8 > (1.3 <	10.3 1.6)	** (*)	11.1 (1.4)	43.0
	G	10.8 > (0.9 <	9.4 1.1)	** (*)	10.1 (1.0)	27.0
	H	4.5 > (1.8 <	4.1 2.1)	** (*)	4.3 (2.0)	4.8
	I	14.6 > (0.6 <	12.6 0.7)	* (N.S.)	13.6 (0.7)	4.0
	J	11.9 > (2.2 <	9.0 3.0)	** (**)	10.5 (2.6)	1.4
	E	8.8 > (1.5 <	7.0 2.0)	** (**)	7.9 (1.8)	0.8

* 5% ** 1%

同一圃場内における発生地点と正常地点間の土壤化学性の有意差は pH (4 圃場), NO₃-N (3), K 飽和度 (7, 置換性 K₂O (6)), Mg/K 比 (5) などの項目で認められた。すなわち、発生地点では正常地点に比べ、pH, Mg/K 比が低く、一方、K 飽和度、置換性 K₂O は高い傾向にあった。NO₃-N 含量は発生地点において高い事例が 2 圃場で、また逆の事例が 1 圃場でそれぞれ認められた。

K 飽和度で有意差のみられた圃場では、K の因数を含む置換性 K₂O 含量および Mg/K についても、当然のことながら有意差の認められる傾向にあった。発病株率が 20% 以上の多発圃では K 飽和度が上限値の 10% を上回り、かつ Mg/K 比が基準

値以下の事例が多く、とりわけ発生地点でこの傾向は顕著であった。土壤 pH で有意差の認められた圃場の地点間差はわずかであったが、いずれの圃場も 6.0 を下回っており、土壤がやや酸性化していることが示唆された。生育期間中の土壤 pH は置換性塩基含量や塩基飽和度に比べむしろ NO₃-N 含量に左右されることが多く、両者間には負の相関関係 ($r = -0.421^*$, $n = 24$) が認められ、NO₃-N が集積した圃場では土壤の酸性化が認められた。このような NO₃-N の集積に伴う土壤 pH の低下は A, B 圃場の発生地点においてもみられた。一方、E 圃場の発生地点の土壤 NO₃-N 含量は生育中期としてはやや少なく 5 mg/100g 台であ

った。

発病株率が48%と最も高かったA圃場では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、置換性 K_2O の集積に加えて土壤の酸性化といった多岐にわたる土壤化学性の悪変がとくに発生地点において認められた。

以上のことから、萎ちょう病多発圃場では、ハウレンソウの生育にとって土壤化学性の面で劣悪化しており、とりわけ発生地点においてこの傾向は著しいことが示唆された。

IV 考 察

他の野菜に比べて作付回数が年2~4回と多いハウレンソウでは連作に伴う土壤病害の発生は著しく、中でも萎ちょう病による被害は大きい。本病害は株数減少に基づく収量低下に加え、萎ちょう黄化に伴う葉色の悪変や蘇生不良といった品質低下をもたらす。

さらに、市場価格の高い夏作ハウレンソウに多発生することを考えあわせると、萎ちょう病は極めて深刻な生産阻害要因と言わざるを得ない。今回、萎ちょう病に対する耕種の防除法の基礎資料を得る目的から実態調査を行った。その結果、本病害の病原糸状菌として *Fusarium oxysporum* f.sp. *spinaciae* を同定、確認した。同定菌株数が発生圃場数に比べ少ないので、今後未同定の *Fusarium* 菌については同定の作業が必要となろう。また、*F. solani* によるハウレンソウの萎ちょう症状の報告¹⁸⁾もあることから、これに関する調査、検討も残された課題である。

萎ちょう病多発圃場では連作年数が多い傾向にあると同時に、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、有効態りん酸、置換性 K_2O の集積並びに Mg/K 比の低下といった土壤化学性の悪変が認められた。さらに、圃場内の発生地点では正常地点に比べ、上記のような悪変傾向は著しく、加えて土壤の酸性化がみられた。このように *Fusarium* 病の発生に土壤化学性が関与している事例は既往の研究例の中にも見い出せ得る。すなわち、多肥栽培条件下で *Fusarium* 菌によるキュウリのつる割病は多発生すること¹⁹⁾、また施肥 N レベルは *Fusarium* 病の発生と正の相関関係^{14,19,23,24)}にあり、一方 K レベルは逆の関係^{6,14,23)}にあることがすでに明らかにされている。 K 集積畑で萎ちょう病の多発生をみたが、この結果は上記の K に関する報告例と一見矛盾する。このこと

