第１章.　緒　言

ネギ属(*Allium*)には約 750 種が含まれ(Stearn 1992)，そのうちネギ(*Allium fistulosum* L.)，タマネギ(*Allium cepa* L.Common onion group)，ニンニク(*Allium sativum* L.)，リーキ(*Allium ampeloprasum* L. Leek group)，ニラ(*Allium ramosum* L.)等の約 20 種以上が食用に利用されている(vav der Meer 1997)．ネギは，中国北西部に起源すると推察されており，現在では主に東アジア，特に日本，中国および韓国で広く栽培されている(Ford-Lloyd et al. 1993；熊沢・勝股 1965)．我が国でのネギ栽培の歴史は古く，奈良時代以前から栽培されていたと考えられる(位田・山崎 2008)．2008 年の国内におけるネギの栽培面積は 19,580ha，収穫量は 424,400t であり(農林水産省統計部 2009)，その生産額はトマト，イチゴ，キュウリに次ぐ第 4 位(1,202 億円，2006 年)の経済的に重要な野菜である．

国内のネギ品種は冬期の休眠性の深いものから順に加賀群，千住群，九条群の 3 群に大別されており，加賀群が関東以北，千住群が関東・東海地方，九条群が東海以西の暖地に分布する．また，その用途から，土寄せすることで葉鞘部を軟白化させる根深ネギと葉身部を食用とする葉ネギに分類され，加賀群，千住群が主に根深ネギ，九条群が主に葉ネギとして利用されている(熊沢・阿部 1956)．1990 年代以降，根深ネギ栽培においては，農業形質において高い均一性を示す F_1 品種が主流となっている(安藤 2008)．

北海道におけるネギの栽培面積は 852ha(全国第 5 位)，収穫量は 29,200t(全国第 4 位)であり(農林水産省統計部 2009)，全国有数のネギ産地となっている．道内におけるネギ栽培面積の 84%が 8～10 月に収穫する「8～10 月どり作型」であり，いずれも根深ネギである(道南農試園芸環境科調べ 1995)．8 月どり，9 月どり，10 月どりの各作型は，ビニルハウス内で約 2 ヶ月間育苗した苗を 4 月下旬，5 月中旬，6 月中旬に露地圃場に定植し，8 月，9 月，10 月に収穫する．

我が国のネギ栽培における重要病害は，べと病，さび病，黒斑病，疫病，小菌核腐敗病(若生 2008)で，道内ではべと病，さび病および黒斑病であり(阿部 1998；安岡 2004)，葉枯病の発生がネギ栽培上で問題視されることはこれまでなかった．

近年，道内のネギ産地では収穫株の中心葉に発生する黄色斑紋症状(Plate I C)による外観品質の低下が顕在化している．ネギ(根深ネギ)は葉鞘部(長さ約 40 ㎝)に 3 枚程度の中心葉(長さ約 20 ㎝)を付けた状態で出荷するため，出荷部位である中心葉での黄色斑紋症状の発生は著しく外観品質を低下させる．本症状の発生がはじめて確認された時期は定かではないが，2002 年発行の「ながねぎ栽培改善の手引き I」(渡島中部地区農業改良普及センターねぎプロジェクトチーム編 2002)には，本症状が記載されているため，2002 年以前から発生していたと考えられる．本症状を顕微鏡下で観察すると *Stemphylium* 属菌の分生子を確認できることから，本症状がネギ葉枯病の一症状であると考えられるようになった(安岡 未発表)が，実験的な証明はされていない．

ネギ葉枯病は，葉身の先端部(Plate I A)および中心部(Plate I B)に長径が 6～7 ㎝程度の紡錘形～楕円形の褐色病斑(以下；褐色楕円形病斑)を形成する病害として，古くからその発生は知られていた(出田 1911)が，本病が収量に影響を及ぼすほどあるいは出荷部位である中心葉に達するほど多発生することはなかったため，栽培上重要視されず，本病に関する研究はほとんど行なわれてこなかった．しかし，黄色斑紋症状の発生による外観品質の低下およびそれに伴う経済的な損出は甚大であるため，本症状と葉枯病との関係を中心とした発生原因の解明ならびに，防除対策の確立が生産現場から強く要望された．

著者は 2005 年から 2009 年まで，北海道立道南農業試験場(現北海道立総合研究機構[道総研]道南農業試験場)において，黄色斑紋症状の発生原因の解明ならびに同症状およびネギ葉枯病の発生実態，発生生態および防除に関する調査・研究を行った．本論文は，その結果をとりまとめたものである．

本論文のご校閲を賜った北海道大学大学院農学研究院教授増田税博士，同近藤則夫博士，同大学副学長上田一郎博士に衷心より深く感謝の意を表する．また，本研究を遂行するにあたり，研究課題を与えていただくとともに，終始ご指導を賜った元道立中央農業試験場クリーン農業部長鳥倉英徳氏，元道立中央農業試験場生産環境部長中尾弘志博士(現北海道植物防疫協会)，一部共同研究を実施し，絶大なご支援をいただいた道立道南農業試験場病虫科長安岡眞二氏(現道総研十勝農業試験場)，独立行政法人・農業生物資源研究所佐藤豊三博士，同埋橋志穂美博士(現 Agriculture and Agri-Food Canada)には，心から感謝の意を表す．

また，本研究を行うにあたり，適切なご助言とご協力をいただいた前北海道農業研究センター松本直幸博士，

道総研道南農業試験場研究主幹川岸康司博士(現道総研花野菜技術センター)，同主任研究員柿崎昌志氏，同野津あゆみ氏(現道総研花野菜技術センター)，本稿の取り纏めに際して終始激励を賜った道総研中央農業試験場病虫部長田中文夫博士，同試験場堀田治邦博士(現道総研道南農業試験場)，多大なるご協力をいただいた道総研道南農業試験場契約職員八木橋直美氏，関根昌子氏，元北海道立道南農業試験場臨時職員中川久子氏，片石照子氏，石川由紀子氏に厚く感謝申し上げる．

さらに，現地試験等においてご協力頂いた渡島農業改良普及センター西村景氏(現後志農業改良普及センター北後志支所)，同高田伸子氏(現日高農業改良普及センター)，同佐々木親義氏(現空知農業改良普及センター空知南東部支所)，同小林佐代氏(現空知農業改良普及センター空知北部支所)，同山口和彦氏(現桧山農業改良普及センター)，同井上(泉)咲子氏はじめ道内各普及センター各位，供試菌株の分譲を賜った道総研花野菜技術センター西脇由恵氏，富山県農業技術センター関原順子氏(現富山県高岡農林振興センター)，青森県農林総合研究センター岩谷香緒里氏，研究遂行上のご便宜を賜った新函館農業協同組合蛯名慶徳氏，株式会社武蔵野種苗園生井修氏，広島県立総合技術研究所清水佐知子氏，試験圃場を提供いただくとともに，ネギ栽培について多くのご助言を賜った北斗市のネギ生産者坂本幸治氏ならびに中川郁雄氏に心より感謝の意を表する．

最後に本研究の遂行と論文執筆にあたり終始激励してくれた妻・紀子に感謝の意を表する．

第 2 章．研究史

ネギ葉枯病菌の完全世代は *Pleospora* 属，不完全世代は *Stemphylium* 属である．

Pleospora 属は子のう菌門，小房子のう菌綱(Loculoascomycetes)，*Pleosporales* 目，*Pleosporaceae* 科に属する(Barr 1990)．基準種は *P.herbarum* であり，Wehmeyer (1961)は本属菌として 110 種 6 品種を報告しているが，ほとんどの種が腐生菌であり，植物病原菌は少ない．*Pleospora* 属研究のはじまりは，Rabenhorst(1857)の標本 'Klotzshc, Herb. Mycol. ed. 2, no.547 a-e, 548 in shed.' であり，Cesati and Notaris (1863)によってはじめて文献に記載された(Wehmeyer 1961)．本属菌は偽子のう殻内に棍棒状～長楕円形，二重壁の子のうを形成し，その内部には縦横に石垣状の隔壁を有する黄褐色・スリッパ型の子のう胞子を 8 個内包する(Barr 1990 ; Webster 1985).

Stemphylium 属は，*S.botryosum* を基準種とする不完全菌である(Wallroth 1833)．本属の形態は宿主植物や環境による変異が大きいことおよび 1800 年代の新種報告論文における形態に関する記載が簡単かつ不明確であったことから，多くの新種および新属が設立された(山本 1961)．日本菌類目録(原 1954)には *Stemphylium* 属 4 種とその関連属として *Alternaria* 属 39 種，*Macrosporium* 属 23 種，*Thyrospora* 属 4 種が記載されている．*Macrosporium* 属は Fries(1832) および Berkeley(1838)によってそれぞれ設立された属であるが，Elliott(1917)および Wiltshire(1938)によって Fries の *Macrosporium* 属は *Alternaria* 属の同属異名，Berkeley の *Macrosporium* 属は *Stemphylium* 属の同属異名であることが証明された．また，*Thyrospora* 属は Tehon and Daniels(1925)によって設立された属であるが，Bongini(1931)により *Stemphylium* 属の同属異名であることが証明され，前述の 4 属は *Stemphylium* 属と *Alternaria* 属の 2 属に整理された(山本 1961). その後，Simmons(1967) は *Stemphylium* 属の一部の種を Preuss(1851)により設立された *Ulocladium* 属に転属し，*Embellisia* 属(Simmons 1971) および *Nimbya* 属(Simmons 1989)が追加され，現在ではこれら 5 属が一般に *Stemphylium* 属の関連属として扱われるようになった(西川 2010)．*Stemphylium* 属に属する種として Ellis(1971 ; 1976)は 7 種，Yu(2001)は韓国産 8 種，Neergaard(1945)はデンマーク産 7 種を記載しており，2002 年時点で 33 種が報告されている(Câmara et al. 2002)．しかし，現在も中国において次々と新種が発見・報告されており(Zhang et al. 2003 ; 張 2009 ; Wang and Zhang 2006 ; Wang et al. 2009), その数は増加している．本属菌は，分生子柄先端が褐色となり顕著に膨潤し，貫生により再伸長する(Simmons 1967). 分生子は分生子柄先端に単生し，分生子は縦横の隔壁を有する(Ellis 1971)等の形態的特徴を有する．

日本植物病名目録(日本植物病理学会編 2000)には，ネギ葉枯病の病原菌として，*Pleospora herbarum* (Pers. : Fries) Rabenhorst ex Cesati & De Notaris : 不完全世代 *Stemphylium herbarum* Simmons が記載されいる．国内における本病の初記載は 1911 年の「日本植物病理学」であるが，同書においては「欧米において *P. herbarum* によるネギ属の病害が発生しており，我が国においても発生している」と記載しているのみ(出田 1911)であり，葉枯病の病名の記載はない．葉枯病の病名は「続日本植物病理学」(出田 1925)に記載されており，これが国内における病名の初記載であると考えられる．その後，本病，黒斑病および黒渋病を同一病害であると考える研究者もあらわれ混乱が生じた時期があったが，吉井(1929)がこれらの病害の病原・病徴について，実験的・文献的な比較検討を行い，それぞれ別な病害であると主張する論文を発表し，これを整理した．また，近年になって柴田ら(2000)は *Stemphylium vesicarium* (Wallroth) Simmons(完全世代 *Pleospora* sp.)を本病の病原として追加することを提案している．菅野(1998)は宮城県における葉枯病の被害が黒斑病と比較して軽いことを報告している．以上が国内における本病に関する文献のすべてである．菅野(1998)が本病の被害について簡単に言及しているものの，いずれの文献においても詳細な発生場所および発生状況については記載されておらず，本病の発生および被害の実態は不明である．海外においては，韓国(Cho and Yu 1998 ; Yu 2001)および中国(張 2009 ; Tai 1979 ; 蔡・童 1997)においても本病の発生記録があり，ネギ栽培が行われている東アジアでは広く発生していると考えられる．

葉枯病菌の完全世代と不完全世代の関係については歴史的な変遷があり，Wiltshire(1938)は葉枯病の病原の 1 つである *P. herbarum* の不完全世代が *S. botryosum* であるとした．しかし，Simmons(1985)は *P. herbarum* のタイプ標本の再検討を行い，本種の不完全世代は *S.botryosum* とは形態的に異なることを明らかにした．

そこで，Simmons(1985）は *P.herbarum*(広義）を *S.botryosum* の完全世代である新種 *Pleospora tarda* Simmons と *P. herbarum* (狭義)による種複合体であるとした．また，*P. herbarum* (狭義)の不完全世代として，新種 *Stemphylium herbarum* Simmons を創設した．*S.vesicarium* の完全世代については *P. allii* (Rabenhorst) Cesati & De Notaris を採用している研究者もいるが(Llorente and Montesinos 2006 ; Rao and Pavgi 1973 ; Rossi et al. 2008)，両種の同根関係については詳細な検討が行われていないため，Simmons(1969)は *Pleospora* sp．を採用している．国内でも，*S.vesicarium* の完全世代が Rao and Pavgi(1973)が記載した *P. allii* と形態的に近似していた(柴田ら 2000)という観察結果はあるものの，日本植物病名目録(2000)においても *Pleospora* sp.を採用している．

日本植物病名目録には *Stemphylium* (*Pleospora*)属菌による病害として，*P.herbarum*(広義)ではユリ科，マメ科など 6 科の 14 種，*S.vesicarium* ではネギ，シュッコンアスター，スミレ類の 3 種植物の病害が記載されている．これらの病害の防除に関する研究事例は少なく，アスパラガスにおいて薬剤防除に関する知見(近藤ら 1992 ; 鈴井 1973a ; 渡部ら 2004)，シュッコンアスターにおいて品種間の発病差異と薬剤防除に関する知見(市川 1992)があるのみである．

第 3 章．発生実態と被害

ネギ葉枯病は 1911 年に出田によって報告された病害であるが，その発生および被害の実態に関する報告はない. そのため, 本章では北海道における本病の褐色楕円形病斑および本病の関与が指摘されている黄色斑紋症状の発生実態および発生推移を調査した．さらに，褐色楕円形病斑および黄色斑紋症状の全葉発病程度と出荷葉発病程度の関係，発生と収量の関係，出荷後の黄色斑紋症状の増加の可能性についても検討した.

第 1 節．北海道における発生実態

試験方法

調査は，2007 年 9～10 月に北海道内の主要なネギ栽培地帯 4 支庁（現：振興局）管内 3 市 3 町内のネギ栽培 32 圃場を対象に行った．調査月日および調査市町は，9 月 21 日に北斗市および七飯町，10 月 2 日に栗山町および長沼町，10 月 19 日に伊達市，10 月 24 日に旭川市で実施した．市町別の調査圃場数は，北斗市および七飯町は各 10 圃場，長沼町および栗山町は各 4 圃場，伊達市は 3 圃場，旭川市は 1 圃場で行った．北斗市，七飯町，長沼町では 9 月どり作型，栗山町，伊達市，旭川市では 10 月どり作型を対象に，1 圃場あたり 20 株×2 ヶ所の計 40 株を調査した.

