

2013 年度

修士論文

アスパラガス茎枯病に対する
効果的な耕種的防除法の開発

21231014 橋下 愛

指導教員 病理・害虫学 教授 園田 高広

酪農学園大学大学院酪農学研究科

目 次

- I 緒言
- II 北海道におけるアスパラガス茎枯病の発生調査
 - 1 調査方法
 - (1)北海道におけるアスパラガス茎枯病の発生状況調査
 - (2)茎枯病の発生が新たに確認された地域における発生状況調査
 - 2 結果
 - (1)北海道におけるアスパラガス茎枯病の発生状況調査
 - (2)茎枯病の発生が新たに確認された地域における発生状況調査
 - 3 考察
- III アスパラガス茎枯病に対して効果的な耕種的防除法の開発
 - 1 発生ほ場における耕種的防除法の検討
 - (1)罹病茎の抜き取りがアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響
 - 1) 調査方法

1

8

9

9

12

12

14

15

15

16

16

17

19

19

19

2)結果

(2)再立茎がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

1)調査方法

2)結果

(3)考察

2 培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

(1)自然環境下において培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

1)材料および方法

① 厚さ 10cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

② 厚さ 20cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

2)結果

① 厚さ 10cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

② 厚さ 20cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

21

23

24

26

27

29

31

32

33

34

(2)制御環境下において培土がアスパラガス茎枯病の

発生に及ぼす影響

1)材料および方法

2)結果

(3)ほ場において培土がアスパラガス茎枯病の

発生に及ぼす影響

1)材料および方法

2)結果

(4)考察

IV 培土がアスパラガス茎枯病の発生を抑制する機作の検討

1 培土が若茎表皮の破断強度に及ぼす影響

(1)材料および方法

(2)結果

2 培土がアスパラガス茎枯病に対する全身獲得抵抗性の誘

導に及ぼす影響

(1)培土が若茎のプロトディオシン含量に及ぼす影響

1)材料および方法

① 植物材料

② プロトディオシン含量の測定

2)結果

35

37

39

41

42

46

47

49

(2)培土が若茎のジャスモン酸およびサリチル酸含量に及ぼ

す影響

1)材料および方法

① 植物材料

② ジャスモン酸およびサリチル酸含量の測定

2)結果

3 考察

V 総合考察

VI Summary

VII 謝辞

VIII 引用文献

I 緒言

アスパラガスは古くからヨーロッパで伝統野菜として栽培されてきたが、現在、ヨーロッパだけでなくアメリカ北部や中国北部、メキシコや東南アジアなど世界の 60 カ国以上で栽培されており、中でも中国の生産量が最も多い(元木、2011)^[22]。一方、日本では北海道の生産量が最も多く、次いで佐賀県、長野県となっており、作付面積でも北海道が全国 1 位である(農林水産省、2012)^[26]。北海道におけるアスパラガス栽培の歴史は古く、大正時代から本格的な栽培が行われている。当初は輸出用の缶詰加工原料としてホワイトアスパラガスを栽培していたが、昭和 30 年代に台湾や中国の台頭により缶詰加工産業が衰退したために生産は激減した。その後、食の多様化や洋風化からグリーンアスパラガスの需要が増加したため、多くのホワイトアスパラガスほ場がグリーンアスパラガス栽培に転換された。その後も、水田転換畑にグリーンアスパラガスが導入され、現在では、北海道の全作付面積の 9 割以上でグリーンアスパラガスが栽培されている。平成 7 年以降には、北海道においても西南暖地で確立された多収生産技術である長期どり栽培の導入がされて作型の分化がみられるようになったが、生産コストが安価で、大規模経営が可能な露地普通(春どり)栽培が依然として全作付面積の大部分を占めてい

る(農耕と園芸、2010；井上ら、2013)^[25,11]。

このようにアスパラガスは北海道における主要な野菜であるが、病害発生の有無が生産に大きな影響を与えている。中でも、アスパラガス茎枯病は露地栽培において発生し、アスパラガスの生産に甚大な被害をもたらしている(守川、1991)^[21]。また、本病の発生は、日本だけでなく、台湾、中国、オーストラリアなどのアジア地域、イタリア、フランス北部などのヨーロッパでも報告されている(Saccard、1884；北海道中央農試、1987；田中ら、1987；Bubák、1906；沢田、1922；Davis、2002；Yinら、2009)^[29,9,39,2,33,3,42]。本病は難防除病害であり、過去には産地の維持ができないほどに甚大な被害をもたらした事例も存在する(新留・小芦ら、1967)^[35]。また、本病に対して実用的な抵抗性を有した品種は育成されていないのが現状である(園田ら、2001)^[37]。本病はアスパラガスにとってきわめて影響が大きく、いったん発生すると減収し、欠株にもつながるアスパラガスの重要病害である。

本病の病原菌 *Phomopsis asparagi* は、不完全菌に属する糸状菌である。本病は降雨との関係が深く、梅雨期に発生が増加する。梅雨期は株養成の初期にあたり、生育の重要な時期である。また、芦沢ら(1983)^[1] は、梅雨期に形成された柄子殻が容易に越夏し、

秋期の伝染源になることを報告した。本病の感染経路であるが、本病の病原菌の胞子が雨滴の跳ね上がりにより、若茎頭部に感染することが知られている(芦沢ら、1983；石上・勝峯、1960；尾沢、1975；酒井ら、1992)^[1,12,28,30]。これらの報告から、柄子殻の環境抵抗性が強く、雨滴が本病の感染に大きな役割を果たしていることがわかる。その後、菌の侵入と若茎の伸長が同時並行的に起きるため、若茎頭部に感染した菌は地際からの高さ 50cm以下の部分を中心に病斑を形成する(福富ら、1992；福島農試、2003)^[7,5]。福富ら(1992)^[7]は、本病の感染は伸長中の茎の先端部近くや枝先近くなど若い組織のみで起こると報告している。この他にも、比較的若い茎または組織において、本病に対する感受性が高いことが報告されている(芦沢ら、1983；石上・勝峯、1960；尾沢、1975)^[1,12,28]。感染すると、成茎や側枝に紡錘状で周縁が濃褐色、内側が灰白色の 2~3mmの小斑点が発生する。その後、病斑が拡大し、融合して赤褐色の大型病斑となり、表面に多数の柄子殻が見られるようになる。やがて茎内部は褐変し、地下部への栄養の転流ができなくなり、次年度の収穫量が減収してしまう(芦沢ら、1983；福富ら、1991；原田ら、1973；北海道立中央農試、1987；守川、1991；尾沢、1975)^[1,6,8,9,21,28]。本病は、柄子殻から柄胞子が散出し、次に萌芽する若茎や繁茂した茎葉に感染

することでは場に蔓延していく。柄子殻の形成された残茎は、越冬し、数年間にわたり伝染源となる。適切な防除を怠ると恒常的に発生する病害となってしまう（農耕と園芸編集部、2010）^[25]。

なお、夏芽の萌芽が始まる頃に最下位第一側枝より下部から発生する側枝に本病原菌が発生し、主茎に移行していく場合や前年度の罹病茎から地際部に感染する場合なども認められることから、若茎頭部への雨滴の跳ね上げ以外の感染もあることに注意が必要である（園田ら、2013）^[38]。

本病に対する防除として、農薬の散布による化学的防除の他に、耕種的防除が行われている。耕種的防除法として、バーク堆肥によるマルチ栽培やバーナーによる残茎の焼却などが報告されている（酒井ら、1992；小木曾、2012）^[31,27]。しかし、バーク堆肥にもみ殻を使用する場合には、風によりもみ殻が吹き飛ばされ、若茎に傷をつけて曲がりの原因になる恐れがある。また、バーナーによる残茎の焼却は、日本一の作付面積を誇る北海道の栽培規模に適しているとは言い難い。このような栽培規模および作型など、産地の事情により取り組み難い状況もあることから、現在は、化学的防除法が中心となっている。一方、環境保全型農業への取り組みが求められている中、化学的防除のみに依存しない持続的な農業技術が求められている。また、農薬散布による化学的防除

だけでは、本病の被害を十分に軽減できないことが明らかとなっている(生咲、2008)^[10]。これらのことから、本病を防除するためには、有効な耕種的防除法を開発する必要性がある。

近年、環境に配慮した耕種的防除法として、植物の持つ生体防除機構を利用した防除方法が考えられている。アスパラガスでは、培土したホワイトアスパラガスにおいて、抗菌性関連物質とされるサポニン(J. V. MAIZEL、1964)^[17]の1種であるプロトディオシンが発現することが報告されている(Maeda *et al.*、2012)^[16]。また、タバコやシロイヌナズナにおいては、病害抵抗性に働く植物ホルモンとしてサリチル酸(SA)、ジャスモン酸(JA)などが知られている(Farmer *et al.*、1994 ; J. V. MAIZEL、1964 ; McConn *et al.*、1997 ; Weber *et al.*、1997)^[4,17,19,40]。このような全身獲得抵抗性(Systemic acquired resistance ; SAR)は、二次感染に対して植物体全体で免疫的に誘導されるものである。病原菌が感染すると過敏感反応(HR)を起こして病原体の増殖を抑制し、シグナルが全身に伝わり、全身獲得抵抗性が誘導される。このシグナル伝達の重要な因子として機能しているのがサリチル酸である。植物体が抵抗性反応を起こしている際には、サリチル酸が増加することが知られている(Malamy *et al.*、1990)^[18]。サリチル酸を用いた防除は実際に行われており、病