は宿主あるいは病原菌の違いによることも考えられるが、今回の結果では K それ自体の影響よりは Mg/K 比の悪変、すなわち K 集積に伴う Mg の拮抗吸収阻害に基づく生育抑制のため、萎ちょう病の発生が助長された可能性も想定される。なお、著者は K 集積に伴う Mg 、 Ca の拮抗吸収阻害による生育抑制をハクサイ²⁾、露地メロン¹⁾等で観察している。

一方、ハウレンソウの体内 K_2O 濃度は10%前後(収穫時)と他成分に比べ高い⁹⁾ことから、根群域土壤からの K 取引量は発生地点と正常地点とでは異なることが考えられる。すなわち、罹病株では根の機能低下に伴う K の吸収阻害が生じるため、多発圃および発生地点では土壤中の置換性 K_2O 含量、ひいては K 飽和度が高く維持されることが予想される。

このことから、 K 集積並びにこれに伴う Mg/K 比の低下は萎ちょう病が発生した結果生じた可能性もあり、 K 集積と発生との因果関係は判然としない。したがって、今後、 K 集積が発生に及ぼす影響について接種試験等で検討する必要があると思われる。

次に、萎ちょう病多発圃場では土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量の高い傾向が認められたが、このことは前述した N に関する報告例と矛盾しない。土壤 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量と土壤 pH の間に負の相関関係が認められ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量の高い圃場では土壤の酸性化傾向がみられた。ハウレンソウの適正土壤 pH は他の野菜に比べてやや高く、6.5~7.0であることを考えると、このような土壤の酸性化はハウレンソウの正常な生育を阻害するため、病害抵抗力の低下に伴う萎ちょう病の多発生をまねくことも想定される。また、*Fusarium* 菌の生育に対して抑制的に働く細菌、放線菌などの菌密度の低下は酸性域で生じることが一般に知られており、このような現象も酸性土壌における発生要因として考えられる。

一方、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量の増加は濃度障害による根の機能低下をもたらす結果、萎ちょう病の発生を助長することが次の報告例から想定される。すなわち、岩瀬¹⁹⁾は窒素肥料の多投による土壤 EC 値の上昇が *Fusarium* 菌によるタマネギの乾腐病の多発生をまねくことを観察し、さらに東田⁹⁾は N 施肥量増加に伴う根の機能低下 (TTC 還元能の低下) がタマネギ茎盤部への *Fusarium* 菌の腐生

的な侵入を促す結果、乾腐病が多発生するのであろうと推察した。また、田中²²⁾はハウレンソウの土壤病害の発生を土壤 EC 値の上昇による根群の生長阻害の面から論じた。このように無機態 N は宿主の感受性に関与していることがうかがわれるが、さらに病原菌の感染ポテンシャルに対しても影響を与えることが次の報告例から想定される。すなわち、Cook⁵⁾は *Fusarium* の厚膜胞子の発芽は炭素源 (糖)、窒素源 (アミノ酸) の存在下で促進され、さらに窒素源として無機態 N を土壤に添加した場合にも同様に厚膜胞子の発芽は助長されることを観察している。

以上、萎ちよう病の発生に対する土壤化学性の影響を主に宿主の感受性の面から推論したが、今後、土壤化学性と萎ちよう病発生の関係を接種試験等で再現するとともに、その発生機作について宿主、病原菌および拮抗菌の面からの解明が必要である。さらに、土壤の養分状態は水の挙動を介して土壤物理性と密接に関連しているので、萎ちよう病発生に対する土壤物理性の影響の検討も残された課題である。

謝 辞 本調査の遂行にあたり、夫益な御助言をいただいた中央農試病虫部阿部秀夫博士、根釧農試場長岩淵晴郎博士並びに道南農試大垣昭一場長、また御指導をたまわった北海道大学農学部教授生越 明博士、百町満朗博士、さらに本稿の御校閲をいただいた中央農試高尾欽弥化学部長、同病虫部長赤井 純博士に心から厚く謝意を表する。