褐色楕円形病斑は，葉身先端部に発生する先枯れ病斑と葉身中央部に発生する斑点病斑に分けて調査した．先枯れ病斑は発病株率で，斑点病斑は Table 3-1-1 に示した 0～4 の指数，黄色斑紋症状は Table 3-1-2 に示した 0～4 の指数にしたがって調査し，次式によって発病度を算出した．発病度 ＝ 調査指数合計 ÷ 調査株数 ÷ 最大指数 4 × 100．斑点病斑は株毎に指数を判定し，黄色斑紋症状は中心葉 3～4 葉を調査し，最も発病程度の高い葉の発病指数をその株の発病指数とした．なお，以降の圃場試験はすべて本試験と同様の方法で調査を実施した．各調査圃場より発病株を採取し，顕微鏡下で病斑上の菌の観察を行った．先枯れ病斑および斑点病斑は，病斑上に形成した菌を掻き取り観察し，黄色斑紋症状は発生部位を薄く削り取り観察した．先枯れ病斑は 1 圃場あたり 10 病斑，斑点病斑は 0～10 病斑，黄色斑紋症状は 1 圃場あたり 0～9 病斑を観察した.

試験結果

調査した 32 圃場いずれにおいても褐色楕円形病斑ならびに黄色斑紋症状の発生が認められた(Table 3-1-3). いずれの病斑も褐色楕円形病斑か黄色斑紋症状に明瞭に区分でき，両者の中間的な病徴を示す病斑は認められなかった.

Table 3-1-1.　Disease index of spot lesion

0=	No symptom
1=	Less than 5% of leaf area is covered with lesions
2=	5～25% of leaf area is covered with lesions
3=	25～50% of leaf area is covered with lesions
4=	More than 50 % of leaf area is covered with lesions

Table 3-1-2.　Disease index of yellow mottle symptom

0＝	No symptom
1＝	Less than 10 small (c.a.10 mm^2) ambiguous lesions per leaf are found
2＝	More than 10 small ambiguous lesions per leaf are found and total area covered by leasions are less than 5 cm^2 per leaf or some small clear lesions per leaf are found
3＝	Large (c.a. 25 mm^2) clear lesions are found and total area covered by lesions are less than 2 cm^2 per leaf or only small ambiguous lesions are found and total area covered by lesions are more than 5 cm^2 per leaf
4＝	Large clear lesions are found and total area covered by lesions are more than 2 cm^2 per leaf

先枯れ病斑の発病株率は，北斗市および伊達市ではいずれの圃場においても 90%以上であった. その他の調査地点においても，栗山町内の 1 圃場を除き，いずれも発病株率 50%以上であり, 本病発生の特徴として葉先枯れ症状を呈する株が多いことが明らかとなった．先枯れ病斑上に形成した菌を顕微鏡下で観察した結果，葉枯病菌が単独で，またはべと病菌およびさび病菌とともに観察され，黒斑病菌は確認されなかった(Table 3-1-4)．長沼町および伊達市では，先枯れ病斑上に葉枯病菌とべと病またはさび病菌が混在する病斑の割合が 33.3～42.5%であったが，市町別の菌割合の全道平均値は葉枯病菌のみが確認された割合が 90.0%に達した.

斑点病斑の発病度別の発生圃場数は，発病度 0～10 が 11 圃場，10～25 が 12 圃場，25 以上が 9 圃場であった(Table 3-1-3)．発病指数 1 は病斑面積率 5%以下であり，これは株あたり 10 病斑以下に相当する．調査した 32 圃場中 23 圃場においては斑点病斑の発病度が 25 以下(株当たり平均発病指数 1 以下), すなわち株当たりの病斑数

は 10 個以下と，発生量は少なかった．斑点病斑の発病度が 25 以上であったのは，北斗市内 6 圃場，長沼町内 2 圃場および伊達市内 1 圃場であった．合計 118 の斑点病斑について病斑上に形成した菌を顕微鏡下で観察した結果，葉枯病菌(べと病菌，さび病菌との混合感染を含む；PlateⅡA，C，D)が 116 病斑，黒斑病菌はわずか 2 病斑のみであった．葉枯病と黒斑病の市町別の割合の全道平均値は葉枯病が 98.3%，黒斑病が 1.7%であった(Table 3-1-4)．葉枯病の斑点病斑と黒斑病は病徴が酷似し，両病害を病徴により区別することはできなかった．

黄色斑紋症状の各圃場における発病度は 3.1～61.3 であり，栗山町で発病度 3.1～16.9 とやや低い傾向にあった(Table 3-1-3)．発病指数 3 以上の株率別の発生圃場数は，0%が 15 圃場，0.1～10%が 6 圃場，10～20 が 6 圃場，20～30%が 2 圃場，30～40%が 2 圃場，40%以上が 1 圃場であった．黄色斑紋症状発生部位を顕微鏡下で観察した結果，すべての黄色斑紋症状で葉枯病菌が確認された(Table 3-1-4；PlateⅡB)．褐色楕円形病斑では多数の分生子および分生子柄が確認された(PlateⅡA)のに対して，黄色斑紋症状では分生子のみがまばらに確認された．長沼町，伊達市などのさび病が多発した圃場(さび病のデータは省略)では，さび病菌が混在する事例もあっ

Table 3-1-3.　Occurrence of brown oval lesion of Welsh onion leaf blight and yellow mottle symptom in the fields in Hokkaido (2007)

			Brown oval lesion		Yellow mottle symptom	
			Leaf tip blight	Spot lesion		
No.	Locality	Area	Incidence(%)	Disease severity	Disease severity	More than 3(%)[a]
1	Hokuto	Ninami-ohno	100	30.0	45.6	17.5
2		Chiyoda	100	13.8	15.0	0.0
3		Ippongi	100	31.3	16.9	0.0
4		Hagino	100	33.1	45.0	12.5
5		Higashimae	100	6.9	17.5	0.0
6		Inasato	95.0	25.0	16.9	0.0
7		Mena	92.5	18.1	18.8	0.0
8		Mena	100	20.0	23.1	2.5
9		Higashi-kaihatsu	100	25.0	54.4	32.5
10		Higashi-kaihatsu	97.5	25.6	43.1	20.0
11	Nanae	Midorimachi	85.0	21.3	26.3	5.0
12		Nakajima	100	13.8	10.6	0.0
13		Nakajima	100	10.0	41.3	10.0
14		Nakano	82.5	4.4	14.4	0.0
15		Nakano	72.5	5.0	16.9	0.0
16		Tohgeshita	77.5	10.6	23.8	5.0
17		Ohnakayama	55.0	6.3	61.3	42.5
18		Ohnakayama	62.5	13.1	10.0	0.0
19		Ohkawa	100	19.4	30.6	5.0
20		Ohkawa	95.0	10.6	8.8	0.0
21	Kuriyama	Fuji	100.0	5.0	16.9	2.5
22		Fuji	95.0	0.6	7.5	0.0
23		Fuji	77.5	3.1	11.9	0.0
24		Asahidai	45.0	0.0	3.1	0.0
25	Naganuma	Maizuru	100.0	31.3	26.3	10.0
26		Minami-naganuma	100.0	5.0	33.8	7.5
27		Chuoh	100.0	25.0	55.6	30.0
28		Kita-naganuma	75.0	21.3	31.9	0.0
29	Date	Kogane	97.5	1.9	42.5	25.0
30		Nagawa	100.0	21.9	41.3	15.0
31		Usu	100.0	46.9	8.8	0.0
32	Asahikawa	Kamuikotan	75.0	0.6	25.6	10.0

[a] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

Table 3-1-4.　Percentage of fungi observed in each type of lesion obtained from various fields in Hokkaido (2007)

Lesion	Locarity	Number of fields collected diseased leaves	Number of lesions observed	Percentage of fungi observed (%)		
				Stemphylium	*Stemphylium*＋*Peronospora*・*Puccinia*[a]	*Alternaria*
Leaf tip blight	Hokuto	10	100	96.0	4.0	0
	Nanae	10	100	99.0	1.0	0
	Kuriyama	4	40	100	0	0
	Naganuma	4	40	57.5	42.5	0
	Date	3	30	66.7	33.3	0
	Asahikawa	1	10	100	0	0
	Total	32	320	90.0 (288)[b]	10.0 (32)	0 (0)
Spot lesion	Hokuto	5	25	64.0	36.0	0
	Nanae	4	13	84.6	7.7	7.7
	Kuriyama	0	0	—[c]	—	—
	Naganuma	4	40	22.5	75.0	2.5
	Date	3	30	30.0	70.0	0
	Asahikawa	1	10	90.0	10.0	0
	Total	21	118	45.8 (54)	52.5 (62)	1.7 (2)
Yellow mottle symptom	Hokuto	10	90	96.7	3.3	0
	Nanae	9	81	96.3	3.7	0
	Kuriyama	4	12	100	0	0
	Naganuma	4	36	30.6	69.4	0
	Date	3	27	59.3	40.7	0
	Asahikawa	1	9	100	0	0
	Total	31	255	83.5 (213)	16.5 (42)	0 (0)

[a] *Peronospora* or/and *Puccinia* were observed with *Stemphylium* in a single lesion

[b] Number of lesions observed the fungi

[c] Not observed

たが，さび病菌のみが観察される事例はなく，本症状の発生に葉枯病菌が関与している実態が明らかとなった．

第 2 節．褐色楕円形病斑および黄色斑紋症状の発生推移と他病害発生との関係

試験方法

調査は 2005 年～2007 年までの 3 年間，渡島管内の北斗市および七飯町のネギ栽培農家圃場において実施した．北斗市では 2005 年～2007 年まで同一の 4 圃場(A～D 圃場)を対象に調査した．七飯町では，2005 年は 1 圃場(E 圃場)，2006 年は 2 圃場(F および G 圃場)を対象に調査し，2007 年は調査を実施しなかった．調査は各圃場の全作型(2～3 作型)について行った．各圃場の定植時期が早い作型から作型 1，2，3 と呼称し，それぞれ 8 月どり，9 月どり，10 月どり作型と対応する．

Table 3-2-1.　Disease index of rust disease

0=	No symptom is found
1=	Some lesions are found on less than half of leaves per plant
2=	Many lesions are found on more than half of leaves per plant
3=	Many lesions are found on all leaves of a plant and leaf death does not occur
4=	A large amount of lesions are found on all leaves of a plant and leaf death occurs

調査は 7 月中旬～10 月下旬または 11 月上旬まで約 10 日間隔で行い，各作型の収穫終了まで継続した．調査株数は 1 圃場あたり 20 株 ×3 ヶ所の 60 株とした．葉枯

病と同時に露地ネギの重要病害であるべと病，さび病，黒斑病の発生量も調査した．べと病および黒斑病は葉枯病の斑点病斑と同じ基準(Table 3-1-1)にしたがって調査した．さび病は Table 3-2-1 に示した基準にしたがって調査した．また，調査時に各圃場より先枯れ病斑または斑点病斑を採取し，顕微鏡下で病斑上の菌の観察を行い，観察された病原菌の割合を算出した．

試験結果

本試験においても，全道の実態調査と同様に発生が認められた病斑は，褐色楕円形病斑(先枯れ病斑＋斑点病斑)と黄色斑紋症状に明確に区分でき，中間的な病斑は認められなかった．

先枯れ病斑

先枯れ病斑上に形成した菌を顕微鏡下で観察した結果，葉枯病菌のみが確認された割合は，調査期間平均で 2005 年が 93.7%，2006 年が 99.0%，2007 年が 98.1%であった(Table 3-2-2).

2005 年の試験では，先枯れ病斑は 7 月 15 日～8 月 15 日に初発し，8 月 15 日～9 月 26 日に発病株率が増加し，いずれの圃場においても収穫までに発病株率が 75%以上となった(Table 3-2-3)．10 月に入ると高い発病株率のまま推移した圃場と，急激に発病株率が低下した圃場があった．発病株率低下の原因は，べと病の多発生により葉身先端部を含め葉身全体が枯れ込み，先枯れ症状を呈さなくなることによるものであった．2006 年および 2007 年の調査においても，先枯れ病斑の発生は 2005 年とほぼ同様に推移し，2006 年は 16 圃場中 10 圃場，2007 年は 12 圃場中 7 圃場で発病株率 70%以上となった(Table 3-2-4, 3-2-5)．いずれの調査年次においても，8 月どり，9 月どり，10 月どり作型の順に発病株率が増加していく傾向が認められた．

斑点病斑

斑点病斑上に形成した菌を顕微鏡下で観察した結果，葉枯病菌が単独で観察された割合は，2005 年が A～D 圃場で 86.3%および E 圃場で 30.3%，2006 年が全調査圃場平均で 20.0%，2007 年が A 圃場で 36.3%および B, C，D 圃場で 17.9%と，いずれも先枯れ病斑と比較して低い傾向にあった(Table 3-2-2)．一方，葉枯病菌とべと病菌，さび病菌または黒斑病菌が 1 つの病斑上に観察された割合は，3.9～80.0%と先枯れ病斑と比較して高かった．葉枯病菌と混在していた病原菌としては，2005 年の E 圃場では黒斑病菌が優占していたが，それ以外の圃場ではべと病菌またはさび病菌が優占していた．

2007 年の A 圃場の各作型ではべと病の発病度が 45.0, 43.8，39.6，C 圃場の 8 月どり作型では 39.6 に達し(Table3-2-14)，これらの圃場では斑点病斑も多発した(Table 3-2-8)．べと病と斑点病斑の発生推移では，べと病が先に発病し，その後べと病の発病度が減少するときに，斑点病斑の発病度が増加する傾向が認められた(PlateⅢA)．また，斑点病斑の発病度は先行して発生したべと病の発病度の減少程度とほぼ同程度増加した．病原菌割合においても，これらの圃場では葉枯病菌とべと病菌の混合感染が高い割合で観察された(Table 3-2-2)．べと病発生後に斑点病斑が多発した事例は，2005 年の B 圃場の 10 月どり作型(斑点病斑の発病度 29.2，べと病の発病度 37.1；Table 3-2-6, 3-2-12)，2006 年の A 圃場の 10 月どり作型(同 32.5，同 89.6)，D 圃場の 9 月どり作型(同 28.3，同 54.2)でも認められた(Table 3-2-7, 3-2-13).