害抵抗性誘導剤プロベナゾールもその一つである。プロベナゾールは、防除応答機能の活性化によって植物に病害抵抗性を発現させるものであり、その抵抗性発現においてサリチル酸の増加が報告されている。(石井、2004; Yoshioka *et al*、2001; Nakashita *et al*、2002)^[13,43,23]。病原菌の侵入だけでなく、虫害や病害による壊死など、植物体の一部に傷害を生じた場合にも抵抗性が誘導される。傷害を受けた箇所から全身にシグナルが伝わり全身性の抵抗性(Wound-induced systemic resistance; WSR)が誘導される(光原ら、2004)^[20]。この誘導のシグナルとして働くのがジャスモン酸である。このように、植物の抵抗性にはサリチル酸およびジャスモン酸が重要な役割を果たしているが、瀬尾ら(1997)^[34]により、サリチル酸とジャスモン酸が拮抗関係にある可能性が報告されている。石井(2004)^[13]の報告では、アシベンゾラルSメチルによる全身抵抗性誘導効果の持続期間について検討した結果、キュウリ炭そ病に対して1ヵ月効果が持続したとしている。また、全身獲得抵抗性は数週間持続することが知られている(安田、2007)^[41]。これらの報告から、全身性の抵抗性は誘導される期間が永続的ではなく、数週間から数ヵ月間であることがわかる。

以上のことから、本研究では、本病に対して効果的な耕種的防

除法の開発を行うため、北海道における本病の発生状況を踏まえた上で、罹病茎の抜き取りによる防除、全伐による防除、培土による防除の3つの耕種的防除法について検討を行った。また、培土を行うことにより本病に対して抵抗性が誘導される要因を明らかとするため、若茎の破断強度、抗菌性関連物質のプロトディオシン含量、全身誘導抵抗性物質であるサリチル酸およびジャスモン酸の含量についても検討を行った。

Ⅱ 北海道におけるアスパラガス茎枯病の発生調査

北海道では、1985年にアスパラガス茎枯病の発生分布調査が行われ、道南・空知・石狩・日高地域での発生が確認されている(北海道中央農試、1987)^[9]。しかし、近年では道北部の名寄地区でも本病の発生が確認されている(上川農改センター、2012)^[14]。そこで、本調査ではアスパラガス茎枯病の防除法開発の前段階として、現在の発生分布の把握を目的とした。

1 調査方法

(1)北海道における発生状況調査

調査箇所は、第1表に示した。調査は、100茎あたりの罹病茎数を計測し、発病茎率を求めた。調査は、1ほ場あたり3か所で行った。また、本病の発生は気象と密接な関係があることから、気象庁のアメダスデータ^[14]をもとに1981～1985年および2008～2012年の降水量と気温の推移について作図した。

第 1 表 北海道における茎枯病の発生調査箇所

No.	調査地域	調査市町	調査日(2012年)	作型	品種
1	道北部	名寄市	8月6日	露地	Gainrim
2	〃	東神楽町	8月6日	露地	Gainrim
3	道東部	美幌町	10月3日	半促成	Welcam
4	道央部	美唄市	9月26日	露地	Welcam
5	〃	栗山町	8月7日	促成	Welcam
6	道南部	喜茂別町	8月10日	露地(ホワイト)	Gainrim
7	〃	新ひだか町	6月14日	促成	Welcam
8	〃	厚沢部町	10月23日	半促成	Bytor

(2) 茎枯病の発生が新たに確認された地域における発生状況調査

調査は、本病の発生が新たに確認された名寄市と美唄市において、本病の地域における広がりを確認するために各 4 ほ場を調査した。調査方法は、Ⅲ 1(1)と同様の方法で行った。

2 結果

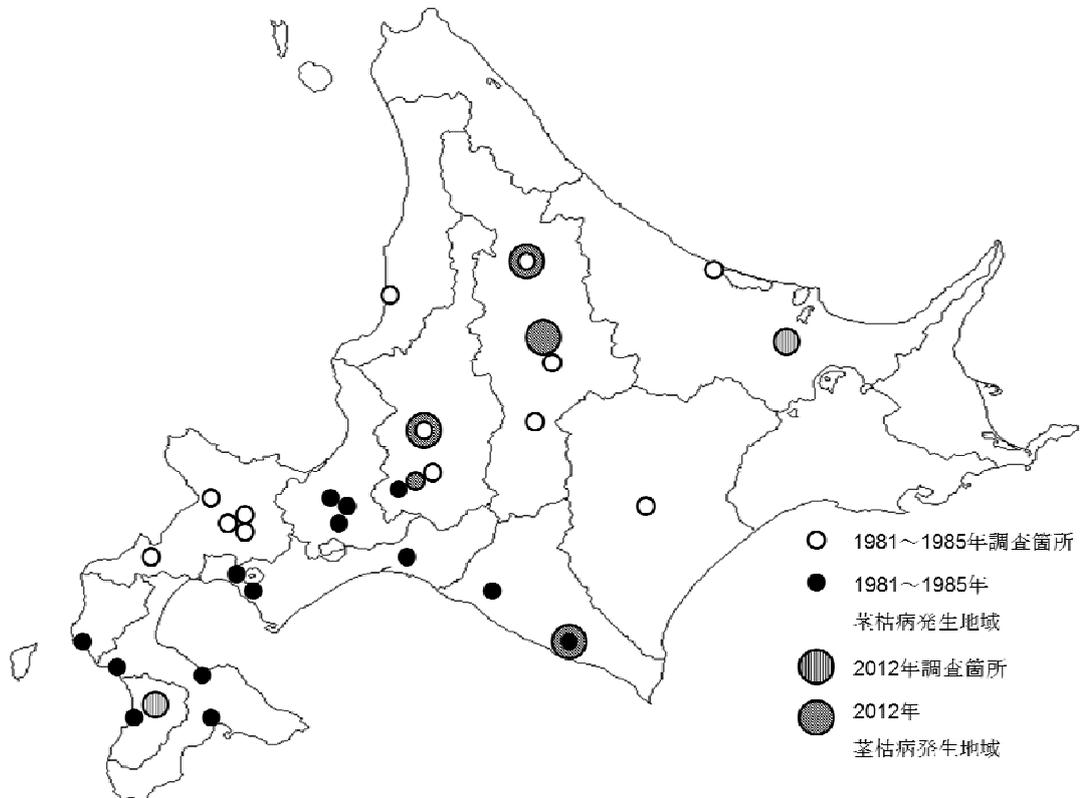
(1) 道内における発生状況調査

本病の発生は、名寄市で発病茎率 6.3%、東神楽市で 3.2%、美唄市で 6.7%、栗山町で 0.3%、新ひだか町で 68.7%となり(第 2 表、第 1 図)、名寄市、東神楽町、美唄市で新たに確認された。また、降水量と気温の推移は、アスパラガス立茎時期にあたる 7 月に降水量が増加している傾向が明らかとなった(第 2 図)。

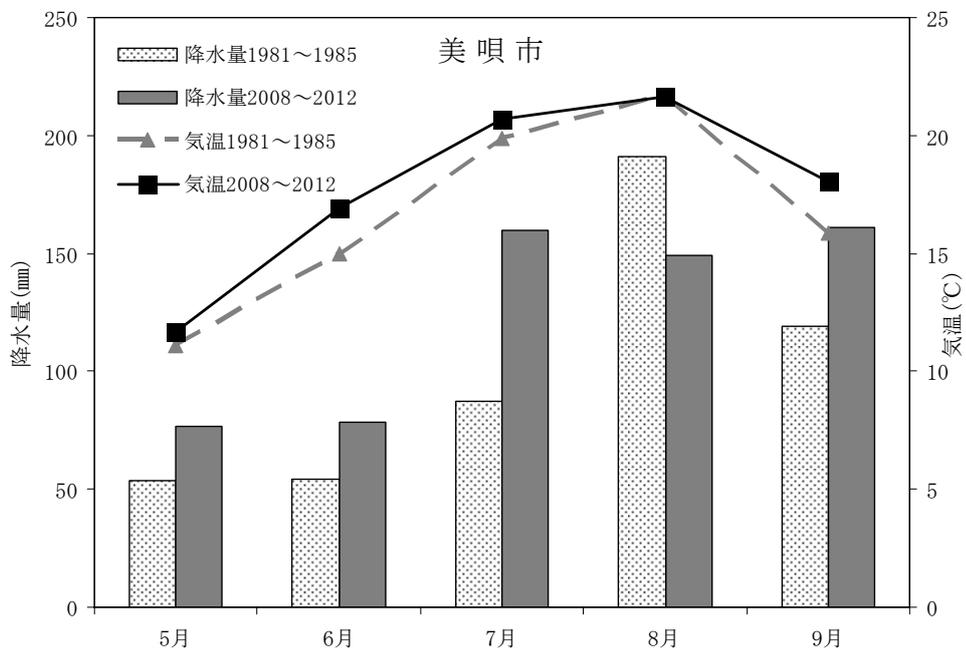
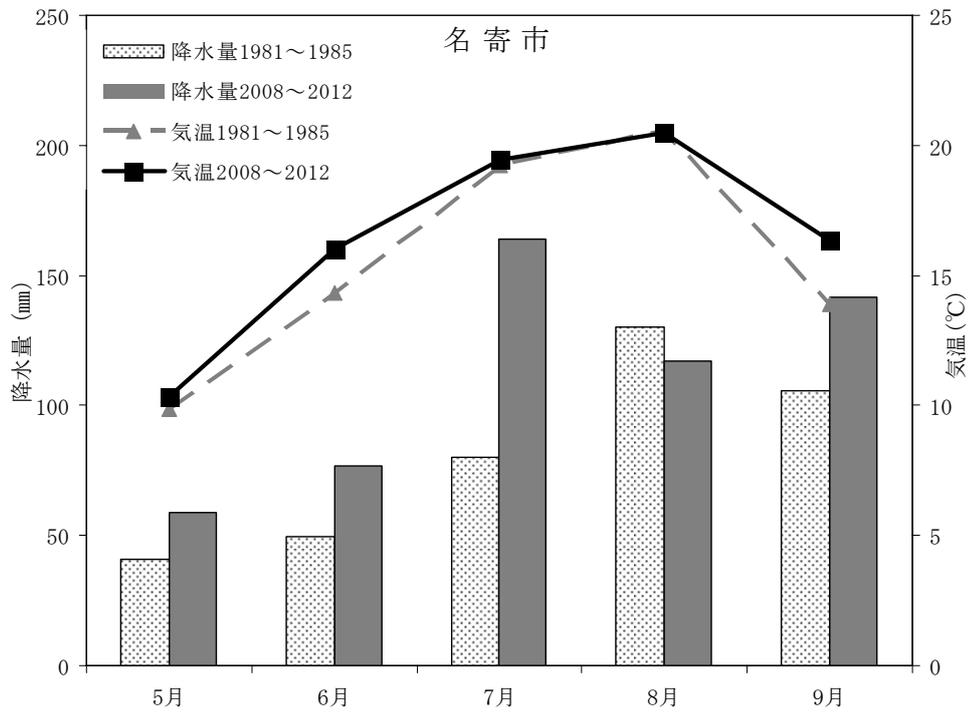
第 2 表 北海道におけるアスパラガス茎枯病の発生状況