引用文献

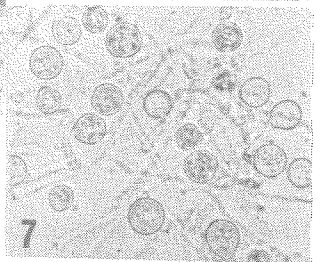
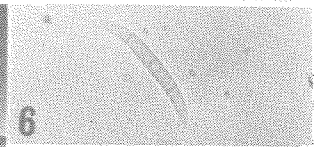
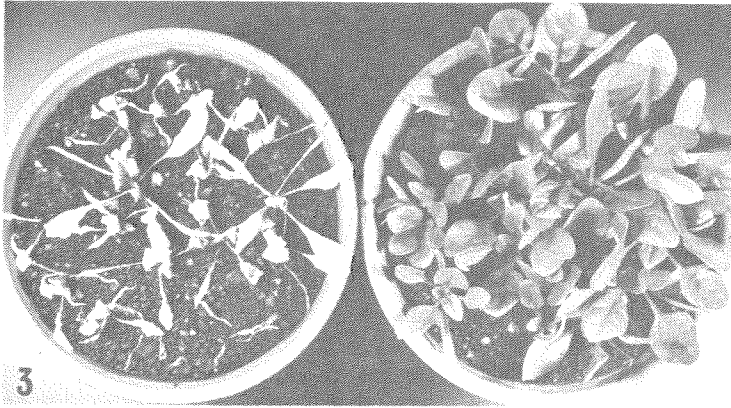
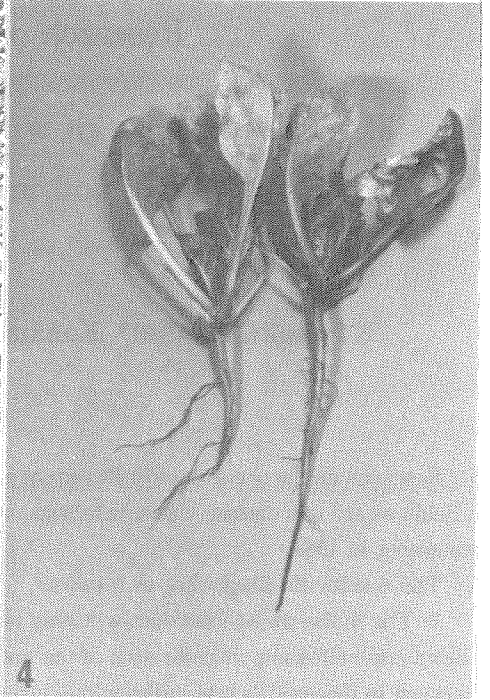
- 1) 赤司和隆, 関口久雄, 相馬 暁. “露地メロン畑土壤における K 肥沃度水準別の K 施肥量”. 日土肥学会講演要旨, **29**, 219 (1983).
- 2) 赤司和隆, 相馬 暁, 関口久雄. “露地ハクサイ畑におけるカリ肥沃度別適正カリ施肥量について”. 北農, **52** (4), 32-46 (1985).
- 3) 赤司和隆, 阿部秀夫. “ハウレンソウの土壤病害とその発生に関する土壤肥料的考察, 1. 札幌市における土壤病害の発生実態と俗称「鎌いらず」症の原因について”. 北海道立農試集報, **53**, 9-19 (1985).
- 4) 赤司和隆, 前田 要, 阿部秀夫. “ハウレンソウの土壤病害とその発生に関する土壤肥料的考察, 2. 札幌市近郊畑における立枯病について”. 北海道立農試集報, **54**, 1-8 (1986).
- 5) Cook, R.J.; Schroth, M.N. “Carbon and nitrogen compounds and germination of chlamydo-spores of *Fusarium solani* f. *phaseoli*”. *Phytopathology* **55**, 254-256 (1965).
- 6) Gasiorkiewicz, E.C. “Influence of nitrogen and potassium nutrition levels on the development of *Fusarium* systemic wilt of carnations”. *Phytopathology* **50**, 636 (1960) (Abstract).
- 7) Hungerford, C.W. “A *Fusarium* wilt of spinach”. *Phytopathology* **13**, 205-209 (1923).
- 8) 東田修司, 大崎玄佐雄. “北見地方のタマネギ土壤病害 (乾腐病) に関する実態調査”. 北海道農試集報, **47**, 31-38 (1982).
- 9) 北海道立中央農試化学部土壤肥料一科, 二科編. “土壤肥料に関する試験成績書”. 1982, p.63.
- 10) 北海道農務部農業改良課編. “土壤および作物栄養の診断基準一改訂版”. 1983, p.13, p.47.
- 11) 北海道農務部編. “北海道施肥標準”. 1983, p.44.
- 12) 北海道立中央農試編. “マンガン欠乏によるハウレンソウ黄化葉症状の当面の対策について”. 昭和60年度北海道農業試験場会議成績会議資料, 1985, p.1-41.
- 13) 岩淵晴郎, 多賀辰義, 相馬 暁. “施肥並びに土壤水分条件が春播きタマネギの生育・収量・貯蔵性に及ぼす影響, IV. 生育初期における濃度障害と乾腐病発生の関係”. 北海道立農試集報, **39**, 27-33 (1978).
- 14) 河合一郎, 鈴木春夫. “瓜類蔓割病菌の寄生性とその防除対策”. 農業及び園芸, **31**, 831-835 (1956).
- 15) 駒田 旦. “野菜のフザリウム病菌, *Fusarium oxysporum*, の土壤中における活性評価技術に関する研究”. 東海近畿農試研報, **29**, 132-269 (1976).
- 16) Naiki, T.; Kano, M. “On *Fusarium* wilt of spinach and its causal fungus”. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* **43**, 297-300 (1977).
- 17) 内記 隆, 加納正和. “ハウス栽培ハウレンソウの土壤病害の発生とその病原菌”. 日植病報, **44**, 543-553 (1978).
- 18) 奥田純一郎, 古田 力. “ハウレンソウの立枯病の病徴と病原菌について”. 日植病報, **29**, 88 (1964) (講要).
- 19) 斎藤 正, 山本公昭, 山本 磐, 西内美武. “*Fusarium* によるトマトの一根腐性病害に関する研究”. 高知農試研報, **4**, 9-19 (1972).
- 20) 島崎 豊, 内山総子. “埼玉県における夏まきハウレンソウ立枯症の発生実態”. 日植病報, **51**, 93 (1985) (講要).
- 21) 相馬 暁. “北海道における野菜畑土壤の現状と