2005 年の E 圃場では黒斑病が多発した．葉枯病の斑点病斑と黒斑病は病徴が酷似し，病徴観察により両病害を区別することができなかったため(PlateⅢB)，Table

Table 3-2-2.　Percentage of fungi observed in each type of lesion obtained from various fields (2005～2007)

Lesion	Year	Field	Number of lesions observed	Percentage of fungi observed (%)				
				Stemphylim	*Stemphylium* +[a]			*Alternaria*
					Peronospora	*Puccinia*	*Alternaria*	
Leaf tip blight	2005	A,B,C,D,E	333	93.7	0.6	0.0	4.2	1.5
	2006	A,BC,D,F,G	210	99.0	0.0	0.5	0.5	0
	2007	A,B,C,D	154	98.1	1.9	0.0	0	0
Spot lesion	2005	A,B,C,D	51	86.3	3.9	0.0	0	9.8
		E	76	30.3	0.0	0.0	35.5	34.2
	2006	A,B,C,D,F,G	30	20.0	80.0	0.0	0	0
	2007	A	101	36.6	59.4	1.0	3	0
		B,C,D	95	17.9	25.3	36.8	4.2	15.8

[a] *Peronospora* or *Puccinia* or *Alternaria* were observed with *Stemphylium* in a single lesion

Table 3-2-3. Seasonal incidence of leaf tip blight of Welsh onion leaf blight in 2005 (incidence : %)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/15	7/26	8/4	8/15	8/25	9/7	9/16	9/26	10/6	10/17	10/27	11/7
A	1	0	0	40.0	65.0	71.7	98.3	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	26.7	46.7	53.3	80.0	95.0	91.7	—	—	—	—
	3	0	0	0	1.7	13.3	3.3	58.3	83.3	61.7	45.0	—	—
B	1	8.3	0	0	58.3	75.0	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	26.7	35.0	30.0	41.7	75.0	96.7	91.7	—	—
C	1	1.7	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	1.7	83.3	95.0	81.7	95.0	100	—	—	—	—
	3	0	0	0	43.3	61.7	35.0	91.7	85.0	88.3	96.7	—	—
D	1	0	0	3.3	33.3	50.0	53.3	65.0	98.3	—	—	—	—
	2	0	0	0	11.7	21.7	41.7	55.0	73.3	91.7	61.7	—	—
	3	0	0	1.7	8.3	8.3	26.7	41.7	85.0	71.7	51.7	43.3	30.0
E	1	0	0	1.7	88.3	100	100	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	81.7	46.7	91.7	95.0	100	—	—	—	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-4. Seasonal incidence of leaf tip blight of Welsh onion leaf blight in 2006 (incidence : %)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/12	7/24	8/4	8/16	8/25	9/6	9/15	9/26	10/6	10/16	10/26	11/6
A	1	0	0	0	0	3.3	90.0	98.3	—[a]	—	—	—	—
	2	0	0	5.0	6.7	16.7	83.3	96.7	96.7	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	3.3	25.0	70.0	70.0	5.0	0	0
B	1	0	0	13.3	25.0	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	1.7	5.0	16.7	66.7	—	—	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	10.0	48.3	23.3	70.0	98.3	93.3	—	—
C	1	0	0	15.0	20.0	71.7	80.0	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	5.0	11.7	53.3	55.0	50.0	93.3	—	—	—	—
	3	0	0	0	1.7	10.0	13.3	20.0	71.7	90.0	45.0	51.7	—
D	1	0	0	3.3	8.3	48.3	83.3	78.3	96.7	98.3	—	—	—
	2	0	0	0	0	20.0	61.7	48.3	65.0	63.3	75.0	46.7	10.0
	3	0	0	0	0	8.3	36.7	40.0	46.7	56.7	50.0	18.3	1.7
F	1	0	0	0	1.7	1.7	15.0	33.3	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	5.0	6.7	10.0	—	—	—	—
G	1	0	0	0	0	28.3	25.0	45.0	78.3	81.7	73.3	—	—
	2	0	0	0	0	8.3	11.7	25.0	30.0	48.3	40.0	15.0	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-5. Seasonal incidence of leaf tip blight of Welsh onion leaf blight in 2007 (incidence : %)

Field	Cropping season	Date(month/day) of investigation										
		7/19	7/30	8/10	8/21	8/29	9/11	9/19	9/28	10/9	10/18	10/29
A	1	0	0	0	13.3	51.7	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	21.7	43.3	85.0	15.0	8.3	0	—	—
	3	0	0	0	8.3	21.7	10.0	0	3.3	1.7	0	8.3
B	1	0	0	5.0	73.3	76.7	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	26.7	51.7	83.3	80.0	63.3	—	—	—
C	1	0	8.3	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	1.7	5.0	46.7	98.3	100	100	—	—	—	—
	3	0	0	1.7	51.7	81.7	98.3	95.0	96.7	93.3	90.0	—
D	1	0	5.0	28.3	70.0	81.7	100	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	11.7	58.3	51.7	0	0	—	—	—
	3	0	0	5.0	3.3	36.7	81.7	5.0	0	0	0	1.7

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-6. Seasonal incidence of spot lesion of Welsh onion leaf blight in 2005 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/15	7/26	8/4	8/15	8/25	9/7	9/16	9/26	10/6	10/17	10/27	11/7
A	1	0	0	0	1.7	8.8	16.3	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	2.5	2.1	8.8	7.5	7.1	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	1.7	0.4	1.7	0.8	1.3	1.7	—	—
B	1	2.1	2.9	5.4	5.4	9.6	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0.8	1.3	5.0	2.5	2.5	8.3	25.8	29.2	—	—
C	1	0	0.8	5.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0.4	0.8	1.3	0.8	0.4	—	—	—	—
	3	0	0	1.7	1.3	2.9	0.4	0.8	0.8	0	1.3	—	—
D	1	0	0	0	3.3	1.3	2.5	1.3	5.8	—	—	—	—
	2	0	0	0	1.3	0	1.7	1.7	5.8	8.8	7.5	—	—
	3	0	0	0	0.4	0	1.3	0.4	0.8	2.1	3.8	6.7	38.8
E	1	0	0.8	26.3	10.8	8.8	9.2	—	—	—	—	—	—
	2	0	4.6	34.6	40.0	44.2	46.7	68.3	58.3	—	—	—	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-7. Seasonal incidence of spot lesion of Welsh onion leaf blight in 2006 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/12	7/24	8/4	8/16	8/25	9/6	9/15	9/26	10/6	10/16	10/26	11/6
A	1	0	0	0	0	0.4	3.8	4.6	—[a]	—	—	—	—
	2	0	0	0	12.5	13.3	4.2	5.8	8.8	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0.8	2.1	5.4	26.3	18.8	32.5
B	1	0	0	0.4	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0.8	0	—	—	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	1.3	0.4	0	0.8	0	—	—
C	1	0	0	0.8	3.3	7.5	9.6	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	2.9	4.2	1.7	1.7	1.7	—	—	—	—
	3	0	0	0	1.7	0.8	0	0.4	0	0	1.3	7.9	—
D	1	0	0	0	6.7	17.5	24.2	26.3	15.0	14.6	—	—	—
	2	0	0	0	3.8	5.0	8.3	9.2	1.7	0.8	12.5	19.6	28.3
	3	0	0	0	2.9	3.3	7.9	4.2	1.7	1.3	8.8	12.9	13.8
F	1	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
G	1	0	0	0	0	0	0	1.7	2.9	2.1	2.9	—	—
	2	0	0	0	1.3	0	0	0	1.7	0.8	0.8	0	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-8. Seasonal incidence of spot lesion of Welsh onion leaf blight in 2007 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation										
		7/19	7/30	8/10	8/21	8/29	9/11	9/19	9/28	10/9	10/18	10/29
A	1	0	0	0.4	43.8	40.0	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	5.4	5.8	13.8	45.4	45.8	53.8	—	—
	3	0	0	0	3.3	0.8	36.7	81.3	45.0	25.4	27.1	35.8
B	1	0	0	0	0.4	0.4	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0.4	0	2.1	—	—	—
C	1	0	27.1	63.3	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	1.7	4.6	5.8	2.1	0.8	—	—	—	—
	3	0	0	9.2	12.5	7.5	1.3	2.5	2.1	1.3	1.7	—
D	1	0	1.3	0	3.3	4.2	29.6	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	2.5	3.3	30.0	7.9	25.4	—	—	—
	3	0	0	0	0	0.8	7.9	15.8	32.1	20.8	31.7	22.1

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-9. Seasonal incidence of yellow mottle symptom in 2005 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/15	7/26	8/4	8/15	8/25	9/7	9/16	9/26	10/6	10/17	10/27	11/7
A	1	0	0	0	0	6.7	29.6	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	17.9	35.8	52.5	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0.4	5.0	13.8	3.8	7.9	—	—
B	1	0	0	0	0	1.7	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0.8	0.8	5.4	17.1	25.4	24.2	—	—
C	1	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	2.9	18.8	29.2	50.0	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0.4	5.4	9.6	18.3	15.8	19.6	—	—
D	1	0	0	0	0	2.1	6.3	27.9	40.0	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	1.3	1.7	12.9	22.9	17.1	27.9	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	12.1	12.9	7.1	25.4	32.9	20.4
E	1	0	0	0	0	3.3	14.6	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0.8	7.5	22.5	27.9	—	—	—	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-10. Seasonal incidence of yellow mottle symptom in 2006 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/12	7/24	8/4	8/16	8/25	9/6	9/15	9/26	10/6	10/16	10/26	11/6
A	1	0	0	0	0	0	2.5	7.9	—[a]	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	1.3	3.3	15.8	37.9	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	4.2	18.3	38.3	6.7	0.4
B	1	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	1.7	—	—	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0.4	2.9	4.6	26.3	14.6	—	—
C	1	0	0	0	0	2.9	7.1	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0.4	6.7	14.2	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	2.9	7.9	7.5	3.8	—
D	1	0	0	0	0	1.3	6.3	5.8	22.5	40.8	—	—	—
	2	0	0	0	0	1.3	3.8	2.9	11.3	27.1	21.3	7.1	1.3
	3	0	0	0	0	0.4	2.5	4.6	7.9	12.1	20.4	12.5	8.3
F	1	0	0	0	0	0	0.8	1.7	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
G	1	0	0	0	0	0	0	1.7	6.7	18.8	20.8	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	4.2	6.3	11.7	4.2	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-11. Seasonal incidence of yellow mottle symptom in 2007 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation										
		7/19	7/30	8/10	8/21	8/29	9/11	9/19	9/28	10/9	10/18	10/29
A	1	0	0	0	1.3	17.9	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	1.7	23.3	45.8	39.2	31.7	—	—
	3	0	0	0	0	0	23.8	39.2	27.1	14.2	5.4	5.0
B	1	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	3.8	10.4	4.6	—	—	—
C	1	0	1.7	60.8	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	2.5	19.6	59.2	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	1.3	10.4	13.3	17.9	16.7	20.0	—
D	1	0	0	1.7	0	0.4	19.2	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	12.1	24.2	16.3	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0.8	1.7	0	2.5	1.3	2.1

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-12. Seasonal incidence of downy mildew of Welsh onion in 2005 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/15	7/26	8/4	8/15	8/25	9/7	9/16	9/26	10/6	10/17	10/27	11/7
A	1	0.8	0.8	0	5.0	0	0	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	2.5	0	0	0	0	—	—	—	—
	3	0	0	0	3.8	3.3	0	0	0.4	5.4	20.0	—	—
B	1	0	0	0.8	0	0	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5.0	37.1	—	—
C	1	0	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.4	0.4	—	—
D	1	0	0	0	2.1	0	0	0	0	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	15.4	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.8	19.6	66.7
E	1	0	0.4	0.4	4.2	0	0	—	—	—	—	—	—
	2	0	0.4	0	0	0	0	0.4	0	—	—	—	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-13. Seasonal incidence of downy mildew of Welsh onion in 2006 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/12	7/24	8/4	8/16	8/25	9/6	9/15	9/26	10/6	10/16	10/26	11/6
A	1	0	0	0	0	0	0	0	—[a]	—	—	—	—
	2	0	0	0	19.6	1.3	0	0	15.4	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	27.1	45.4	73.3	89.6
B	1	0.4	0	0.8	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0.4	0.4	0	—	—	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—
C	1	0.4	1.3	0.8	4.2	1.7	0.4	—	—	—	—	—	—
	2	0.4	1.7	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
	3	0	0.8	0	1.3	0	0	0	0	0	3.8	13.3	—
D	1	0.8	0	0	1.3	0.4	0	0	3.3	0	—	—	—
	2	0	0.8	0	0.4	0	0	0	0	25.0	27.1	45.4	54.2
	3	0	0	0	1.3	0	0	0.8	0	12.9	19.6	37.5	45.8
F	1	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-14. Seasonal incidence of downy mildew of Welsh onion in 2007 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation										
		7/19	7/30	8/10	8/21	8/29	9/11	9/19	9/28	10/9	10/18	10/29
A	1	0	14.6	45.0	8.3	0	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	10.8	5.4	2.5	9.6	16.3	43.8	4.2	—	—
	3	0	0	14.6	2.1	0	15.4	0.4	39.6	2.1	12.1	0.8
B	1	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—
C	1	31.3	39.6	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	2.1	0.8	0.4	0	0	—	—	—	—
	3	0	8.8	32.5	0	0	0	0	0	0	0	—
D	1	0	7.1	0	0	0	0.8	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0.4	0	0	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	2.1	2.1

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-15. Seasonal incidence of rust disease of Welsh onion in 2005 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/15	7/26	8/4	8/15	8/25	9/7	9/16	9/26	10/6	10/17	10/27	11/7
A	1	0	1.3	5.0	9.6	10.8	13.8	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0.8	4.2	8.8	0.4	3.3	—	—	—	—
	3	0	0	0	0.8	0.8	2.5	1.3	2.1	12.1	20.4	—	—
B	1	0	1.3	4.2	5.0	4.2	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	1.7	1.7	6.7	1.3	20.0	28.3	57.1	61.3	—	—
C	1	0	0.8	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	1.3	0.8	0	0	0	—	—	—	—
	3	0	0.8	0.8	1.7	0.4	0.4	0	0.4	0	0	—	—
D	1	0	2.1	8.8	5.0	0.4	4.2	15.4	42.5	—	—	—	—
	2	0	0	0.8	0.8	0	1.3	10.4	15.4	37.9	56.7	—	—
	3	0	0	1.3	0.4	0	0	2.1	3.3	16.3	38.8	57.1	75.4
E	1	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0.4	0	0	0	—	—	—	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-16. Seasonal incidence of rust disease of Welsh onion in 2006 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation											
		7/12	7/24	8/4	8/16	8/25	9/6	9/15	9/26	10/6	10/16	10/26	11/6
A	1	0	0	0.4	0.0	1.3	3.8	9.2	—[a]	—	—	—	—
	2	0	0	0.4	2.1	2.5	5.8	10.8	45.0	—	—	—	—
	3	0	0	0	0.4	0.4	0	2.1	26.3	48.3	57.1	52.1	10.8
B	1	0	0.8	1.3	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0.8	0	0.4	—	—	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	2.5	9.6	20.0	—	—
C	1	1.3	1.7	3.3	3.3	2.1	0.8	—	—	—	—	—	—
	2	0	0.8	0.8	3.8	0.8	0	0	0	—	—	—	—
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	2.5	1.7	—
D	1	0	3.8	12.9	26.7	25.4	18.3	14.2	39.6	75.4	—	—	—
	2	0	0	3.3	12.5	20.4	7.9	4.6	1.3	17.1	7.1	13.3	11.3
	3	0	0	0	2.9	7.5	2.9	2.5	0.8	8.8	6.3	8.8	6.3
F	1	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—
G	1	0.4	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	—	—
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—

[a] Not investigated because the plants had been harvested

Table 3-2-17. Seasonal incidence of rust disease of Welsh onion in 2007 (Disease severity)

Field	Cropping season	Date (month/day) of investigation										
		7/19	7/30	8/10	8/21	8/29	9/11	9/19	9/28	10/9	10/18	10/29
A	1	0	0	1.3	4.6	0	—[a]	—	—	—	—	—
	2	0	0	2.9	4.6	0.4	5.0	1.7	0	0	—	—
	3	0	0	0.8	1.3	1.7	10.4	2.5	3.8	0	1.7	3.8
B	1	0	0	0	0	0.4	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0	0.4	0	2.5	—	—	—
C	1	0.4	0.8	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	0	0	0	0	0.8	0	0	—	—	—	—
	3	0	0	0	1.3	1.3	0	0	0	0	0	—
D	1	0	2.5	4.2	9.6	13.8	49.2	—	—	—	—	—
	2	0	2.5	6.7	17.5	24.2	65.0	87.5	93.3	—	—	—
	3	0	0	0.4	2.1	4.2	36.3	46.3	52.5	46.3	38.3	28.3