No.	調査箇所	発病率 (%)
1	名寄市	6.3(1.4) ^a
2	東神楽町	3.2(1.7)
3	美幌町	0.0(0.0)
4	美唄市	6.7(2.6)
5	栗山町	0.3(0.5)
6	喜茂別町	0.0(0.0)
7	新ひだか町	68.7(7.7)
8	厚沢部町	0.0(0.0)

^a 標準偏差



第 1 図 北海道におけるアスパラガス茎枯病の発生分布



第 2 図 降水量と気温の推移

(気象庁アメダスデータより作図)

(2) 茎枯病の発生が新たに確認された地域における発生状況調査

名寄市および美唄市の2つの地域においては、ほ場により本病の発生程度が異なったが、本病の発生が地域内で広がっていることが確認された(第3表)。

第3表 茎枯病の発生が新たに確認された地域における発生状況

調査箇所 ^a	ほ場名	調査日(2012年)	発病茎率(%)
名寄市	A	8月6日	10.3(1.2) ^b
	B		0.3(3.5)
	C		0.3(3.5)
	D		14.0(3.3)
美唄市	A	9月26日～10月23日	1.7(0.9)
	B		19.7(4.5)
	C		4.7(4.5)
	D		0.7(0.5)

^a 作型：露地栽培

^b 標準偏差

3 考察

本調査によって得られた結果から、1985年以降において、本病の発生地域が道北部まで拡大、定着していると考えられた。また、本病は雨滴の跳ね上がりにより若茎頭部に感染するとされていることから(芦沢ら、1983；石上・勝峯、1960；尾沢、1975；酒井ら、1992)^[1,12,28,30]、北海道の立茎時期にあたる7月に降水量

が増加していることが発生拡大の要因の一つであると考えられた。

Ⅲ アスパラガス茎枯病に対して効果的な耕種的防除法の開発

1 発生ほ場における耕種的防除法の検討

アスパラガス茎枯病に対する耕種的防除法としては、マルチ栽培やバーナーによる残茎の焼却などが報告されている(酒井ら、1992;小木曾、2012)^[31,27]が、これらの防除法は栽培規模や作型などの産地の事情により取り組み難い状況もある。このことから、本試験では、新たな耕種的防除法の開発を目的とし、罹病茎の抜き取りと再立茎の有無が本病の発生に及ぼす影響について検討した。

(1) 罹病茎の抜き取りがアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

1) 調査方法

調査は、2011年の本病の発生が同程度であった美唄市の隣接する2ほ場において、罹病茎の抜き取りの有無による発病程度の違いを2012年9月26日に調査した。調査したほ場の作型は露地栽培、栽培品種は‘ウェルカム’であった。罹病茎の抜き取りは、立茎開始以後に病斑形成が認められた茎について行った。また、防除は現地の慣行法に基づいて行われた。調査は、100茎あたりの罹病茎数を計測し、発病茎率を求めて行った。

2)結果

罹病茎の抜き取りを行ったほ場では、発病茎率が1.7%となり、無処理区よりも発病が低く抑えられた(第4表)。

第4表 罹病茎の抜き取りがアスパラガス茎枯病の

発生に及ぼす影響^a

処理	発病茎率(%)
罹病茎の抜き取り	1.7(0.9) ^b
無処理	19.7(4.5)
t検定	** ^c

^a 調査日：2012年9月26日

^b 標準偏差

^c t検定により1%水準で有意差あり

(2)再立茎がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

1)調査方法

調査は、2012年の6月14日(立茎約1ヵ月後)に本病が多発した新ひだか町内のほ場において、6月26日に茎を地際から全伐した後の発病程度を7月14日と10月9日に調査した。調査したほ場の作型は促成栽培、栽培品種は‘ウェルカム’であった。また、2012年度は6月28日にベノミル水和剤(商品名：ベンレート水和剤)を1回、7月10日にフルアジナム水和剤(商品名：フロンサイド水和剤)を1回散布して防除を行った。調査は、IV1(1)と同様の方法で行った。

2) 結果

再立茎から約 1 ヶ月後の 7 月 14 日の発病茎率は 0.7%、約 4 ヶ月後の 1 月 9 日では 25.3%となり、再立茎の発病茎率が処理前よりも低く抑えられた（第 5 表）。

第 5 表 再立茎がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響^a

再立茎	調査日(2012年)	発病茎率(%)
前	6月14日	68.7(7.7) ^b
後	7月14日	0.7(0.5)
	10月9日	25.3(9.1)

^a 全伐：2012年6月26日

^b 標準偏差

(3) 考察

これらの結果から、罹病茎の抜き取りや再立茎は、本病の発生を抑制することが出来ると考えられた。一方、薬剤防除の方法により処理後の本病の発生程度は異なると考えられるので、防除薬剤の種類や散布時期については、さらなる検討が必要であると考えられた。

2 培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

2012年に北海道における本病の発生状況を調査した結果、道北部まで発生が拡大していることが確認された(Ⅱ2(1))。しかし、培土して生産を行う土耕のホワイトアスパラガス生産ほ場では、本病の発生が認められなかった(Ⅱ2(1))。このことから、本試験では、培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響について検討した。

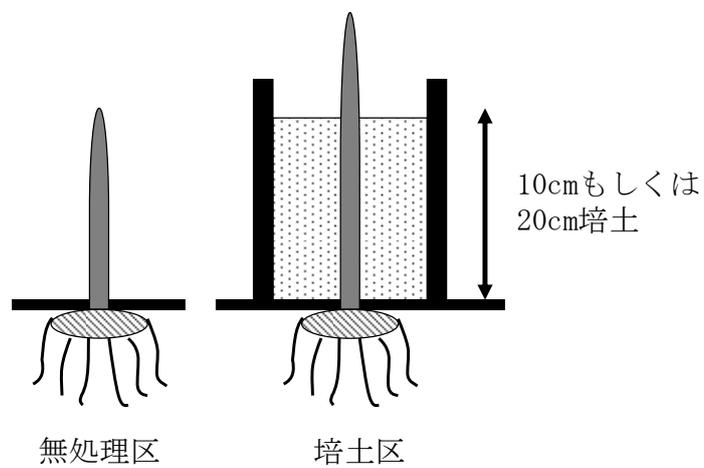
(1)自然環境下において培土の厚さがアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

1)材料および方法

①厚さ10cmの培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

試験は、酪農学園大学内の露地ほ場で行った。試験には、遺伝的均一性が高いと考えられる全雄系統RA01の播種5ヵ月後の苗を用いた。苗は、地上部から全刈した後、2012年7月6日に定植した。試験では、培土区と無処理区を設け、培土区は発泡スチロール板を畝の両側に立てて、りん芽から10cmの高さになるように土を盛った(第3図、写真1)。無処理区は、りん芽が隠れる程度に覆土した。試験は、1

区 10 株 3 反復とした。接種は、罹病茎の病斑に形成された柄子殻から得た柄胞子を 1×10^6 個 / ml の濃度に調整した胞子懸濁液を用いて、萌芽 2~3 週間後の茎に噴霧した。発病調査は、接種 1~4 週間後まで本病の病斑が形成された茎数を計測し、発病茎率を求めた。