- 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**, 1-126 (1986).
- 22) 田中龍臣, “中山間地における雨よけハウレンソウの栽培法”. 今月の農薬, **11**, 102-106 (1985).
- 23) Walker, J.C. “Soil management and plant nutrition in relation to disease development”. Soil Sci. **61**, 47-54 (1946)
- 24) Weinke, K. E. “The influence of nitrogen on the root disease of bean caused by *Fusarium solani* f. *phaseoli*”. Phytopathology. **52**, 757 (1962) (Abstract).

Explanation of plate

1. Symptoms of Fusarium wilt (field)
2. Symptoms of roots produced by Fusarium wilt (field)
 - Right: Discoloration of vascular system of tap roots infested with *Fusarium*
 - Left: Soil clumps attached to tap roots by mycelium of *Fusarium* grown from the lesion
3. Symptoms of Fusarium wilt (pot test, F-98 was inoculated to cotyledonary stage)
4. Symptoms of roots produced by Fusarium wilt (pot test, F-98 was inoculated to 5-leaf stage)
 - Right: Discoloration of tap root
 - Left: Discoloration of vascular system of tap root
5. Microconidia and conidiophores of *F. oxysporum* f. sp. *spinaciae* (F-98)
6. Macroconidium of *F. oxysporum* f. sp. *spinaciae* (F-98)
7. Chlamydo-spores of *F. oxysporum* f. sp. *spinaciae* (F-98)

Plate



Studies on Root Diseases of Spinach and Soil Scientific Research on the Occurrence

III. The pathogen of wilt and chemical characteristics of soil in diseased fields

Kazutaka AKASHI*, Kaname MAEDA* and Hisao SEKIGUCHI**

Summary

Research on the occurrence of Fusarium wilt, its pathogen and the chemical characteristics of soil in fields where this disease was severe, was carried out in 24 fields around Sapporo city from July to September in 1984.

The results obtained were as follows:

1. The outbreak of Fusarium wilt was recognized in 17 fields. Typical symptoms such as leaf wilting and yellowing, discoloration of the main root, lateral roots and vascular system, were mainly observed in diseased plants in the middle growing stage and later.

2. Of Fusarium isolated from diseased plants, seven isolates were examined for pathogenicity and all were pathogenic to spinach. Three of the isolates were identified as *F. oxysporum* f.sp. *spinaciae* based on the morphological observation and pot test for determining host range.

3. Wilt severity was correlated with the continuation of year cropping. The accumulation of nitrate nitrogen, available phosphorus and exchangeable potassium, and a decrease in Mg/K ratio were noted in the fields where the severity were more than 20%. A decrease in soil pH, in addition to these chemical characteristics was also found in areas of this disease outbreak.

It is thus possible that a decrease in resistance caused by the bad soil environment as mentioned above may promote a severe wilt outbreak.

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

**Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Rice Crop Division, Iwamizawa, Hokkaido, 069-03, Japan.