[a] Not investigated because the plants had been harvested

3-2-6 における発病度は両病害の合計値で示した．両病害の発生推移は，採取した病斑の病原菌割合から，はじめ黒斑病が優占しその後に葉枯病菌が感染し，葉枯病単独感染の病斑と黒斑病と混合感染した病斑が発生していたと判断した．黒斑病発生後に斑点病斑が発生した事例は 2005 年の E 圃場のみであった．

2007 年の D 圃場の各作型におけるさび病の発病度は 49.2，93.3，52.5 に達した(Table 3-2-17)．さび病発生後にさび病斑を中心として，斑点病斑を形成する事例も認められたが，べと病発生後にはほぼすべての病斑が斑点病斑に置き換わったのに対して，さび病発生後は，一部のさび病斑を中心に斑点病斑を形成するにとどまった(PlateⅢC)．そのため，両病害の調査基準は異なるものの，さび病の発病度が 93.3 にまで達した D 圃場の 9 月どり作型における斑点病斑の発病度は 30.0 までしか増加しなかった(Table 3-2-8)．

以上のことから，斑点病斑はべと病，さび病，黒斑病が発生した後に二次的に葉枯病菌が感染して発生することおよび，なかでもべと病発生の影響が最も大きいことが明らかとなった．

黄色斑紋症状

黄色斑紋症状は 2005 年は 8 月 25 日に初発し，9 月 7 日以降急増し，9 月 26 日に最も発病度が高くなった．10 月に入るとほぼ横ばいで推移した(Table 3-2-9)．2006 年は 9 月 15 日以降発生が急増し，9 月 26 日～10 月 6 日に最も発病度が高くなった．10 月 16 日は発生量が増加した圃場と減少した圃場があり，10 月 26 日以降には減少に転じた(Table 3-2-10)．2007 年は C 圃場の 8 月どり作型において 8 月 10 日に発病度 60.8，指数 3 以上の株率 33.3%に達した．その他の圃場では 9 月 11 日～19 日に発生が増加し，9 月 28 日以降減少に転じた(Table 3-2-11)．2005～2007 年の 3 ヶ年で，本症状の発生が最も多くなった時期は，9 月中旬～10 月上旬であった．

8 月どり作型の 8 月下旬における本症状の発病度は，最も高い圃場で 2005 年が 6.7，2006 年が 2.9，2007 年が 17.9 であり，いずれも発生程度が低かった．8 月どり作型において黄色斑紋症状が多発した 2007 年の C 圃場では 7 月 30 日にべと病の発病度が 39.6 に達し(Table 3-2-14)，その後斑点病斑が発病度 63.3(Table 3-2-8)に達した．

2005 年および 2006 年の調査では，8～9 月どり作型では，収穫直前から発生が増加しはじめ，収穫終了まで発生が増加し続けた(Table 3-2-9, 3-2-10)．2007 年の調査においても 9 月中旬までは発生が増加し続け，本病斑は収穫期が遅くなるほど発病が増加する傾向が認められた．2007 年の C 圃場の 9 月どり作型における黄色斑紋症状の発病度は 9 月 11 日が 19.6(指数 3 以上の株率 8.3%)であったのに対して，9 月 19 日には 59.2(指数 3 以上の株率 40.0%)に達し，8 日間で指数 3 以上の株率が約 5 倍に増加した(Table 3-2-11)．

2005 年 9 月 7 日の A 圃場の各作型における黄色斑紋症状の発病度は 29.6，17.9 および 0.4 であり，生育が進んだ株ほど発病度が高い傾向があった(Table 3-2-9)．他の圃場および他の調査時期においてもほぼ同様な傾向が認められ，本症状は生育が進んだ株ほど発生しやすいことが明らかとなった．

2005 年の C 圃場の 9 月どり作型では，9 月 26 日に黄色斑紋症状の発病度が 50.0，指数 3 以上の株率 28.3%に達した(Table 3-2-9)．このときの先枯れ病斑の発病株率は 100%(Table 3-2-3)，斑点病斑の発病度は 0.4 であり(Table 3-2-6)，褐色楕円形病斑の発生はほぼ先枯れ病斑のみであっても，黄色斑紋症状が多発する事例が認められた．

第 3 節．発病と被害

第 1 項．葉位と発病

試験方法

2005 年 8～10 月，北斗市および七飯町の一般農家 11 圃場より収穫期に達した株を 1 圃場あたり 60 株収穫し，葉枯病の先枯れ病斑，斑点病斑および黄色斑紋症状の発生を葉位別に調査し，葉位別発病葉率を算出した．葉位は中心葉から第 1 葉，第 2 葉，第 3 葉と呼称した(Fig. 3-3-1)．

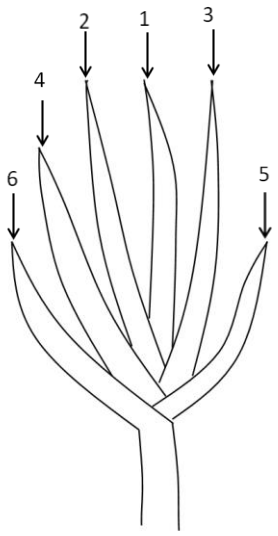


Fig. 3-3-1.　Name of leaves of each position in this study

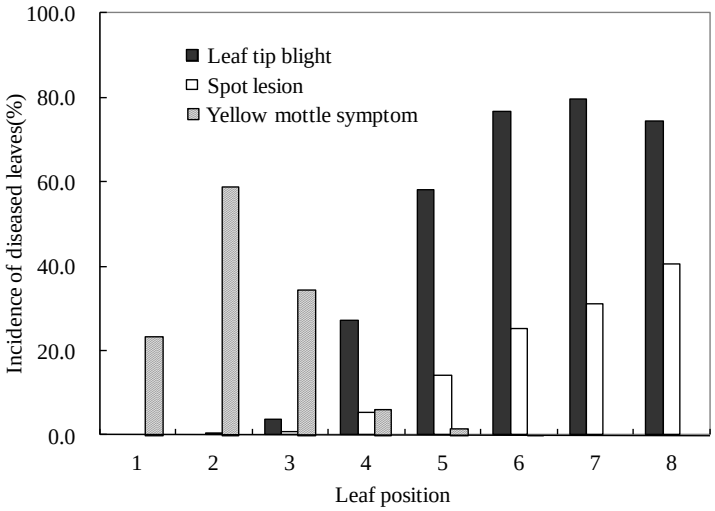


Fig. 3-3-2.　Relationship between leaf position and incidence of each lesion on plants collected from 11 fields in Hokuto and Nanae during harvest.
Each value indicates average incidence of 11 fields

試験結果

調査した 11 圃場の平均値を Fig. 3-3-2 に示した．黄色斑紋症状は，第 2 葉で最も発病葉率が高く，次いで第 3 葉，第 1 葉の順であり，第 4 葉より外葉では，極めて発生が少なかった．一方，先枯れ病斑および斑点病斑は，第 5～8 葉で発生が多く，外葉ほど発生が多い傾向があった．

第 2 項．全葉発病と出荷葉発病

試験方法

2006～2008 年に北斗市内の薬剤試験圃場(第 7 章・第 1 節・第 2 項)において，収穫期に達した株の斑点病斑および黄色斑紋症状の発病度(全葉発病度)を立毛中に調査し，同日に収穫した．出荷調製したのち，出荷葉の発病を調査した．出荷葉の発病は斑点病斑は発病株率で，黄色斑紋症状は全葉と同様に発病度で調査した．試験は 1 区 25 株 ×3 反復で行い，合計 60 試験区を調査した．

出荷調製は以下の方法で行った．茎盤部を最下端から約 5mm の位置で切断し根を除去した．次に，茎盤部から長さ 63cm の位置で葉身を切断し，中心葉 3 枚を残して，外葉およびこれにつながる葉鞘を除去した．以降の試験は，すべて上記の方法で出荷調製を行った．なお，先枯れ病斑はその発生部位から出荷葉に発生しないこと

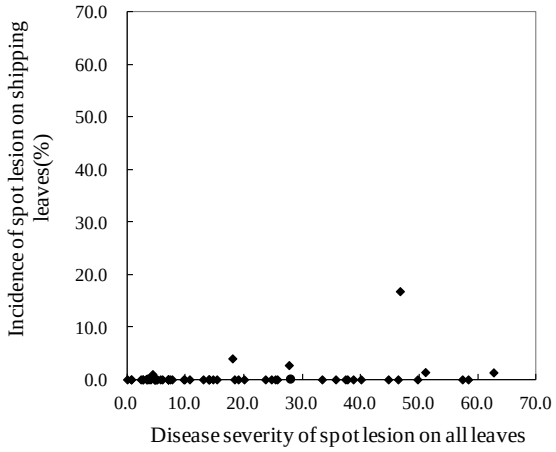


Fig. 3-3-3.　Relationship between disease severity of spot lesion of Welsh onion leaf blight on all leaves and incidence of spot lesion on shippig leaves.

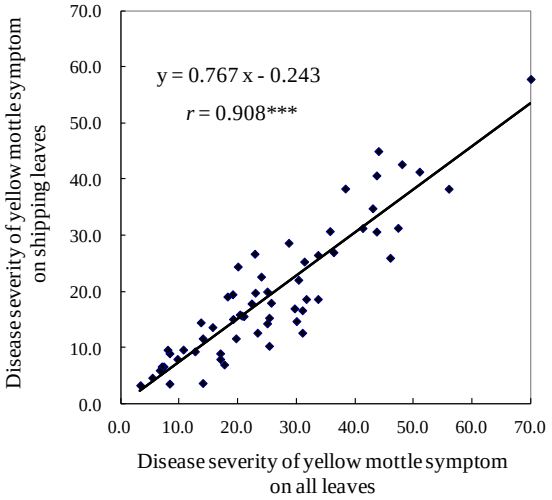


Fig. 3-3-4.　Relationship between disease severity of yellow mottle symptom on all leaves and shipping leaves.
*** Significant at $p < 0.001$

が明らかであるため，検討対象から除いた．

試験結果

斑点病斑の全葉発病度は 0～62.7 であった(Fig. 3-3-3)．このうち出荷葉で斑点病斑の発生が確認されたのは 60 区中わずか 6 区のみであり，本病斑が出荷葉にまで発生することは稀であった．また，これら 6 区における出荷葉の発病株率は 1.0%，1.3%，1.4%，2.7%，4.0%，16.8%と 10%を超えたのは 1 区のみであり，本病斑による被害は極めて小さいことが明らかとなった．

一方，黄色斑紋症状は，全葉発病度が高い区ほど出荷葉の発病度も高くなる傾向があり，回帰式の傾きは 0.767 であった(Fig. 3-3-4)．すなわち，全葉発病度が 1 増加すると，出荷葉発病度が 0.767 増加することになり，出荷調製による発病葉除去効果が低く，発生がすぐに被害へとつながることが明らかとなった．

第 3 項．収穫後の発病の進展

1．常温保存

試験方法

2005 年 8～10 月，北斗市および七飯町の一般農家 14 圃場および道南農試場内の 20 区(3 反復)より収穫期に達した株を現地圃場は 1 圃場あたり 20 株 × 3 箇所，場内圃場では 1 区あたり 25 株を収穫し，出荷調製した後に，収穫時の出荷葉の黄色斑紋症状の発病度を調査した．その後，ブルーシートで天井を覆ったファイロンハウス内で 3 日間保存し，保存後に再び黄色斑紋症状の発病度を調査した．

試験結果

収穫時の発病度と保存後の発病度の関係を Fig. 3-3-5 に示した．回帰式の傾きは 0.978 で y ＝ x に極めて近似しており，収穫後の貯蔵中に黄色斑紋症状が増加することはなかった．

2．真空予冷後に 5℃保存

試験方法

2006 年 8～10 月，北斗市内の薬剤試験圃場(第 7 章・第 1 節・第 2 項)の 20 区(3 反復)より収穫期に達した株を 1 区あたり 25 株収穫し，出荷調製後に出荷葉の黄色斑紋症状の発病度を調査した．その後，出荷用の箱に約 25 本をずつ詰め，1 回に 15 箱ずつ 20 分間真空予冷を行った．その後，5℃で 3 日間保存し，保存後に再び黄色斑紋症状の発病度を調査した．

試験結果

真空予冷･保存後の黄色斑紋症状の発病度は収穫時よりやや低い傾向があった(回帰式の傾き 0.735)(Fig.3-3-6)．通常数百～数千箱単位で真空予冷を実施するのに対して，本試験では 1 回の処理箱数が 15 箱と少なかったため，処理が強くなった．そのため，処理直後から葉身が萎れる症状が認められ，黄色斑紋症状の識別が困難な場合があった．これが真空予冷後に黄色斑紋症状の発病程度が減少した原因である．保存後に黄色斑紋症状が増加する事例や，腐敗にいたる事例は認められなかった．

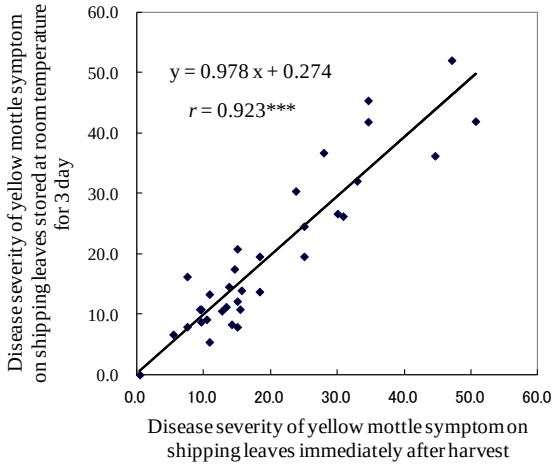


Fig. 3-3-5.　Relationship between disease severity of yellow mottle symptom on shipping leaves immediately after harvest and stored at room temperature for 3 days.

*** Significant at $p < 0.001$

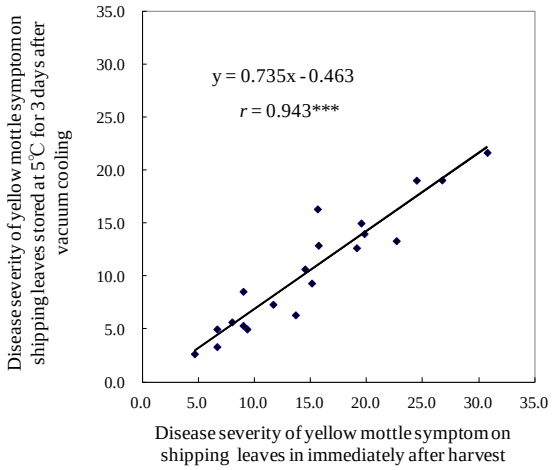


Fig. 3-3-6.　Relationship between disease severity of yellow mottle symtom on shipping leaves immediately after harvest and stored at 5 ℃ for 3 days after vacuum cooling.