第 3 図 培土による試験方法



写真 1 自然環境下における培土の様子

②厚さ 20cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に

及ぼす影響

試験には、Ⅲ2(1)1)①と同じ株を用いた。試験では、培土の厚さを 20cm として地際から茎を切り戻し、再萌芽させて 9 月 13 日に接種した。

2)結果

①厚さ 10cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に

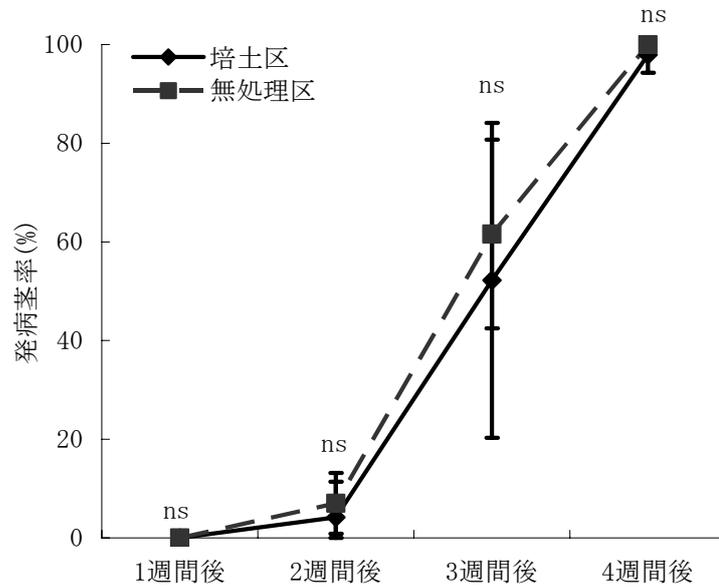
及ぼす影響

りん芽から 10cm の高さに培土した結果、処理区間に差は認められなかった(第 4 図)。

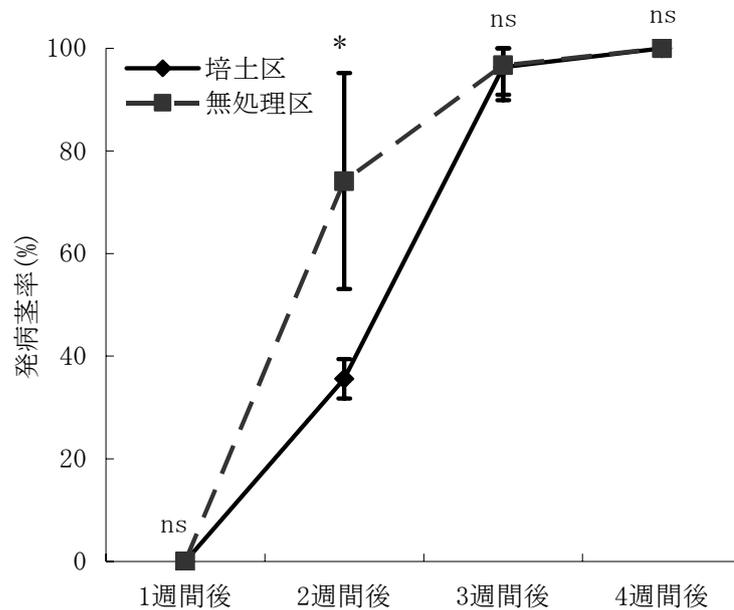
②厚さ 20cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に

及ぼす影響

りん芽から 20cm の高さに培土した結果、接種 2 週間後において培土区の発病茎率が 35.6%となり、無処理区よりも有意に低くなった(第 5 図)。しかし、接種 3 週間後には培土区の発病茎率が 96.3%、無処理区の発病茎率が 96.7%となり、処理区間に差は認められなかった。



第 4 図 厚さ 10cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響
 ns は t 検定により有意差なし
 図中の縦棒は標準偏差を表す



第 5 図 厚さ 20cm の培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響
 *は t 検定により 5%水準で有意差あり
 ns は有意差なし
 図中の縦棒は標準偏差を表す

(2) 制御環境下において培土がアスパラガス茎枯病の発生に

及ぼす影響

1) 材料および方法

試験は、室温を $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に制御したガラス温室内で行った。試験には、全雄品種‘ゼンユウヨーデル’の播種3ヵ月後の9cmポリポット苗を用いた。苗は、地上部を地際から全伐した後、 25°C に設定した農電園芸マットの上に置いた間口 $522 \times$ 奥行 $365 \times$ 高さ 309 (mm) の大きさの採集コンテナに2012年11月12日定植した(写真2)。試験は、りん芽から20cmの高さになるよう培土した培土区とりん芽が隠れる程度に覆土した無処理区を設けた(第6図)。試験は、1採集コンテナあたり25株を植え、3反復とした。接種は、罹病茎の病斑に形成された柄子殻から得た柄胞子を 1×10^6 個/ml の濃度に調整した胞子懸濁液を用いて、再萌芽2~3週間後の茎にVC(the Vinyl tube and cotton) 接種(園田ら、1997)^[36]により行った(第6図、写真3)。発病調査は、本病の病斑が形成された茎数を接種1~4週間後まで計測し、発病茎率を求めた。

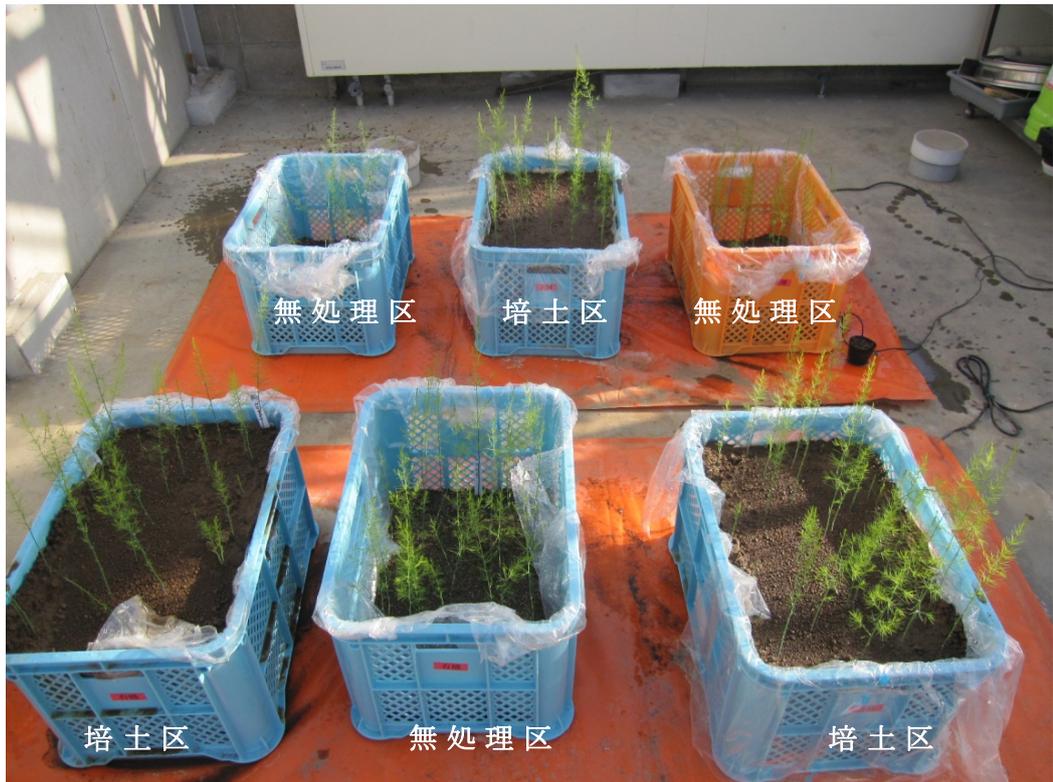
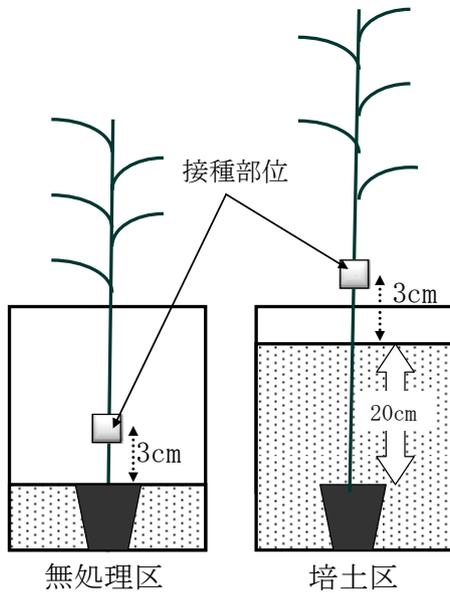


写真 2 制御環境下における培土の様子



第 6 図 採集コンテナを用いた

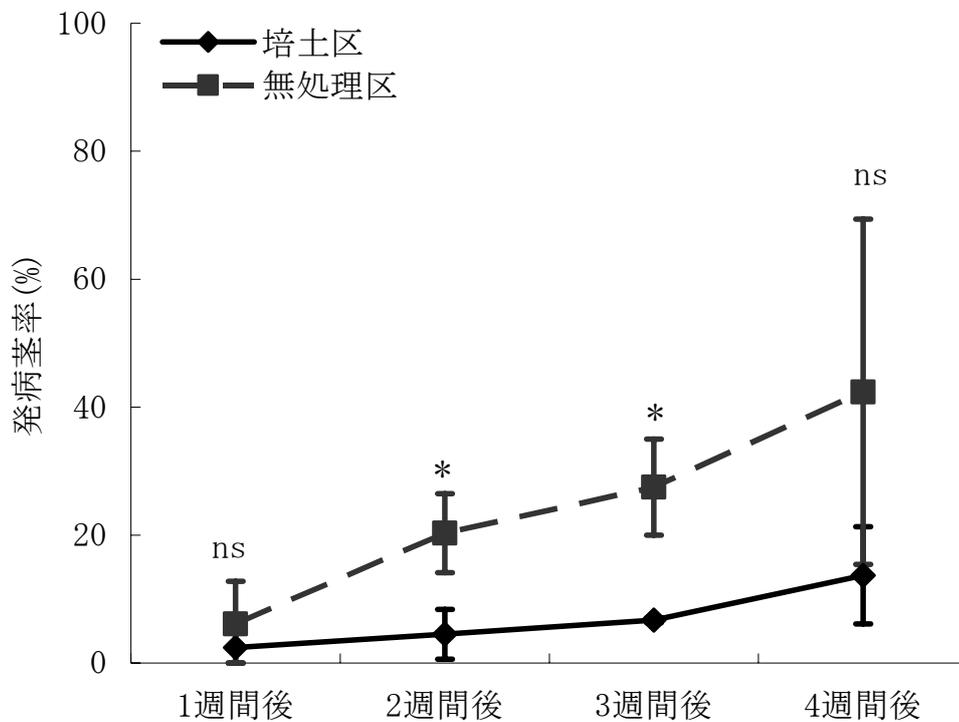
培土による試験方法



写真 3 VC 接種の様子

2) 結果

結果は、第 7 図に示した。培土区の発病は、接種 1 週間後から認められ、接種 4 週間後には発病茎率が 13.7%となった。無処理区の発病も同様に接種 1 週間後から認められ、接種 2 週間後には 20.3%となり、接種 4 週間後には 42.4%に達した。接種 2～3 週間後の培土区の発病は、無処理区よりも有意に低かった。