*** Significant at $p < 0.001$

第 4 項．発病と収量

試験方法

北斗市内の薬剤試験圃場(第 7 章・第 1 節・第 2 項)において 6 月～収穫期まで約 1 週間間隔で斑点病斑およびべと病の発病度を調査し，下記の式により病勢進展曲線下面積：AUDPC(Area Under the Disease Progress Curve；生育期間全体を通しての発病程度の総和)を求め，収量との関係を解析した．発病調査は 1 区 25 株 ×3 反復で行い，収穫は 0.68m²(1 畦：0.9m × 0.75m) × 3 反復で行ったのち，出荷調製し収量を測定した．解析の対象は 2007 年 8 月どり作型および 2008 年 8 月どり作型を用いた．

$$\mathrm{AUDPC} = \sum_{i-1}^{n} \frac{(Y_{i+1}+Y_i)\ (X_{i+1}-X_i)}{2}$$

X：調査月日，Y：発病度

試験結果

2007 年 8 月どり作型では，各区の斑点病斑の AUDPU は 281～1,093 で，収量は 4,137 ～5,268kg／10a であった．AUDPC が高い区ほど収量が少ない傾向が認められ，無散布区の収量は最も収量が多い区の 79%であった．一方，同作型におけるべと病の AUDPU は 686～1,261 であった．べと病の発生量が多い区ほど斑点病斑の発生量が多く，収量が少ない傾向が認められた(Fig. 3-3-7)．同作型では斑点病斑およびべと病は最大で発病度 43.7 および 54.3 に達した(データ省略)．

2008 年 8 月どり作型では，斑点病斑の AUPDC は 43～162 と，2007 年 8 月どり作型の AUDPC の 7 分の 1 程度の発生量であった．同作型におけるべと病の AUDPC は 22～127 と斑点病斑と同様に発生量が少なく，2007 年 8 月どり作型の 10 分の 1 程度の発生量であった．無散布区における収量は 4,940kg／10a で薬剤散布区の収量(4,834 ～ 5,088kg/10a) とほぼ同等(98 ～ 103%) であった（Fig. 3-3-8)．同作型における斑点病斑およびべと病の最大発病度は 4.3 および 6.0 であった(データ省略)．

以上のように，斑点病斑およびべと病の AUDPC が 500～1,000 以上の区では収量の減少が認められたが，100 前後の区では収量の減少は認められなかった．

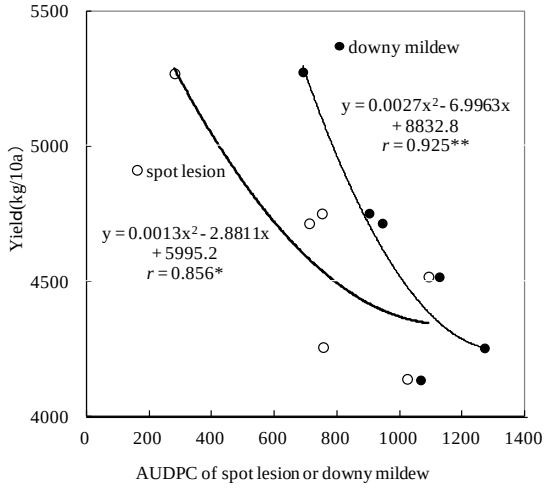


Fig. 3-3-7.　Relationship between yield of Welsh onion and AUDPC(Area Under the Disease Progress Curve) of spot lesion (○) or downy mildew (●) in cropping season 1 of 2007.

*,**：Significant at　$p < 0.05$,　$p < 0.01$, respectively

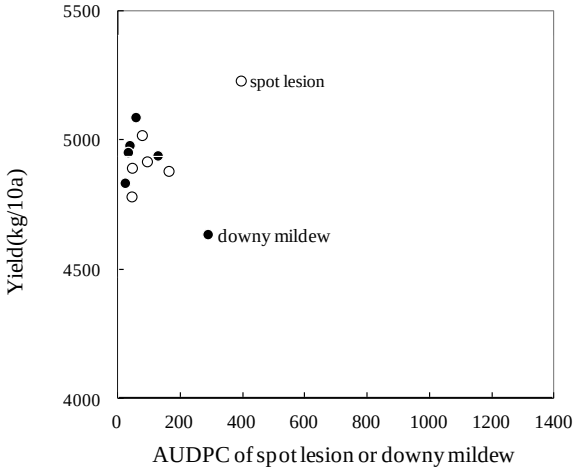


Fig. 3-3-8.　Relationship between yield of Welsh onion and AUDPC (Area Under the Disease Progress Curve) of spot lesion (○) or downy mildew (●) in cropping season 1 of 2008.

第 4 節．考察

発生実態

全道発生実態調査の結果，葉枯病の褐色楕円形病斑および黄色斑紋症状が全道的に発生していることが明らかとなった．国内および道内では葉枯病と比較して黒斑病の方が重要病害であると考えられていた(若生 2008；阿部 1998；安岡 2004)が，従来とは異なる結果が得られた．その原因として，葉枯病の褐色楕円形病斑と黒斑病は病徴観察では識別できないため，両病害を混同していた事例が多いと推察している．岸(1987)および菅野(1998)も本研究と同様に両病害が病徴観察により識別で

きないとの観察結果を報告している. 本研究においては, 空知地域の多くの生産者が褐色楕円形病斑を黒斑病であると誤認していたことを確認している．本研究の結果, 9～10 月に北海道内のネギ栽培圃場で発生している褐色で楕円形の病斑はほぼすべてが葉枯病であることが明らかとなった.

病害虫発生の有無はネギ出荷時の規格分類における重要な項目である．出荷葉に病害虫発生がないものは通常「秀品」と呼ばれ，最も高い価格で取引される．著者が道南地域の生産者および農協を対象に聞き取り調査を実施した結果，黄色斑紋症状の指数 2 以下の株では，丁寧に観察して症状が散見される程度であるため「秀品」として出荷可能であり，経済的な損出は生じない．一方，指数 3 以上の株では一見して症状を確認できるため，規格落ちとなり安い価格で取引される．すなわち，黄色斑紋症状の指数 3 以上の株率が本症状発生による被害となる. 調査した 32 圃場中 17 圃場で指数 3 以上の株が認められ，被害が生じていた．指数 3 以上の株率が最も高かった圃場では 42.5%に達し，本症状の発生により著しい被害が生じている実態が明らかとなった.

黄色斑紋症状 255 個を顕微鏡下で観察した結果，すべての症状上で *Stemphylium* 属菌の分生子が確認され，本症状への *Stemphylium* 属菌の関与が強く示唆された．また，褐色楕円形病斑では，病斑上に *Stemphylium* 属菌の分生子および分生子柄が多数確認されたのに対して，黄色斑紋症状では分生子のみが症状上に散在していた．両者の中間的な病徴を示す病斑はなく病徴観察により明確に区分できるだけでなく，顕微鏡観察においても明瞭な違いが認められ，異なる感染様式によって病斑形成が起こっていると推察されたが詳細は総合考察で議論する.

発生推移と他病害発生との関係

2005～2007 年に約 10 日間隔で実施した発生推移調査において，全道の発生実態調査と同様に発生が認められた病斑は，褐色楕円形病斑と黄色斑紋症状に明確に区分でき，中間的な病斑は認められなかった．中心葉に発生した黄色斑紋症状がネギの展葉にともなって次第に外葉へと移行し褐色楕円形病斑に変化すると仮定すると，10 日間隔で実施した本試験によって移行途中の中間的な病斑が発見されるはずである．しかし，3 ヶ年とも中間的な病斑の発生は認められかったことから，黄色斑紋症状が褐色楕円形病斑に変化することはないと判断した.

いずれの圃場でも黄色斑紋症状の発生に先立って褐色楕円形病斑の発生が認められた．また，褐色楕円形病斑上には多量の分生子を形成していたことから，本病斑上に形成した分生子が黄色斑紋症状の伝染源となっていると考えられたが，詳細は第 6 章・第 2 節で議論する．また，斑点病斑の発生がほとんど認められない圃場においても，黄色斑紋症状の発病度が 50.0(指数 3 以上の株率 28.3%)に達する事例が認められ，褐色楕円形病斑が黄色斑紋症状の伝染源になっていると仮定すると，先枯れ病斑だけであっても，黄色斑紋症状が多発するのに十分な伝染源を供給できると考えられた.

べと病発生後には，ほぼすべての病斑が葉枯病の斑点病斑に置き換わったのに対して，さび病発生後には一部のさび病斑を中心に斑点病斑を形成するのみであった．べと病は長径 6～7cm の楕円形病斑を形成し，病斑表面に霜状に分生子柄および分生子を形成する．古くなった病斑上では分生子柄および分生子が消滅し，病斑部のネギ組織が枯死する(稲葉 2002). 一方，さび病の病斑は長径 2～3mm の条斑であり，これは夏胞子堆の標徴である. 夏胞子堆内部から夏胞子が飛散し本病が蔓延する(柿嶌・堀江 2006 ; 岸・我孫子 2002). 古くなった病斑上の夏胞子堆からの夏胞子の飛散はないものの夏胞子堆自体が消滅することはない．以上のような両病害の病斑形成様式の違いから，べと病発生後には，壊死した組織に容易に葉枯病菌が感染し，斑点病斑を形成できるのに対して，さび病発生後には，夏胞子堆が病斑上に残るため，葉枯病菌がこれに置き換わることはできず，さび病菌感染で生じた傷を侵入門戸として，一部のさび病斑の周辺に斑点病斑を形成するのみであると考えられた.

黄色斑紋症状の発生程度と北斗市のアメダスデータの関係を解析すると, 2005 年は 8 月 5 半旬に 111.5mm の降雨があり，その後，黄色斑紋症状が増加しはじめた．9 月 2 半旬にも 87mm の降雨があり，9 月 26 日に黄色斑紋症状の発病度が最大となった．黄色斑紋症状が増加した 9 月 1～6 半旬の平均気温は 15.2～20.1℃であった．2006 年の 9 月前半は 2 半旬に 20mm の降雨があったものの, 1 半旬と 3 半旬が少雨で連続した降雨がなかった．9 月 4 半旬～10 月 2 半旬は 9 月 5 半旬を除き 20mm 以上の降雨があった．黄色斑紋症状の発生は 9 月 15 日から増加しはじめ, 10 月 6 日に最大値に達した．黄色斑紋症状が増加した 9 月 3 半旬～10 月 1 半旬の平均気温は 14.7～17.8℃であった．2007 年は 8 月 3～10 日に 8 日間連続で降雨があり，8 月 10 日に C 圃場の 8 月どり作型で黄色斑紋症状の発病度が 60.8 に達した. 9 月 2 日～21 日の 20 日のうち 12 日間降雨が観測され，黄色斑紋症状の発病度もこの時期に増加した. 9 月 1～5 半旬の平均気温は 18.9～20.6℃であった．以上の結果から，黄色斑紋症状は平均気温 15～20℃で, まとまった降雨もしく

は連続した降雨がある条件で発生しやすいと推察された．

発生推移調査における８月どり作型の８月下旬の黄色斑紋症状の発病度は最大で 17.9 と少発生であり，同作型においては，適期に収穫を行えば黄色斑紋症状が多発する可能性は極めて低いと考えられた．８月どり作型で黄色斑紋症状が多発した１事例は，べと病および斑点病斑が多発し，発病前の２週間に平年の 2.8 倍(235mm)の降雨があり，これが多発の原因であると考えられた．

いずれの年次も 8，9 月どり作型では収穫終了まで黄色斑紋症状の発生が増加し続けた．また収穫期間中には急激に発病が増加し，8 月どり作型においても 2005 年の A 圃場では黄色斑紋症状の発病度が 8 月 25 日には 6.7(指数 3 以上の株率 0%)であったのに対して，9 月 7 日には 29.6(指数 3 以上の株率 10.0%)に達した．このことから，本症状の耕種的な防除対策として，収穫遅れとならないように適期に収穫することの有効性が示された．

発病と被害

斑点病斑およびべと病が多発した作型では，斑点病斑の AUDPC が高い区ほど収量が少ない傾向が認められた．しかし，本章・第２節で言及したように斑点病斑はべと病発生後に二次的に葉枯病菌が感染し発生する病斑であることから，同試験における収量の減少はべと病によるものであると判断した．発生推移調査において斑点病斑はべと病またはさび病の発生をともなわない葉枯病菌の単独感染では概ね発病度 10 以下で推移したことから，葉枯病菌の単独感染による斑点病斑の発生により収量が減少することはないと判断した．なお，先枯れ病斑および黄色斑紋症状の発生と収量の関係は未解析であるが，前者は株あたり 5～6 病斑を形成するのみであり，後者は中心葉が変色するのみであることから，両病斑の発生により収量が減少することはないと考えられる．

ネギ栽培農家では通常１日に調製できる量を収穫するが，雨天の前日には 2～3 日分まとめて収穫し日陰で保存する場合がある．黄色斑紋症状は常温で３日間保存しても発生程度が増加しなかったことから，この期間に発生が増加することはないことが明らかとなった．また，渡島地域では出荷調製したネギを真空予冷処理したのちに 5℃に保たれたトラックで 2～3 日かけて関西市場まで運搬している．黄色斑紋症状は，真空予冷後 5℃で 3 日間保存しても発生が増加することはなかったことから，運搬中に発生が増加することもないことが明らかとなった．すなわち，収穫時の発生程度がそのまま出荷先での発生程度となる．

本病の褐色楕円形病斑の発生は，これまでネギ栽培の重要病害として認識されていなかった．本研究においても，褐色楕円形病斑の発生により収量が減少することもなく，出荷葉にまで発生することも稀であり，本病斑の発生による被害が極めて軽微であることが明らかとなった．一方，黄色斑紋症状は出荷部位である第 1～3 葉で主に発生し，出荷調製による発病部の除去効果も小さく，発病がすぐに被害につながることが明らかとなった．すなわち，本病の被害は，出荷部位である中心葉に黄色斑紋症状が発生し外観品質が低下することであり，本病の発生より収量が減少することはない．

第 4 章．病原菌の同定と病原性

第 3 章において北海道内のネギ栽培地帯で収穫期のネギの中心葉に黄色斑紋症状が発生し，収穫物の外観品質を低下させている実態が明らかとなった．本症状を顕微鏡下で観察すると *Stemphylium* 属菌の分生子が確認できることから，本症状がネギ葉枯病の一症状であると考えられているものの，実験的な証明はされていない．そこで本章では，黄色斑紋症状からの分離菌の同定および接種による発生原因の解明試験を実施した．

第 1 節．分離菌の形態

試験方法

2005 年および 2007 年に北斗市，長沼町，伊達市および栗山町で発生した葉枯病の褐色楕円形病斑から分離した 4 菌株および北斗市，七飯町，長沼町で発生した黄色斑紋症状から分離した 3 菌株の計 7 菌株を試験に供試した(Table 4-1-1).

褐色楕円形病斑からの菌の分離は，以下の方法で実施した．病斑上に形成した分生子を火炎滅菌したカッターの刃で掻き取り 9ml の滅菌水に懸濁し，分生子懸濁液を作成した．クロラムフェニコールを約 300ppm 含有したジャガイモ・ブドウ糖寒天(PDA；Difco 社製 Potato Dextrose Agar 39 g，蒸留水 1000ml)平板培地上に胞子懸濁液の 10～100 倍希釈液をプレートあたり 300μl ずつ分注し，余分な水分を風乾後，25℃暗黒下で 5 日間培養し，単胞子由来の菌株を得た．

黄色斑紋症状からの菌の分離は以下の方法で実施した．病斑部を約 5mm 四方に切断し，水道水で洗浄後，70%エタノールで 20 秒間表面殺菌し，滅菌ろ紙上で風乾した．表面殺菌した組織片をストレプトマイシンを約 300ppm 含有した PDA 平板培地上に置床し，25℃暗黒下で 5 日間培養した．生育した菌糸先端部を切り取り，V8 ジュース寒天（V8 ジュース 200ml をガーゼでろ過，蒸留水 800ml，炭酸カルシウム 3g，寒天 20g）平板培地上に移植し，15℃・BLB ライト照射下で約 1 ヶ月間培養し，分生子を形成させた．培養菌叢に 9ml の滅菌水を分注し筆で混和し，胞子懸濁液を作成した．胞子懸濁液の 100～1,000 倍希釈液をストレプトマイシン含有 PDA 平板培地上に 300μl ずつ分注し，25℃暗黒下で 5 日間培養し，単胞子由来の菌株を得た．

分離菌を V8 ジュース寒天平板培地上・15℃・BLB ライト照射下で約 1 ヶ月間培養後，培地上に形成した各器官について 1 菌株あたり 30 個の大きさを測定した．

試験結果

いずれの菌株も培地上に完全世代および不完全世代を形成した．

分離菌の完全世代は黒色・球形でくちばしを有し，大きさは平均 310.9-448.5μm × 292.6-437.7μm の偽子のう殻を形成した(PlateⅣA)．偽子のう殻内には棍棒状，二重壁，無色，大きさは平均 129.5-195.6×23.9-31.5μm の子のうを形成し(PlateⅣB)，その内部には 8 個の子のう胞子を内包した．子のう胞子は，長楕円形～スリッパ形，黄褐色で縦 1-3，横 5-7 個の隔壁を有し，大きさは平均 28.0-38.9×10.7-16.1μm であった(PlateⅣC). 以上の形態的特徴よりいずれの菌株も *Pleospora* sp. と同定したが，種レベルの同定にはいたらなかった(Table 4-1-2).

Table 4-1-1.　Isolates used in this study

Isolate	Host plant	Original symptom	Locatity	Year isolated	MAFF[a]
HB21	Welsh onion	brown oval lesion	Hokuto, Hokkaido, Japan	2005	241957
NGB3	Welsh onion	brown oval lesion	Naganuma, Hokkaido, Japan	2007	241958
DB1	Welsh onion	brown oval lesion	Date, Hokkaido, Japan	2007	241959
KB12	Welsh onion	brown oval lesion	Kuriyama, Hokkaido, Japan	2007	241960
HY421	Welsh onion	yellow mottle symptom	Hokuto, Hokkaido, Japan	2005	—
NNY21	Welsh onion	yellow mottle symptom	Nanae, Hokkaido, Japan	2007	241962
NGY31	Welsh onion	yellow mottle symptom	Naganuma, Hokkaido, Japan	2007	241963

[a] Six isolates were deposited in the Genebank, National Institute of Agrobiological Sciences with accessions MAFF241957- 241960, 241962 and 241963

Table 4-1-2. Morphological characteristics of *Stemphylium* spp. isolated from brown oval lesions and yellow mottle sympotms (Perfect states)

		Psuedothecia		Ascus		Ascospores			
		Size(μm)		Size(μm)		Size(μm)		No.of septa	
Origin	Isolate	Height	Width	Length	Width	Length	Width	Longitudinal	Transverse
Brown	HB21	224.9-433.0(310.9)[a]	205.7-378.5(292.6)	136.4-234.5(169.9)	25.1-38.3(30.2)	29.3-44.3(37.4)	13.1-18.1(15.9)	2-3	5-7
oval	NGB3	277.5-512.0(374.8)	210.5-406.7(321.4)	129.7-246.4(171.5)	21.8-34.7(29.0)	30.1-45.8(36.1)	12.4-17.6(15.4)	1-2	5-7
lesion	DB1	191.4-454.5(313.1)	239.2-591.4(437.7)	132.8-216.0(167.1)	25.4-35.6(29.8)	28.7-45.7(34.0)	12.0-19.2(15.5)	1-2	6-7
	KB12	325.4-578.9(448.5)	330.1-555.0(418.0)	143.5-294.3(195.6)	26.3-33.0(29.2)	29.4-40.5(35.1)	13.0-17.8(15.1)	1-2	6-7
Yellow	HY421	187.9-444.3(293.3)	162.1-325.7(232.1)	142.9-264.3(200.4)	23.2-36.4(31.5)	32.1-42.9(38.9)	13.6-17.9(15.5)	1-3	5-7
mottle	NNY21	287.1-550.2(399.2)	220.1-373.2(294.6)	105.3-150.7(129.5)	21.5-31.1(23.9)	23.1-35.8(28.0)	8.2-14.2(10.7)	1-3	5-7
symptom	NGY31	220.1-626.8(438.3)	201.0-540.7(385.6)	127.5-222.5(171.5)	23.9-36.4(31.0)	30.8-43.4(37.7)	12.5-19.6(16.1)	1-3	5-7
Pleospora sp.[b]	Simmons(1969)	500	1000	170	35	37	18	0-3	7
P.tarda[c]	Simmons(1985)	700	700	200	40	40	17	1-3	7
P.herbarum[d]	Simmons(1985)	250-300	250-300	160	25	32-35	13-15	1	7

[a] Each value indicates minimum - maximum (average) for 50 pseudothecia, ascus, and ascospores

[b,c,d] Perfect states of *S.vesicarium, S.botryosum* and *S.herbarum*, respectively

Table 4-1-3. Morphological characteristics of *Stemphylium* spp. isolated from brown oval lesions and yellow mottle sympotms (Inperfect states)

		Conidia						Conidiophores			
		Size(μm)		L/W[b]	No. of septa		Constriction	Size(μm)			No.of septa
Origin	Isolate	Length	Width		Longitudinal	Transverse		Length	Width	Swelling	
Brown	HB21	25.6-50.3(36.8)[a]	15.5-30.9(20.4)	1.8	1-3	3-6	1-3	29.4-81.8(45.9)	4.1-5.8(4.9)	7.0-8.9(8.1)	1-4
oval	NGB3	26.0-52.5(35.9)	14.5-24.3(18.9)	1.9	1-3	3-6	1-3	19.5-72.0(47.5)	4.8-7.3(5.6)	7.9-9.7(8.9)	1-4
lesion	DB1	27.2-54.6(40.1)	14.5-27.0(21.0)	1.9	1-3	3-6	1-3	18.3-91.5(51.9)	4.3-7.1(5.5)	6.8-9.9(8.2)	1-4
	KB12	22.2-45.8(33.1)	16.9-31.8(23.9)	1.4	1-3	2-4	1	18.3-80.5(39.9)	4.6-7.6(6.2)	7.2-10.1(8.6)	1-4
Yellow	HY421	30.5-55.5(42.2)	16.4-31.2(23.0)	1.8	1-3	3-6	1-3	35.0-95.0(63.2)	4.5-6.0(5.4)	8.0-10.5(9.1)	1-4
mottle	NNY21	24.3-51.1(37.3)	15.1-33.2(20.6)	1.8	1-3	3-6	1-3	23.2-98.8(50.2)	4.3-7.2(5.6)	6.4-10.4(8.4)	1-4
symptom	NGY31	28.9-49.3(37.6)	15.0-29.5(21.4)	1.8	1-3	3-6	1-3	22.0-86.6(50.5)	4.0-6.8(5.3)	6.9-9.3(7.8)	1-4
S.vesicarium	Simmons(1969)	25-42	12-22	1.5-2.7	1-3	1-5	1-3	33-47	5-8	7-9	1-4
S.botryosum	Simmons(1985)	33-35	24-26	1.0-1.5	1-3	1-3	1	—	—	—	—
S.herbarum	Simmons(1985)	35-45	20-27	—	1-3	6-7	1-3	15-20	3-5	8-10	—

[a] Each value indicates minimum - maximum (average) for 50 conidia and conidiophores

[b] Length / Width

分離菌の不完全世代は，分生子柄先端に淡褐色～褐色，縦横に石垣状の隔壁を有する分生子を単生した．分生子柄は半透明で，先端部のみが膨らみ褐色であり，貫生により分生子柄が再伸長した．分生子柄の大きさの平均値は幅 4.9-6.2μm × 長さ 39.9-51.9μm，膨張部は幅 7.8-8.9μm であった(PlateⅣD)．KB12 株を除く 6 菌株の分生子は長方形～長楕円形，大きさは平均 33.1-42.2 × 18.9-23.9μm，縦横比が 1.8-1.9，1-3 個の横隔壁でくびれ，表面にいぼ状突起を有した(PlateⅣE)．以上の形態的特徴より 6 菌株を *Stemphylium vesicarium* (Wallroth) Simmons と同定した．一方，KB12 株の分生子は俵型で中央の横隔壁でくびれ，大きさは平均 33.1 × 23.9μm，縦横比が 1.4，表面にいぼ状突起を有した(PlateⅣF)．以上の形態的特徴より KB12 株を *S.botryosum* Wallroth と同定した(Table 4-1-3)．

第 2 節．分離菌のネギの各葉位に対する病原性と病徴

試験方法

試験には，黄色斑紋症状から分離した *S.vesicarium* HY421 株およびネギ葉枯病の褐色楕円形病斑から分離した *S.vesicarium* HB21 株を供試した．V8 ジュース寒天培地上で形成させた分離菌の分生子を滅菌水に懸濁後，二重ガーゼでろ過し，1.0×10^5 個／ml(0.1%Tween20 加用)に調製し接種源とした．検定植物は，園芸培土を充填した 1/5000a ワグネルポット(直径 15.9cm × 深さ 19.3cm)で 8 ヶ月間，ガラス温室内で栽培したネギ品種「元蔵」を用いた．1 菌株あたりネギ 3 株を供試し，接種源を第 2 葉～第 7 葉に無傷で接種した．接種は以下の方法で行った．すなわち，葉身に幅約 1.5cm に切断したガーゼを 2～3 重に巻きつけた．つぎに接種源をマイクロピペットでガーゼが十分に濡れる程度に滴下し，その上からガーゼ全体を覆うようにパラフィルム(Pechiney plastic packaging company, Chicago, USA)を巻き，上下をテープで固定した．さらに，接種株全体をビニール袋で覆って湿室状態とし，15℃・16 時間日長で制御した人工気象器内で管理した．接種 5 日後にビニール袋による被覆，ガーゼおよびパラフィルムを除去し，接種株を 15～25℃で管理したガラス温室内に移動し(以下，本接種方法をガーゼ・パラフィルム法と呼称する)，接種 12 日後に病徴観察を行なうとともに接種菌の再分離を行なった．対照区として滅菌水区を設けた．

試験結果

黄色斑紋症状由来の YH421 株接種株では第 2～5 葉に黄色斑紋症状，第 6～7 葉に褐色楕円形病斑を形成した(Table 4-2-1)．褐色楕円形病斑由来の HB21 株接種株では，第 2～4 葉に黄色斑紋症状，第 5～7 葉に褐色楕円形病斑を形成した．対照区ではいずれの葉位にも病斑を形成しなかった．発病部位からは接種菌が再分離された．

第 3 節．葉枯病菌の菌種構成

試験方法

2005 年 9 月および 2007 年 9～10 月に北海道内のネギ主要産地 4 支庁(現：振興局)管内 3 市 3 町(渡島支庁管内北斗市・七飯町，空知支庁管内栗山町・長沼町，胆振支庁管内伊達市および上川支庁管内旭川市)の 23 圃場より葉枯病罹病葉および黄色斑紋症状を採取した．また，2007 年 10 月に富山県砺波市内 4 圃場，2008 年 9 月に青森県黒石市内 1 圃場より罹病葉を採取し，本章・第 1 節と同様の方法により単胞子由来の菌株を得た．

各菌株には菌株名として，北海道内から分離した菌株は市町名，道外から分離した菌株は県名のアルファベッ

Table 4-2-1. Symptom of each leaf position of Welsh onion with inoculation of isolate obtained from yellow mottle symptom (isolate HY421) and brown oval lesion (isolate HB21)

	Leaf position						
Isolate	1	2	3	4	5	6	7
HY421	—[a]	Y[b](3/3)[c]	Y(2/3)	Y(1/3)	Y(1/3)	B[d](2/3)	B(3/3)
HB21	—	Y(3/3)	Y(3/3)	Y(2/3)	B(1/3)	B(2/3)	B(3/3)
control	—	N[e]	N	N	N	N	N

[a] Not inoculated

[b] Yellow mottle lesions were formed on the inoculated leaves

[c] Number of plants showing pathogenicity / Number of plants tested

[d] Brown oval lesions were formed on the inoculated leaves

[e] No symptom

トの頭文字を付した．すなわち，北斗市：H，七飯町：NN，栗山町：K，長沼町：NG，伊達市：D，旭川市：A，富山県：T および青森県：AO とした．さらに，これに続けて，褐色楕円形病斑由来の菌株には B，黄色斑紋症状由来の菌株には Y を付した．

各菌株を V8 ジュース寒天平板培地上，15℃・BLB ライト照射下で約 1 ヶ月間培養し分生子を形成させ，形態観察および接種試験に供試した．分生子は 1 菌株あたり 30 個を観察し，大きさを測定した．また，同時に 1 菌株あたり 5 個の分生子柄の形態を観察した．種の同定は Simmons(1969；1985)に従った．

また，各菌株のネギに対する病原性を確認するため，ガーゼ・パラフィルム法により接種試験を実施した．1 菌株あたりネギ 1 株を供試し，外葉に有傷(注射針で 4～5 カ所付傷)2 カ所，無傷 2 カ所の計 4 カ所に接種した．接種 12 日後に病徴観察を行い，褐色楕円形病斑の形成の有無によって病原性を判定した．

試験結果

北海道内からは褐色楕円形病斑由来 21 菌株，黄色斑紋症状由来 23 菌株，道外からはいずれも褐色楕円形病斑由来 5 菌株の計 49 菌株を得た(Table 4-3-1)．北海道内の市町別では，北斗市 11 菌株(褐色楕円形病斑由来 5 菌株＋黄色斑紋症状由来 6 菌株：以下同様)，七飯町 7 菌株(2 菌株＋5 菌株)，栗山町 10 菌株(6 菌株＋4 菌株)，長沼町 8 菌株(4 菌株＋4 菌株)，伊達市 6 菌株(3 菌株＋3 菌株)および旭川市 2 菌株(1 菌株＋1 菌株)の 44 菌株であった．道外の県別内訳は，富山県 4 菌株，青森県 1 菌株であった．

分離菌の分生子柄は，いずれも半透明で先端部が膨らみ褐色で貫生により再伸長した．分生子は，淡褐色～褐色，表面にいぼ状突起を有し，縦横の隔壁を有していた．褐色楕円形病斑から分離した KB12 株，KB42 株および黄色斑紋症状から分離した HY211 株の 3 菌株は，分生子は俵形，大きさは平均 32.5-36.5μm × 23.1-26.4μm，縦横比が 1.4-1.5，横隔壁によるくびれは 1 ヶ所であった．以上の形態的特徴から，これらの菌株を *S.botryosum* Wallroth と同定した．上記 3 菌株を除く 46 菌株は，分生子は長楕円形～長方形，大きさが 32.9-48.3μm × 15.5-25.1μm，縦横比が 1.7-2.3，横隔壁によるくびれが 1-3 ヶ所であった．以上の形態的特徴から，これらの菌株を *S.vesicarium* (Wallroth) Simmons と同定した．以上のように北海道内から分離した 44 菌株中 41 菌株が *S.vesicarium*，3 菌株が *S.botryosum* であり，前者が優占種であった．また，富山県および青森県から分離した 5 菌株はいずれも *S.vesicarium* であった．KB11 株と KB12 株および KB41 株と KB42 株はいずれも同一の圃場から分離した菌株であるが，一方が *S.vesicarium* で他方が *S.botryosum* であり，1 圃場内に両種が混在する事例が認められた．