第 7 図 制御環境下において培土がアスパラガス茎枯病の発生に

及ぼす影響

*は t 検定により 5%水準で有意差あり、ns は有意差なし
図中の縦棒は標準偏差を表す

(3)ほ場において培土がアスパラガス茎枯病の発生に及ぼす影響

1)材料および方法

試験は、新ひだか町内の促成栽培ほ場で行った。供試品種は‘ウェルカム’で、定植は2012年6月11日に行った。施肥は、第6表に示した。また、2012年には薬剤による防除を行ったが、2013年には防除を行わなかった。2012年における茎枯病の発病茎率は68.7%であり、ほ場全体に発生していた。試験には、萌芽前の2013年4月29日にりん芽からの高さが20cmになるよう培土した培土区とりん芽が隠れる程度に覆土した無処理区を設けた(写真4、写真5)。調査は、100茎あたりの罹病茎数を計測し、発病茎率を求めた。試験は、3反復とした。

年度	肥料名	施肥量(N-P205-K20/10a)
2012	高度化成NS208N3	10.8kg:18kg:7.2kg
	ロングウェーブS786	10.2kg:4.8kg:3.6kg
	ハイリンサン	0kg:8.4kg:0kg
	堆肥(馬ふん)	2t
2013	施肥および堆肥無	



写真 4 ほ場における培土区と無処理区の様子

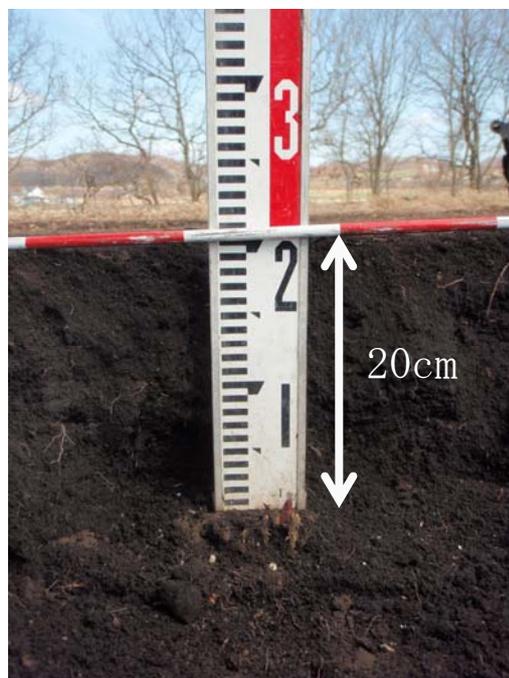
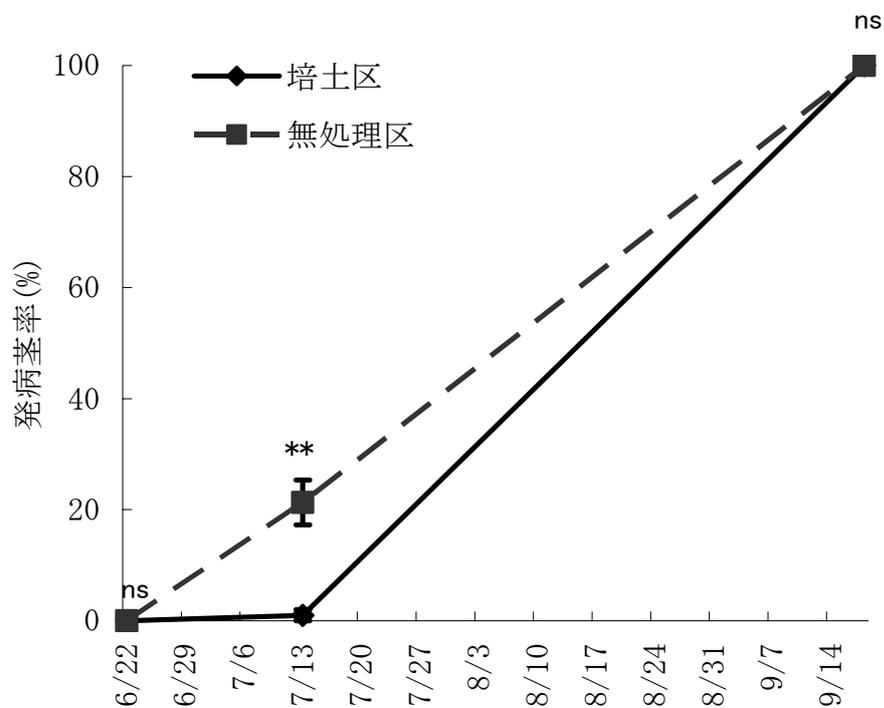


写真 5 りん芽から 20cm の高さに培土した様子

2) 結果

結果は、第 8 図に示した。培土してから 3 ヶ月後の発病率は培土区では 1%、無処理区では 21.3%となり、培土区の発病は無処理区よりも有意に低かった。しかし、培土してから 5 ヶ月後の調査では、両区とも発病率は 100%となった。



第 8 図 ほ場において培土がアスパラガス茎枯病の発生に

及ぼす影響

**は t 検定により 1%水準で有意差あり

ns は有意差なし

図中の縦棒は標準偏差を表す

(4) 考察

厚さ 10cm の培土では本病の発生は抑制されなかったが、厚さ 20cm の培土では初期発生が抑制されたことから(Ⅲ 2(1)2)、Ⅲ (2) 2))、りん芽から 20cm の高さに培土することにより、本病の初期発生を抑制すると考えられた。また、ほ場においても培土が本病の初期発生を抑制することが明らかとなった(Ⅲ 2(3)2))ことから、培土は他の防除法と組み合わせることにより、有効な耕種的防除法になり得ると考えられた。これらのことから、培土がアスパラガス茎枯病の初期発生を抑制する機作については、物理的抵抗性や全身獲得抵抗性の観点から検討を行う必要性が考えられた。

IV 培土がアスパラガス茎枯病を抑制する機作の検討

幼苗を用いた自然環境下および制御環境下、2年生株を用いたほ場での試験において、培土が本病の発生に及ぼす影響について検討した結果、りん芽から20cmの高さに培土することにより本病の初期発生が抑制されることを明らかにした(Ⅲ2)。そこで、本試験では培土が本病の初期発生を抑制する機作を明らかにすることを目的とし、物理的抵抗性および全身誘導抵抗性の2つの観点から検討を行った。

1 培土が若茎表皮の破断強度に及ぼす影響

本病は、50cm以下の部位での病斑形成が多く、感染が伸長中の茎の先端部近くや枝先近くなど若い組織でのみ起こると報告されている(福富ら、1992; 福島農試、2003)^[7,5]。この他にも、比較的若い茎または組織において、本病に対する感受性が高いことが報告されている(芦沢ら、1983; 石上・勝峯、1960; 尾沢、1975)^[1,12,28]。これらのことから、本試験では物理的抵抗性の観点から、若茎表皮の破断強度を検討した。

(1)材料および方法

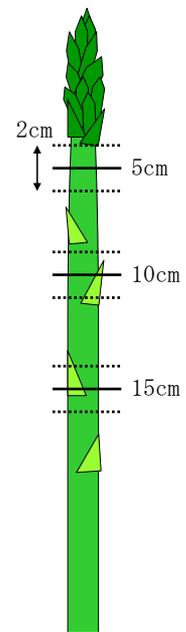
試験は、2013年7月6日に深川市にある拓殖大学北海道短期大学内の試験ほ場で行った。供試品種は‘ウェルカム’で、定植は2012年7月6日に行い、施肥は北海道標準施肥とした。試験には、萌芽前の2013年5月8日にりん芽から20cmの高さになるように培土した培土区とりん芽が隠れる程度に覆土した無処理区を設けた(写真6)。試験では、長さ25cm以上で太さが1cm程度の若茎を試料として各区9本ずつ供試した。破断強度は、直径1.7mmの円柱形プランジャーを用いて、レオメーター(REHOTEX SD-700)により測定した(写真7)。測定には、採取した若茎の穂先から5cm、10cm、15cmの位置でりん片葉を含まない長さ2cmの茎切片を用いた(第9図)。



写真 6 試験ほ場における培土区と無処理区の状況



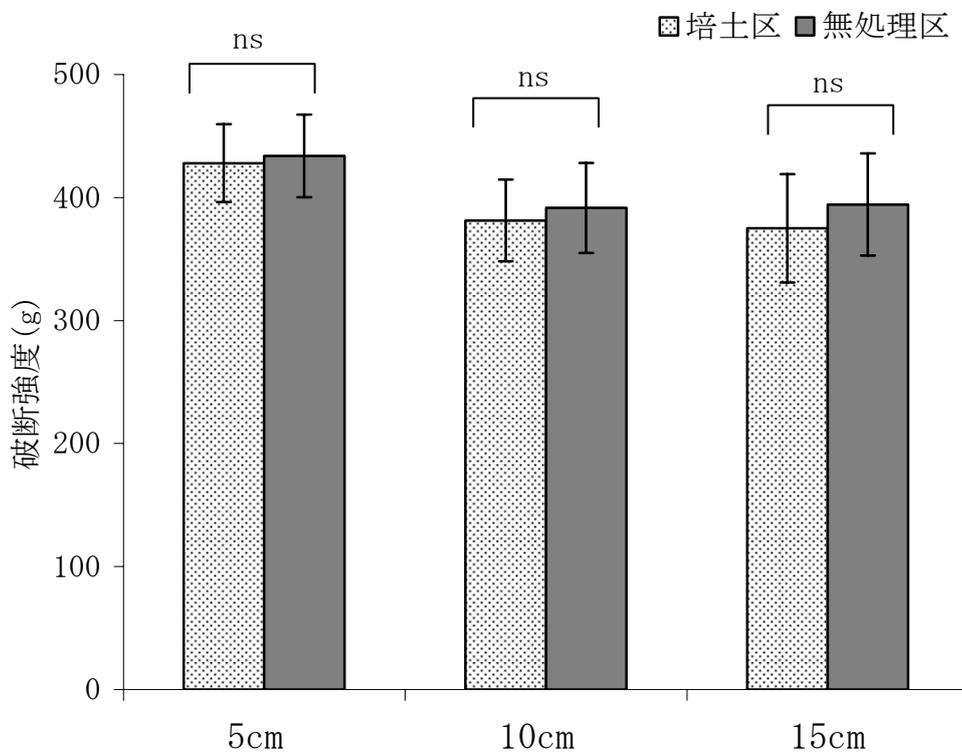
写真 7 若茎表皮の破断強度の測定



第 9 図 破断強度の測定部位

(2) 結果

穂先から 5cm、10cm、15cm の全部位において、培土区と無処理区の破断強度に差は認められなかった(第 10 図)。



第 10 図 培土が若茎表皮の破断強度に及ぼす影響

ns は t 検定により有意差なし
図中の縦棒は標準偏差を表す

2 培土がアスパラガス茎枯病に対する全身獲得抵抗性の誘導に及ぼす影響

(1)培土が若茎のプロトディオシン含量に及ぼす影響

植物の抗菌性物質に関して様々な報告があるが、培土したホワイトアスパラガスでは、抗菌性関連物質とされるサポニン(J.V.MAIZEL、1963)^[17]の1種であるプロトディオシンが発現することが報告されている(Maeda *et al*、2012)^[16]。そこで、本試験では、培土が若茎のプロトディオシン含量に及ぼす影響について検討した。

1)材料および方法

①植物材料

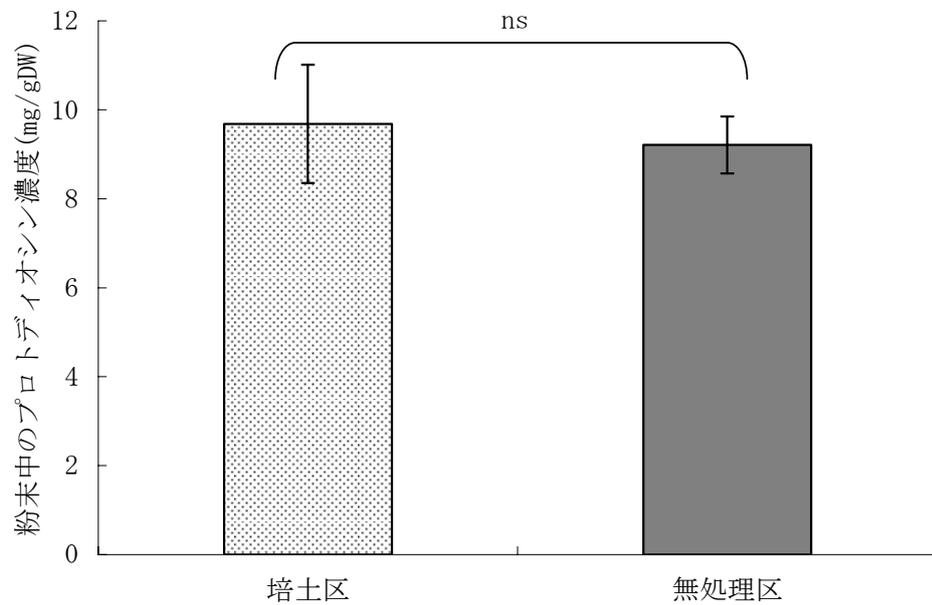
試験には、Ⅲ2(1)1)①の厚さ10cm培土区と無処理区の萌芽2~3週間後の茎を各区5本ずつ採取し供試した。

②プロトディオシン含量の測定

採取した茎を凍結乾燥させた後、50 mg 量り取り、1 mL の 70%EtOH を用いて 1 時間超音波抽出（エッペンドルフチューブ使用）した。これを遠沈（10,000rpm, 10 分間）し、上清を遠心エバポレータ対応の試験管に移して 1mL の 70%EtOH でもう一度抽出を行った。再度遠沈後、上清を回収した。回収した上清の溶媒を遠心エバポレータで完全に飛ばして乾固した後、500 μ L の 70%EtOH を加えてサンプルを溶解し、分析サンプルとした。分析前に再度サンプルを遠沈し、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）で分析を行った。HPLC の条件は以下の通りである。カラム：Waters Sunfire C18（4.6×250 mm）。移動相 A 液：アセトニトリル、移動相 B 液：0.1% TFA（トリフルオロ酢酸）。グラジエント：0-20 分（A:B=16:84）、20-30 分（A:B=16:84→A:B=40:60）、30-35 分（A:B=60:40→A:B=16:84）。検出器：ELSD 検出器（MS 機器、Model 300 ELSD）。

2) 結果

若茎に含まれるプロトディオシンの濃度について、厚さ 10cm の培土区では 9.68mg/gDW、無処理区では 9.21mg/gDW となり、処理区間で差は認められなかった(第 11 図)。



第 11 図 厚さ 10cm の培土がアスパラガス中の
プロトディオシン含量に及ぼす影響

ns は t 検定により有意差なし

(2) 培土が若茎のジャスモン酸およびサリチル酸含量に及ぼす

影響

植物は病原菌の感染に対して抵抗性の上昇を導く全身誘導抵抗性と呼ばれる現象を発現する。全身誘導抵抗性のシグナル物質として、ジャスモン酸やサリチル酸が知られており、それらは外的ストレスや病原菌の感染などにより増加するとされている(安田、2007; 石井、2004; 仲下・安田、2004; 瀬尾ら、1997) [41,13,24,34]。そこで、本試験では、培土が本病に対する抵抗性の誘導に及ぼす影響について検討することを目的とし、ジャスモン酸およびサリチル酸含量を測定した。

1) 材料および方法

① 植物材料

植物材料の栽培は、室温を $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ に制御したガラス温室内で行った。試験には、Ⅲ 2 (2) で使用した苗を供試した。苗は、地上部を地際から全伐した後、間口 $522 \times$ 奥行 $365 \times$ 高さ $309(\text{mm})$ の大きさの採集コンテナに 2013 年 6 月 7 日定植した(写真 8)。試験は、りん芽から 20cm の高さになるよう培土した培土区とりん芽が隠れる程度に覆土した無処理区を設けた。試験は、1 採集コンテナあたり 20 株を植え、3

反復とした。試験には、萌芽してから2～3週間後の茎を各区5本ずつ供試した。



写真8 ジャスモン酸およびサリチル酸の
分析サンプルの栽培状況

②ジャスモン酸およびサリチル酸含量の測定

IV 2(2)1)①で採取した植物材料の地際から 2~5cm 程度の部位を重さ 0.1~2g になるよう切り取った。切り取った茎を液体窒素で凍結させ、金槌を用いて粉碎した(写真 9、写真 10)。粉碎後、バイアル瓶に移して 20mL の EtOH を加え常温で一晩抽出し、分析まで冷蔵庫で保管した。抽出液は、別のバイアル瓶にガラス管を入れ、ガラス管の中に適量の脱脂綿を軽く詰めた中に流し入れ濾過した(写真 11)。抽出に使用したバイアル瓶に 2mL の EtOH を加え、共洗いをを行い、再度濾過した。濾過後、ガラス管にゴム球をつけ、中に残っていた抽出液を押し出した。得られた抽出液に分析用カクテルを 20 μ L 加え、遠心エバポレーター(EYELA CENTRIFUGAL EVAPORATOR CVE-3100)で溶媒を完全に飛ばした。遠心後、バイアル瓶に 2mL の 80%MeOH をシリンダーに通し、試験管内に濾過した(写真 12)。これを 3 回繰り返した。濾過後、遠心エバポレーターで溶媒を完全に飛ばした。遠心後、0.5mL の 80%MeOH を加え、溶解させた。これを分析用のバイアル瓶に移し(写真 13)、C18 カラム、DEA カラムで処理し、HPLC を用いての粗分画後、GC-MS を用いて分析を行った。