また，接種試験においては，有傷接種によって供試した 49 菌株すべてが病原性を示したものの，無傷接種により病原性を示したのは 25 菌株のみであった．

第 4 節．考察

黄色斑紋症状の発生原因

黄色斑紋症状から分離した *S.vesicarium* HY421 株をネギの中心葉に接種したところ，原病徴が再現され，接種菌が再分離された．このことから，黄色斑紋症状が *S.vesicarium* による病害であることが明らかとなった．さらに，HY421 株をネギの外葉に接種したところ，葉枯病の褐色楕円形病斑を形成した．また，褐色楕円形病斑から分離した *S.vesicarium* HB21 株も同様に接種により中心葉には黄色斑紋症状，外葉には褐色楕円形病斑を形成した．以上のことから，黄色斑紋症状はネギ葉枯病の一病徴であることが明らかとなったため，本病斑を黄色斑紋病斑と呼称することを提案した(三澤 2008a)．また，KB12 株は *S.botryosum* であることが明らかとなった．これまで国内ではネギ葉枯病の病原として *Pleospora herbarum* および *S.vesicarium* が報告されていたが *S.botryosum* は未報告であったため本種を病原として追加することを提案した(三澤ら 2011)．

分離菌の完全世代は *Pleospora* 属菌であった．ネギ葉枯病菌に関連する 3 種 *Pleospora* sp.，*P.tarda*，*P.herbarum* の識別方法として Simmons(1969；1985)は子のう胞子の発達様式および偽子のう殻の壁の厚さを挙げているが，不完全世代と比較して完全世代の同定がむずかしいことを Simmons 自信も認めており，本研究では種レベルの同定にはいたらなかった．不完全世代が *S.botryosum* と同定された KB12 株の完全世代は *P.tarda*，*S.vesicarium* と同定された 6 菌株の完全世代は *Pleospora* sp.であると考えられるが，今後さらなる検討が必要である．なお，糸状菌の種レベルの同定においてはリボゾーマル DNA の内部転写スペーサー(Internal Transcribed Spacer：ITS)領域の塩基配列の解析(White et al. 1990)が頻繁に利用されているが，本属は ITS 領域の解析では種レベルの同定ができない(Câmara et al. 2002)ため，形態的なアプローチが必要である．

菌種構成

北海道内から分離したネギ葉枯病菌 44 菌株のうち全体の 93.2%にあたる 41 菌株が *S.vesicarium* であり，本

Table 4-3-1. Conidial morphology and pathogenicity of *Stemphylium* isolates obtained from brown oval lesions and yellow mottle symptoms of Welsh onion from various fields in Hokkaido and two other prefectures

Lesion isolated		Year isolated	Location isolated		Isolate	Morphological characteristic of conidia				Species	Pathogenicity[c]	
			Prefecture	City		Length (μm)	Width (μm)	L/W[b]	Const-riction		W-I[d]	NW-I[e]
Brown oval lesion	1	2005	Hokkaido	Hokuto	HB21	39.1[a]	20.6	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	2	2007	Hokkaido	Hokuto	HB5	48.3	21.0	2.3	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	3				HB6	47.5	23.5	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	4				HB7	45.4	23.5	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	5				HB8	39.8	21.3	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	6			Nanae	NNB1	42.1	21.4	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	7				NNB4	44.3	21.1	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	8			Kuriyama	KB11	36.0	18.7	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	9				KB12	36.3	26.4	1.4	1	*S. botryosum*	+	−
	10				KB2	41.9	18.5	2.3	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	11				KB3	36.1	20.0	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	12				KB41	40.9	19.7	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	13				KB42	32.5	23.1	1.4	1	*S. botryosum*	+	−
	14			Naganuma	NGB1	37.2	19.4	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	15				NGB2	42.4	21.5	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	16				NGB3	42.5	22.4	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	17				NGB4	38.0	18.4	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	18			Date	DB1	44.3	24.2	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	19				DB4	39.5	17.0	2.3	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	20				DB5	42.0	21.5	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	21			Asahikawa	AB1	34.4	19.2	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	22	2007	Toyama	Tonami	TB5	45.6	22.0	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	23				TB7	40.5	20.3	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	24				TB9	36.6	18.4	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	25				TB13	38.9	21.1	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	26	2008	Aomori	Kuroishi	AOB1	46.2	22.1	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	+
Yellow mottle symptom	1	2005	Hokkaido	Hokuto	HY421	42.2	23.0	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	2	2007	Hokkaido	Hokuto	HY211	36.5	24.6	1.5	1	*S. botryosum*	+	−
	3				HY51	38.2	17.9	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	4				HY61	35.2	19.1	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	5				HY71	42.4	23.9	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	6				HY81	35.7	17.0	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	7			Nanae	NNY11	46.0	25.1	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	8				NNY21	46.4	22.9	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	9				NNY31	37.4	19.6	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	10				NNY41	36.8	16.9	2.2	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	11				NNY51	32.9	19.3	1.7	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	12			Kuriyama	KY11	45.7	22.8	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	13				KY21	37.5	17.2	2.2	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	14				KY31	45.3	20.1	2.3	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	15				KY41	46.9	23.2	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	16			Naganuma	NGY11	34.7	17.3	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	17				NGY21	41.1	20.2	2.0	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	18				NGY31	43.2	24.5	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	19				NGY41	42.5	21.8	1.9	1-3	*S. vesicarium*	+	+
	20			Date	DY11	43.4	20.6	2.1	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	21				DY41	34.4	15.5	2.2	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	22				DY51	42.5	23.4	1.8	1-3	*S. vesicarium*	+	−
	23			Asahikawa	AY11	33.5	19.6	1.7	1-3	*S. vesicarium*	+	+
Simmons(1969, 1985)						25-42	12-22	1.5-2.7	1-3	*S. vesicarium*		
						33-35	24-26	1.0-1.5	1	*S. botryosum*		

[a] Average value for 30 conidia

[b] Length / width

[c] + : Brown oval lesions were formed on the inoculated leaves, −: no symptoms

[d] Wound inoculation

[e] Non-wound inoculation

種が優占している実態が明らかとなった(三澤 2009b). 富山県および青森県から分離した 5 菌株もいずれも *S.vesicarium* であり，菌株数は少ないものの北海道と同様に東北・北陸地域においても本種が優占している可能性が示唆された.

S.vesicarium による病害の国内における初記載は 1989 年に山梨県で発生したシュッコンアスター斑点病であり(市川・佐藤 1994)，ネギにおいては 1999 年に秋田県で発生が認められた(柴田ら 2000). 国内ではじめて *S.vesicarium* によるネギ葉枯病の発生が確認されたわずか 8 年後の 2007 年に実施した本研究において，本種は道内における優占種であった．ネギ葉枯病は 1911 年に *P.herbarum* による病害として国内での初発生が報告された(出田 1911)が，ネギの重要病害ではなかったため，病原菌の分布に関する報告はこれまでなかった．そのため，*S.vesicarium* が近年急激に北日本地域において蔓延したのか，あるいは以前から蔓延していたが詳細な調査が実施されていなかったのかは明らかではない.

韓国(Cho and Yu 1998)および中国(張 2009)においても *S.vesicarium* によるネギ葉枯病の発生が報告されている．2009 年のネギの輸入量は 8,528t であり(農林水産省統計部 2011), そのほとんどが中国産である(北海道野菜地図編集委員会編　2011)．前章で明らかにしたように，ネギの出荷葉に褐色楕円形病斑が発生することは稀であり，中国からの輸入ネギに感染して国内に侵入する可能性があるのは黄色斑紋病斑である．第 6 章・第 2 節で議論するが黄色斑紋病斑からは分生子の飛散が起こっていない．そのため，輸入されたネギによって本菌が全国に拡散した可能性は，極めて低いと考えられる.

第 5 章．葉枯病菌の諸性質

第 4 章において，北海道内におけるネギ葉枯病の病原菌が *Stemphylium vesicarium* および *S.botryosum* であることが明らかとなった．本章では，両種の宿主範囲，生育適温および胞子形成条件について検討した．

第 1 節．宿主範囲

試験方法

ネギ，ニラ，アスパラガスから分離した *S.botryosum* 3 菌株(KB12 株， Mt41 株，APS4 株)およびネギから分離した *S.vesicarium* HB21 株のネギ，タマネギ，アスパラガスに対する病原性を検定した．ネギはガラス温室内で 8 ヶ月間栽培した品種「元蔵」，タマネギは同条件で 5 ヶ月間栽培した品種「月輪」，アスパラガスは品種「バイトル」の若茎を検定植物として用いた．各菌株の分生子を 1.0×10^5 個／ml(0.1%Tween20 加用)に調製し接種源とした．接種はガーゼ・パラフィルム法により有傷と無傷で行った．ネギおよびタマネギは 1 株あたり 3 葉に，アスパラガスには若茎 1 本あたり 1 カ所に接種し，接種 5 日後に被覆を除去し，接種 13 日後に発病調査を実施した．試験には 1 区あたり 3 株または若茎 3 本を供試した．

試験結果

ネギから分離した *S.vesicarium* HB21 株および *S.botryosum* KB12 株は，ネギ，タマネギに褐色楕円形病斑を形成し，アスパラガスには長径約 2mm の赤褐色の条斑を形成した(Table 5-1-1)．また，ニラから分離した *S.botryosum* Mt41 株およびアスパラガスから分離した *S.botryosum* APS4 株も同様にネギ，タマネギに褐色楕円形病斑を形成し，アスパラガスには赤褐色の条斑を形成した．アスパラガスから分離菌した APS4 株を接種したアスパラガスでは，接種面積の 20%以上に達するほど多数の病斑を形成したが，他の菌株の接種では接種部位あたり数個の病斑を形成するのみであった．ネギおよびタマネギに対する病原性は，菌株間で差が認められなかった．アスパラガスに対する病原性の強さにおいて，菌株間で差異が認められたものの，いずれの菌株も検定に供試した 3 種植物に病原性を示し，明瞭な寄生性の分化は認められなかった．

第 2 節．生育適温

試験方法

×1/4PDA (Difco 社製 Potato Dextrose Agar 9.75g，寒天 15g，蒸留水 1000ml)平板培地で前培養したネギ葉枯病菌 *S.vesicarium* DB1 株および *S.botryosum* KB12 株の含菌寒天(直径 5mm)を×1/4PDA 平板培地（直径 9cm)の中央に置床した．これを 5，10，15，20，25，30 および 35℃，暗黒下で培養した．培養 7 日後に菌叢直径を測定し，培養前の含菌寒天の大きさ(直径 5mm)を引いて，伸長した菌叢の直径を算出した．試験は 3 反復で行った．

試験結果

菌叢の生育は 5～35℃で認められた(Fig. 5-2-1)．生育適温は両菌株とも 25℃であり，5℃および 35℃における生育は極めて不良であった．生育適温である 25℃における菌叢直径は *S.vesicarium* DB1 株が 42.4mm／7 日間，*S.botryosum* KB12 株が 55.5mm／7 日間であり，KB12 株は 10～30℃において DB1 株より生育が優った．

Table 5-1-1.　Host range of *Stemphylium* isolates obtained from Welsh onion, Chinese chive and asparagus

			Welsh onion (leaf)		Onion (leaf)		Asparagus(spears)	
Origin	Species	Isolate	W.I.[a]	N.I.[b]	W.I.	N.I.	W.I.	N.I.
Welsh onion	*S.vesicarium*	HB21	3/3[c]	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3
Welsh onion	*S.botryosum*	KB12	3/3	1/3	3/3	2/3	3/3	3/3
Chinese chive	*S.botryosum*	Mt41	3/3	2/3	3/3	3/3	3/3	3/3
Asparagus	*S.botryosum*	APS4	3/3	2/3	2/3	2/3	3/3	3/3
SDW			0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3

[a] Wound inoculation

[b] Non-wound inoculation

[c] Number of plants showing pathogenicity / number of plants tested

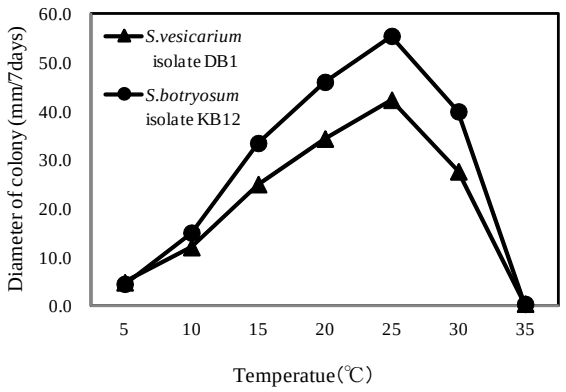


Fig. 5-2-1.　Colony diameter of *Stemphylium vesicarium* isolate DB1 and *S.botryosum* isolate KB12 grown on ×1/4 potato dextorose agar for 7days at different temperatures.

第 3 節．各温度条件における胞子形成量

試験方法

PDA 平板培地で前培養したネギ葉枯病菌 *S.vesicarium* DB1 株および *S.botryosum* KB12 株の含菌寒天(直径 5mm)を V8 ジュース寒天平板培地(直径 9cm)の中央に置床した．これを 5，10，15，20，25 および 30℃，BLB ライト照射下で培養し，培養 4 週間後に分生子および子のう胞子の形成量を計測した．分生子の形成量は，培養菌叢を直径 5mm のコルクボーラで平板あたり 3 ディスク打ち抜き, これを顕微鏡下で観察し，直径 5mm のディスク 1 枚当たりの形成量を算出した．子のう胞子の形成量は，培地上に形成した偽子のう殻を含む菌叢を直径 5mm のコルクボーラで打ち抜き，この含菌寒天ディスク 3 枚に 1ml の滅菌水を加えて乳鉢で磨砕し，偽子のう殻内から子のう胞子を裸出させた．この子のう胞子懸濁液 50μl を顕微鏡下で観察し，子のう胞子数を計測した．子のう胞子数の計測は 1 懸濁液につき 3 回実施し，直径 5 mm のディスク 1 枚当たりの子のう胞子形成量を算出した．試験には 1 処理あたり分離菌培養 V8 ジュース寒天平板培地 3 枚を供試した．

試験結果

分生子の形成は両菌株とも 5～30℃のいずれの温度においても認められた．*S.vesicarium* DB1 株は 5～15℃において形成が良好で，20℃以上で形成が少なかった．最適温度は 15℃(328 個／5mm ディスク)であった．*S.botryosum* KB12 株は 20℃(242 個／5mm ディスク)で最も形成が良好であり, 15℃以下および 25℃以上では形成が抑制された(Fig. 5-3-1 A).

子のう胞子の形成は DB1 株は 10～25℃で，KB12 株は 10～15℃で認められ，両菌株とも 10℃で最も良好であった(Fig. 5-3-1 B)．10℃における子のう胞子形成量は, DB1 株は 2,427 個／5mm ディスク, KB12 株が 190 個／5mm ディスクであった.