写真 9 分析サンプルの粉碎



写真 10 粉碎後の分析サンプル



写真 11 抽出液の濾過



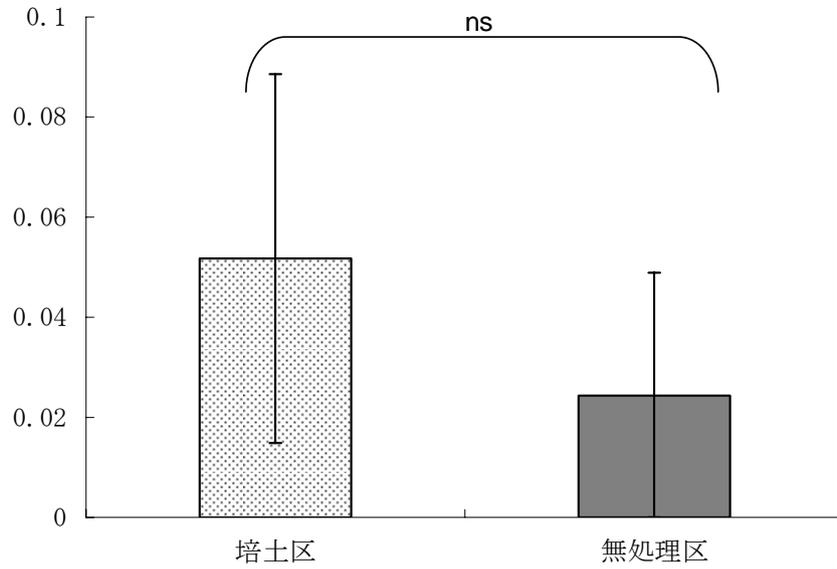
写真 12 乾固後の抽出液の濾過



写真 13 分析サンプル

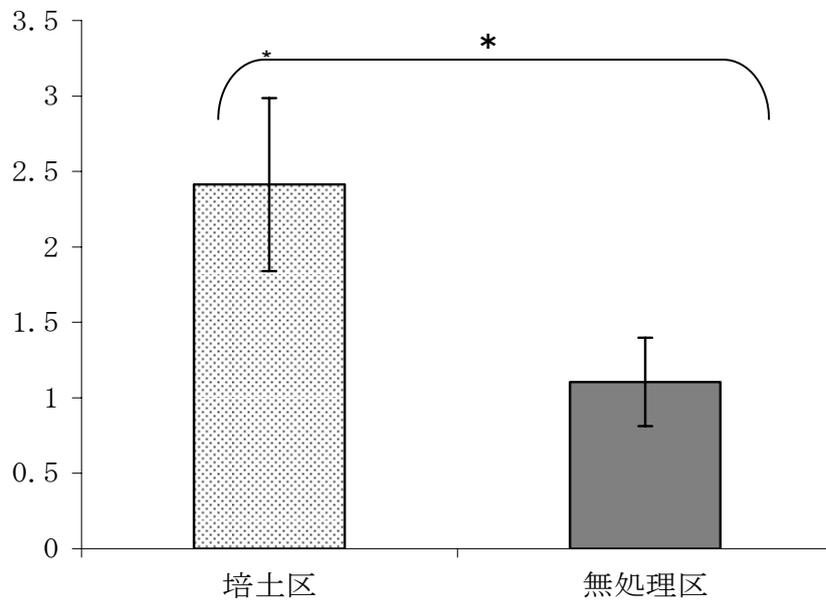
2)結果

ジャスモン酸含量には、処理区と無処理区の間で差は認められなかった(第12図)が、サリチル酸含量は、培土区の方が無処理区よりも有意に多くなった(第13図)。



第 12 図 培土が若茎のジャスモン酸含量に及ぼす影響

ns は t 検定により有意差なし
 図中の縦棒は標準偏差を表す



第 13 図 培土が若茎のサリチル酸含量に及ぼす影響

* は t 検定により 5%水準で有意差あり
 図中の縦棒は標準偏差を示す

3. 考察

培土が本病の初期発生を抑制する機作について検討した結果、培土の有無により若茎表皮の破断強度に差は認められなかったことから、本病の初期発生の抑制は物理的抵抗性によるものではないと考えられた。

処理区間でプロトディオシン含量に差は認められなかった(第 11 図)ことから、プロトディオシンと厚さ 10cmの培土との間には明確な関係性は認められなかった。これまでに、プロトディオシンはホワイトアスパラガスの中に多く含まれることが報告されている(Maeda *et al*、2012)^[16]。

培土が若茎のサリチル酸含量を増加させたことから(第 13 図)、培土をすることによりサリチル酸が増加し、本病に対する抵抗性が誘導されていると考えられた。また、本試験において、ジャスモン酸は増加せず、サリチル酸が増加したことはジャスモン酸とサリチル酸が拮抗関係にあるという報告(瀬尾ら、1997)^[34]と一致した。

V 総合考察

名寄市、東神楽町、美唄市において本病の発生が新たに確認されたことから、1985年以降において、本病の発生地域が道北部まで拡大、定着していると考えられた。本病は雨滴の跳ね上がりにより若茎頭部に感染するとされていることから(芦沢ら、1983; 酒井ら、1992)^[1,30]、北海道の立茎時期にあたる7月に降水量が増加していることが発生拡大の要因の一つであると考えられた。これらのことから、露地栽培が中心である北海道においても府県と同様に本病に対する防除体系の検討が必要であると考えられた。

本病に対する耕種的防除法としてはマルチ栽培やバーナーによる残茎の焼却などが報告されている(酒井ら、1992; 小木曾、2012)^[31,27]が、これらの防除法は栽培規模や作型などの産地の事情により取り組み難い状況もある。このことから、新たな耕種的防除法について検討した結果、罹病茎の抜き取りや全伐後の再立茎を行うことによって、本病の発生が抑制されることを明らかにした。以上の結果から、罹病茎の抜き取りや全伐後の再立茎は、本病に対する耕種的防除法として有効であると考えられた。しかし、薬剤防除の方法により処理後の本病の発生程度は異なると考えられるので、防除薬剤の種類や散布時期については、さらなる

検討が必要である。また、本試験では、罹病茎の抜き取りはアスパラガスの収穫と並行して行ったが、罹病茎の抜き取りを前提とした立茎数や抜き取りと全伐処理を選択する基準についても今後設定していく必要があると考えられた。

北海道における本病の発生状況を調査した際、土耕で栽培するホワイトアスパラガス生産ほ場において本病の発生が認められなかったことから、培土を利用した防除方法の開発が考えられた。厚さ 10cm の培土では本病の発生は抑制されなかったが、厚さ 20cm の培土では初期発生が抑制されたことから、りん芽から 20cm の高さに培土することにより、本病の初期発生を抑制すると考えられた。ほ場においても、培土が本病の初期発生を抑制することが明らかとなったことから、培土は他の防除法と組み合わせることにより、有効な耕種的防除法になり得ると考えられた。本研究において、本病の発生を抑制するためには、厚さ 20cm の培土が適当であることが示されたが、培土厚がアスパラガスの生産に及ぼす影響についても検討を要すると考えられた。りん芽から 15cm の高さに培土することにより若茎の L 級比率が高まるという報告（酒井ら、2009）^[32]もあることから、若茎（夏芽）の商品価値を高められる可能性が考えられた。また、全ての試験において初期発生のみが抑えられていることから、他の方法を組み合わせる防除を行

う場合、時期等の検討が必要である。これらのことから、罹病茎の抜き取りや全伐後の再立茎、培土は本病の防除に有効であると考えられたが、これらの防除法は単体での実施ではなく、他の防除法と組み合わせて実施する必要があると考えられた。また、培土を行ったほ場において次年度の培土を崩す時期や培土の機械化などそれぞれの生産ほ場の実状に適した防除法の改良を検討する必要があると考えられた。

培土が本病の初期発生を抑制する機作について検討した結果、培土の有無により若茎表皮の破断強度に差は認められなかったことから、本病の初期発生の抑制は物理的抵抗性によるものではないと考えられた。また、培土にかかわらずプロトディオシンと厚さ 10cmの培土との間には明確な関係性は認められなかった。これまでプロトディオシンに関しては若茎での報告 (Maeda *et al*、2012)^[16]はあったが、苗の茎葉については本報が初めてとなる。培土の有無により処理区間でジャスモン酸含量に差は認められなかったが、サリチル酸含量については培土により増加したことから、培土は本病に対する抵抗性を誘導する可能性が考えられた。また、ジャスモン酸は増加せず、サリチル酸が増加したことはジャスモン酸とサリチル酸が拮抗関係にあるという報告 (瀬尾ら、1997)^[34]と一致した。石井

(2004)^[13]の報告では、アシベンゾラルSメチルによる全身抵抗性誘導効果の持続期間について検討した結果、キュウリ炭そ病に対して1ヵ月持続したとしている。このように全身性の抵抗は数週間から数ヵ月間持続することが知られている(安田、2007)^[41]ことから、培土により若茎内のサリチル酸含量が増加し、全身誘導抵抗性が発現したが、数週間後には本病に対する抵抗性が失われたため、初期発生のみ抑制したと考えられた。病原菌の侵入により、サリチル酸が増加することが知られていることから(Malamy *et al*, 1990)^[18]、畑土を培土することにより、土壌中の微生物の侵入を受けることによって、サリチル酸が増加し、本病に対する抵抗性が誘導された可能性が考えられた。

以上の結果から、本病に対する耕種的防除法として、罹病茎の抜き取り、全伐後の再立茎、培土は有効な防除方法であると考えられた。今後は、接種部位をりん芽から同じ高さにした場合の抑制程度の検討ならびに組織学的な観点からも試験を進めていく予定である。また、培土が本病に対する抵抗性を誘導する要因についても検討を行う必要があると考えられた。

VI Summary

Stem blight caused by *Phomopsis asparagi* leads to considerable damage to asparagus production in Japan. I studied the effective cultural control of stem blight and obtained the following results.

1. The occurrence of this disease was observed in green asparagus fields in the southern, central, and northern parts of Hokkaido.
2. White asparagus field to the mound soil, there was no occurrence of the disease.
3. The occurrence of this disease was suppressed by pulling out the diseased stems or cutting all the stems.
4. Development of the symptoms of the disease can be inhibited by mounding the soil to a thickness of 20 cm above the rhizomes.
5. The breaking strength of asparagus spears cultured in the field where the soil was mounded was comparable to that of spears that were not treated.
6. There was no difference in the level of protodioscin in the treated and untreated spears.
7. The salicylic acid content in stems that emerged from mounded soil was higher than that in untreated stems.

On the basis of the above-mentioned results, I believe that pulling out diseased stems, cutting all the stems, and mounding the soil are effective methods to cultural control this disease. I concluded that mounding the soil might lead to the development of a systemic acquired resistance in asparagus. These control methods could become effective when combined with other control methods.

VII 謝辞

本研究を遂行するにあたり、農業改良普及指導員の方々、JA 営農指導員の方々そして生産者の皆様には多大なるご協力を賜った。株式会社ファームホロ 白井正利事務長、西田忠雄農場長、木島誠二アスパラリーダーには本試験を遂行するにあたり有益なご助言ならびにご協力を賜った。美幌町みらい農業センター 午来博主査には生産現場での問題点などをご教授賜った。これらのご厚意に対し深く感謝の意を表す。

プロトディオシン含量の測定を行うにあたり弘前大学 前田智雄准教授には貴重なご助言とご協力を賜った。若茎の破断強度測定を行うにあたり酪農学園大学 金田勇教授には有益なご助言とご指導を賜った。ジャスモン酸およびサリチル酸の分析を行うにあたり北海道大学 松浦英幸准教授には丁寧なご指導を賜った。酪農学園大学 佐々木均教授、酪農学園大学 岡本英竜准教授には丁寧なご閲覧を賜った。ここに謹んで深く感謝の意を表す。

また、農場生態学研究室の方々には、研究を遂行するうえで多大なるご協力を賜った。大学院での勉強ならびに研究を応援し、支えてくださった家族や友人達には本研究を実施するきっかけを与えていただいた。これらのご厚意に対して心から深く感謝の

意を表する。

酪農学園大学 児玉不二夫特任教授には、終始親切なご助言と
激励をいただくとともに、丁寧なご指導を賜った。酪農学園大学
園田高広教授には、本研究を遂行するきっかけを与えていただ
くとともに、終始丁寧なご指導ならびにご閲覧の労を賜った。こ
らの諸氏に対して心より感謝の意を表する。

VIII 引用文献

- [1] 芦沢俊行、浅利覚、内田勉. 1983. アスパラガス茎枯病の発生生態と防除に関する研究. 山梨農業試験場研究報告、23 : 99-115
- [2] Bubák, F. 1906. Zwitterbeitrag zur pilzfiora von Montenegro. *Phomopsis Asparagi* (Sacc.). *Bubk-Phoma Asparagi* Sacc., Bill. De l'Herbier Boissier 2 : 393-408
- [3] Davis, R. D. 2002. Management of three newly recorded asparagus disease in Queensland will require adoption of new production strategies. *Acta Hortic.* 589 : 365-371
- [4] Farmer, EE. 1994. *Plant Mol Biol.* 26 : 1427-37
- [5] 福島県農業試験場. 2003. アスパラガスにおける効率的育種手法の開発. 福島県農業試験場特別研究報告. 第8号
- [6] 福富雅夫、田知本正夫、森川千春、中谷内修、野村央文、松代平治. 1991. アスパラガス茎枯病および立枯病に関する研究. 石川農業短期大学農業資源研年報、No.3 : 49-58
- [7] 福富雅夫、田知本正夫、森川千春、中谷内修、野村央文、松代平治. 1992. アスパラガス茎枯病に関する研究第2報総合防除法. 北陸病虫研報、40 : 63-70

- [8]原田敏男、吉沢中夫、小池政一、中村知義、赤穂武重、西原理治、酒井章雄．1973．アスパラガス茎枯病の薬剤防除における残茎除去の効果．関東病虫研報、20：45
- [9]北海道立中央試験場．1987．アスパラガス茎枯病防除技術確立試験．昭和61年度北海道農業試験会議試料
- [10]生咲巖(香川農業試験場)．アスパラガス茎枯病の発生消長と各種薬剤の防除効果．2008．豊穰、第46号、22-23.1(1)
- [11]井上勝広、元木悟、前田智雄、尾崎行生、渡辺慎一、園田高広、浦上敦子、佐藤達雄、山口貴之、甲村浩之、重松武、小川恭弘、北澤裕明、池内隆夫、松永邦則、2013．世界のアスパラガス生産の現状と展望〔13〕13．アスパラガスの国内生産および輸入、消費の動向．農業および園芸、第88号、第1号、4-13
- [12]石上孔一、勝峯正允．1960．アスパラガス茎枯病(*Phoma asparagi* Sacc.)に関する研究(第1報)病原菌の生態と防除方法について．愛知園試研報、1：87-92
- [13] 石井英夫．作物の誘導抵抗性を利用した病害防除．2004．農業環境技術研究所 農薬影響軽減ユニット

- [14]上川農業改良普及センター名寄支所.平成23年度アスパラガス低収要因解析. H24 営農と生活のしおり、園芸、24
http://www.kamikawa.pref.hokkaido.lg.jp/ss/nkc/05_nayoro/kankou/h24-engei.pdf
- [15]国土交通省気象庁. 1981～1985、2008～2012
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- [16] Tomoo Maeda, Tatsuru Jishi, Kazushige Honda¹, Hajime Araki, Takashi Suzuki and Masahiko Suzuki. 2012. Effects of Blanching Method on Sugar and Protodioscin Contents of White Asparagus Spears. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 81 (2): 166-170
- [17]Maizel, J. V., H. K. Mitchell. 1964. *Biochemistry.* 3、424
- [18] Malamy, J, Carr, JP, Klessig, DF and Raskin, I. 1990. *Science* 250 : 1002-1004
- [19]McConn, M, Creelman, RA, Bell, E, Mullet, JE and Browse, J. 1997. *Proc Natl Acad Sci USA.* 94 : 5473-5477
- [20] 光原一郎、瀬尾茂美、大橋祐子. 2004. 新版 分子レベルから見た植物の耐病性、細胞工学別冊 植物細胞工学シリーズ 19. 島本功・渡辺雄一郎・柘植尚志編. 126-134. 秀潤社. 東京

- [21]守川俊幸． 1991． アスパラガス茎枯病， 病原菌と防除法． 農薬グラフ． 119： 2-5
- [22]元木悟、前田智雄、井上勝広、山口貴之、渡辺慎一、松永邦則、尾崎行生、浦上敦子、甲村浩之、佐藤達雄、荒木肇、北澤裕明． 2011． 世界のアスパラガス生産の現状と展望〔1〕 1． 世界および日本のアスパラガス生産の動向． 農業および園芸、86(7)、775－783
- [23]Nakashita, H, Yoshioka, K, Yasuda, M, Nitta, T, Arai, Y and Yamaguchi, I. 2002. *Physiol Mol Plant Pathol*. 61: 197-203
- [24] 仲下英雄、安田美智子． 全身獲得抵抗性と植物ホルモン． 2004. *Regulation of Plant Growth & Development*, Vol. 39, No. 2, 203－213
- [25]農耕と園芸編集部． 2010． 野菜の栽培技術シリーズ 高品質多収を実現するアスパラガスの生理生態と生産事例、誠文堂新光社、東京
- [26]農林水産省． 2012． 平成 24 年産野菜生産出荷統計、アスパラガス
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001115571>
- [27]小木曾秀紀、酒井浩晃、藤永真史、松本悦夫． 2012． 関東東山病虫害研究会報、59： 39-42

- [28]尾沢賢. 1975. アスパラガス茎枯病の生態と防除. 植物防疫、
29 : 288-291
- [29]Saccard, P. 1884. *Phoma asparagi* Sacc. Mich, I. 257、Syll.
Fung、3 : 162
- [30]酒井泰文、伊藤悌右、田中昭夫. 1992. アスパラガス茎枯病
の発生生態. 広島県農業技術センター研報、55 : 97-107
- [31] 酒井泰文、伊藤悌右、田中昭夫. 1992. アスパラガス茎枯
病の耕種的防除法. 広島県農業技術センター研報、55 : 109-119
- [32]酒井浩晃、鈴木尚俊、重盛勲. 2009. アスパラガスの二期ど
り栽培におけるかん水と培土による増収効果
- [33]沢田兼吉. 1922. アスパラガス茎枯病. 台菌調、1 : 528-531
- [34]瀬尾茂美、佐野浩、大橋祐子. 病傷害抵抗性のシグナル物質、
サリチル酸とジャスモン酸の拮抗作用. 1997. The Japanese
Society for Chemical Regulation of Plants (JSCRП)、Vol. 32、
No. 1
- [35]新留伊俊、小芦健良. 1967. 暖地におけるアスパラガス茎枯
病の被害と薬剤防除. 九州農業研究、29 : 102-103

- [36]Sonoda, T., A.Uragami, K. Kaji. 1997. Evaluation of Asparagus officinalis Cultivars for Resistance to Stem Blight by Using a Novel Inoculation Method. HORTSCIENCE 32(6) : 1085-1086
- [37]園田高広、浦上敦子、伊藤喜三男、甲村浩之、大和田正幸、梶和彦. 2001. アスパラガス属植物における茎枯病抵抗性とその雌雄間差異. 園学雑、70(2) : 244-250
- [38]園田高広、元木悟、甲村浩之、尾崎行生、瀧澤民雄、山口貴之、松永邦則. 2013. 世界のアスパラガス生産の現状と展望〔15〕
15. 世界および国内各地で問題となる茎枯病対策～発生生態とタイおよび国内産地の対策事例～. 農業および園芸、第88巻、第3号、341-349
- [39]田中欽二、土田清二、野中福次. 1987. 佐賀県におけるアスパラガス茎枯病の発生について. 九州病虫研報、33 : 66-70
- [40]Weber, H, Vick, BA and Farmer, EE. 1997. *Proc Natl Acad Sci USA*. 94 : 10473-10478
- [41] 安田美智子. 植物の全身獲得抵抗性誘導剤の作用機構に関する研究. 2007. 日本農薬学会誌、32(3)、291-296

[42]Yin J., C. Chin, J. Ye, W. Zhao and G. Li. 2009. An effective asparagus stem blight management program. Proc. 12th Intl. Asp. Symp. 97

[43]Yoshioka, K, Nakashita, H, Klessing, DF and Yamafuchi, I. 2001. *Plant J*, 25 : 149-157