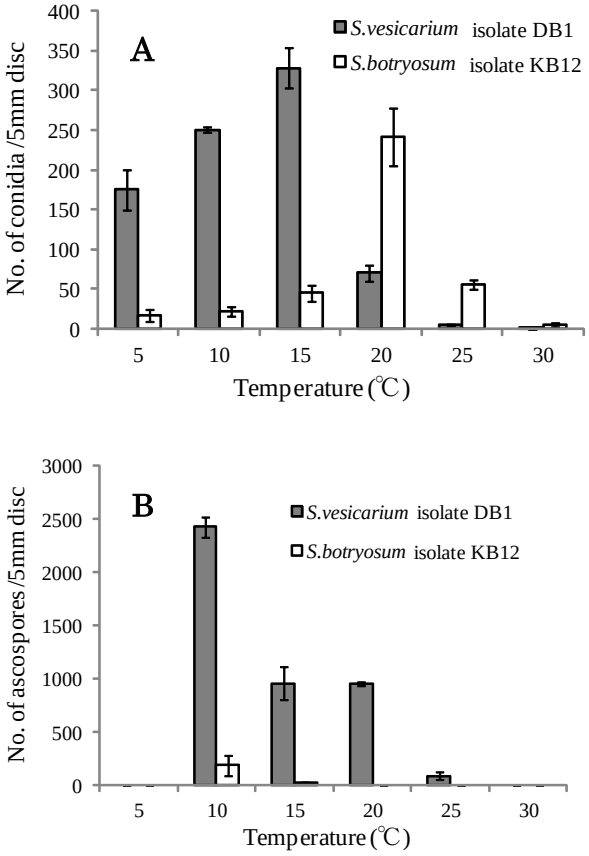


Fig. 5-3-1.　Effects of temperatures on sporulation of *Stemphylium vesicarium* isolate DB1 and *S.botryosum* isolate KB12 on V8 agar under BLB light irradiation.
A: conidia,　B : ascospores
Each value indicates the mean of three determinations, and each bar indicates standard error of the mean

第 4 節．考察

宿主範囲

S.botryosum は一般に多犯性の病原菌であるとされている(Neergaard 1945)が，海外ではホウレンソウ(Koike et al. 2001), トマト(Rotem et al. 1966)およびレタス(Padhi and Synder 1954)において, 宿主特異的な病原性を示す菌系が報告されている. 国内ではアスパラガス(鈴井 1973b)，リーキ(菅野・大久保 1997)，タマネギ(福西ら 1977)，ニンニク(福西 1977)，テンサイ(Uchino et al. 1986)およびスイートクローバー(西原 1969)から分離し

た菌株について宿主範囲に関する報告があり，いずれも多犯性で明確な寄生性の分化は認められていない．本研究においてもネギ，ニラ，アスパラガスから分離した菌株間で明瞭な寄生性の分化は認められなかった．

S.vesicarium の宿主範囲に関する研究事例は少ないが，海外ではいずれもユリ科に属すアスパラガス，ニンニクおよびタマネギから分離した菌株は相互の宿主に病原性を示す(Basallote-Ureba et al. 1999)が，セイヨウナシ分離菌はこれらの菌株とは寄生性が異なり，セイヨウナシにのみ病原性を示すことが知られている(Köhl et al. 2009a)．国内でこれまでに *S.vesicarium* による病害の発生が報告された作物は，ネギ(柴田ら 2000)，シュッコンアスター(市川・佐藤 1994)およびスミレ類(高野 1999)のみであり，宿主範囲や寄生性の分化に関する研究事例はない．本研究ではネギ分離菌がタマネギおよびアスパラガスにも病原性を示し，Basallote-Ureba et al. (1999)の報告と同様にネギ分離菌が他のユリ科植物にも病原性を示すことが明らかとなった．なお,近年新潟県において *S.vesicarium* と形態的に極めて近似した *Stemphylium* 属菌によるセイヨウナシの病害が発見され，「褐色斑点病」と命名された(棚橋ら 2008)．今後，同病の病原菌と *S.vesicarium* との異同ならびにセイヨウナシ分離菌の宿主範囲の解明が期待される．

生育適温

Neergaard(1945) は各種作物から分離した *S.botryosum* の培地上での菌糸生育適温が 22~23℃であると報告している．また，柴田ら(2000)はネギから分離した *S.vesicarium* の菌糸生育適温が 25℃，Uchino et al. (1986)はテンサイおよびニンニクから分離した *S.botryosum* の菌糸生育適温は 23℃であると報告しており，本研究における 25℃と概ね一致した．なお，糸状菌のなかには *Rhizoctonia solani* のように菌糸生育適温が分類上の重要な特性となっている種も存在する(渡辺・松田 1966)が，本属では分類上重要視されていないため，Neergaard(1945)以降の研究者は，本属菌の菌糸生育適温について記載していない(張 2009；Simmons 1969；Yu 2001)．

各温度条件における胞子形成量

S.vesicarium の子のう胞子形成適温は，セイヨウナシ分離菌では 10～15℃(Llorente and Montesinos 2004)，ニンニク分離菌では 5～10℃(Prados-Ligero et al. 1998)であり，本研究におけるネギ分離菌の適温 10℃と一致した．

柴田ら(2000)は，ネギから分離した *S.vesicarium*（秋田県分離株）の分生子形成を 25℃で培養しているが，本研究に供試した *S.vesicarium* DB1 株の分生子形成適温は 15℃であり，25℃における分生子形成は極めて不良であった．本研究の開始当初，*S.vesicarium* HY421 株および HB21 株を供試して，柴田ら(2000)の方法に準じて胞子形成を試みたが，分生子形成が認められなかった(データ省略)．そこで種々の培地を用いて 25℃・BLB ライト照射下で培養したが分生子形成は認められなかった．次に V8 ジュース寒天培地を用いて BLB ライト照射下で種々の温度で培養したところ 15℃で多量の分生子形成が認められた．さらに，第 4 章・第 3 節においては，ネギから分離した *S.vesicarium* および *S.botryosum* 49 菌株を 15℃で培養し，全菌株において形態観察および接種試験に供試できる十分な分生子が得られた．以上のように，同一植物種から分離した同一種であっても，秋田県分離株と北海道分離株で分生子形成適温が異なる事例が認められた．そのため，菌株毎に胞子形成条件を検討する必要性が示唆された．

第 6 章．葉枯病菌の感染・発病条件と伝染環

ネギ葉枯病菌の感染・発病条件に関する知見はこれまでない．そこで，本章・第 1 節では，接種温度，ネギの生育ステージ，濡れ時間，接種葉位，接種方法と発病の関係について検討した．また，本病の主要な病原菌である *Stemphylium vesicarium* の伝染環に関する研究は，セイヨウナシ(Llorente and Montesinos 2004, 2006；Llorente et al. 2006；Rossi et al. 2005a,b, 2008)およびニンニク (Prados-Ligero et al. 1998, 2003)ではあるものの，ネギについては研究知見がない．そこで，本章・第 2 節では，ネギ葉枯病菌の伝染環について検討した．

第 1 節．感染・発病条件

第1項．接種温度および検定植物の生育ステージが病斑形成に与える影響

試験方法

試験には *S.vesicarium* HB21 株を用いた．供試菌株の分生子を 1.0×10^5 個／ml(Tween20 を 0.1%加用)に調製したものを接種源として用いた．検定植物は，園芸培土を充填した 1/5000a ワグネルポットでそれぞれ 4 ヶ月，6 ヶ月，8 ヶ月間，ガラス温室内で栽培したネギ品種「元蔵」を用いた．接種はガーゼ・パラフィルム法により無傷接種で行った．接種温度は 5，10，15，20，25，30℃の 6 段階で行った．株当たりの接種葉数は，播種後 4 ヶ月の株が 2 葉，播種後 6 ヶ月の株が 3 葉，播種後 8 ヶ月の株が 4 葉とし，1 区 1 株 3 反復で行った．接種 12 日後に Table 6-1-1，6-1-2 に示した指数に従って発病調査を実施した．各株 2～4 葉の接種葉のうち最も発病程度が高い葉の指数をその株の発病指数とした．なお，以降のポット試験はすべて本試験と同様の方法で調査を実施した．

Table 6-1-1.　Disease index of brown oval lesion in pot experiment

0＝	No symptom
1＝	Lesions, less than 0.5cm diameter in size with pale brown, are found
2＝	Lesions, less than 1cm diameter in size with brown, are found
3＝	Lesions, more than 1cm diameter in size with brown, are found
4＝	Brown lesions are found on more than half of inculated area

Table 6-1-2.　Disease index of yellow mottle lesion in pot experiment

0＝	No symptom
1＝	Ambiguous yellow mottle lesions are found on less than half of inculated area
2＝	Ambiguous yellow mottle lesions are found on more than half of inculated area
3＝	Slightly ambiguous yellow mottle lesions are found on more than half of inculated area
4＝	Clear yellow mottle lesions are found on more than half of inculated area

試験結果

褐色楕円形病斑の形成は 5～25℃で認められ，30℃では認められなかった．いずれの生育ステージにおいても 10～15℃で最も発生程度が高く，本病斑の発生に好適な接種温度は 10～15℃であった．播種後 8 ヶ月の株の本病斑の発生程度は，5℃では播種後 4 ヶ月および 6 ヶ月の株と比較して高かったが，15℃および 20℃では播種後 4 ヶ月および 6 ヶ月の株より低く，ネギの生育ステージと本病斑の発生程度の間に明瞭な関係は認められなかった(Fig. 6-1-1 A).

黄色斑紋病斑の形成は 5～30℃のいずれの接種温度でも認められ，播種後 4 ヶ月および 6 ヶ月の株では 20℃，播種後 8 ヶ月の株では 15℃～20℃において最も発生程度が高くなり，本病斑の発生に好適な接種温度は 15～20℃であった．また，10℃，15℃，20℃における本病斑の発生程度は，播種後 8 ヶ月の株＞播種後 6 ヶ月の株＞播種後 4 ヶ月の株の順で高くなっており，生育が進んだ株ほど本病斑が発病程度が高くなる傾向が認められた(Fig. 6-1-1 B).

第 2 項．濡れ時間と発病

試験方法

試験には 1/5000a ワグネルポットで 8 ヶ月間栽培したネギ品種「元蔵」および *S.vesicarium* DB1 株の分生子懸濁液(濃度 1.0×10^5 個／ml；0.1%Tween20 加用)を供試した．株あたり 3 葉にガーゼ・パラフィルム法により接種源を有傷接種し，15℃・16 時間日長の人工気象器内で 1，3，6，12，24，48，72，96，120 時間管理した．

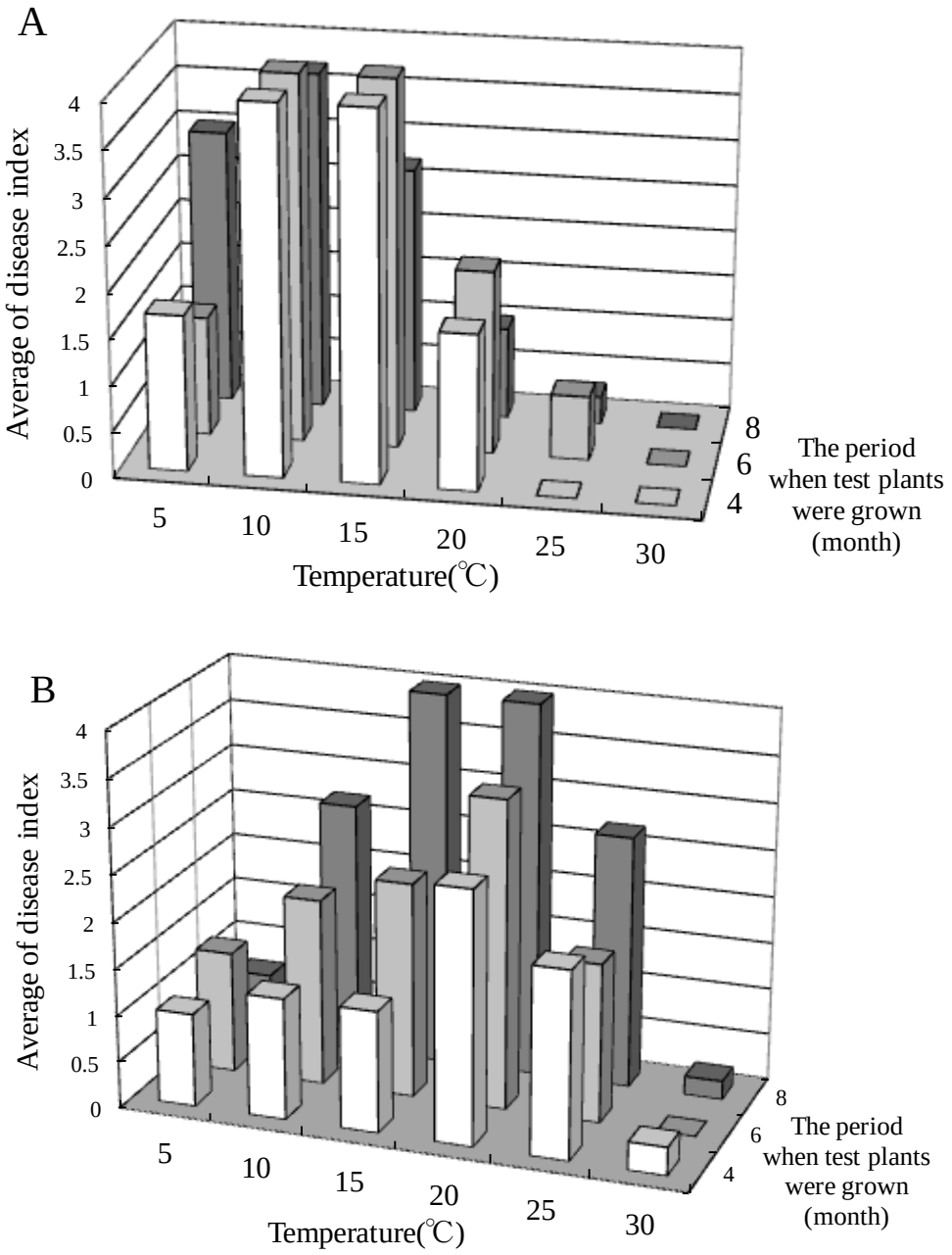


Fig. 6-1-1.　Effect of temperature and growth stage of test plants on disease development of Welsh onion leaf blight inoculated with *Stemphylium vesicarium* isolate HB21.
A : brown oval lesion,　B : yellow mottle lesion

処理期間終了後に被覆を除去し，検定植物をガラス温室内で 5 日間管理し発病程度を調査した．試験は 1 区 1 株 3 反復で行い，各株 3 葉の接種葉のうち最も発病程度が高い葉の指数をその株の発病指数とした．

試験結果

濡れ時間 1～3 時間では発病が認められなかった．濡れ時間 6 時間以上で発病が認められ，6～48 時間の間では濡れ時間の増加にともなって発病程度も増加し，48 時間で最大指数 4 に達した(Fig. 6-1-2).

第 3 項．接種葉位と発病

試験方法

試験には 1/5000a ワグネルポットで 8 ヶ月間栽培したネギ品種「元蔵」および *S.vesicarium* DB1 株の分生子懸濁液(濃度 1.0×10^5 個／ml；0.1%Tween20 加用)を供試した．株あたり 7 葉にガーゼ・パラフィルム法により

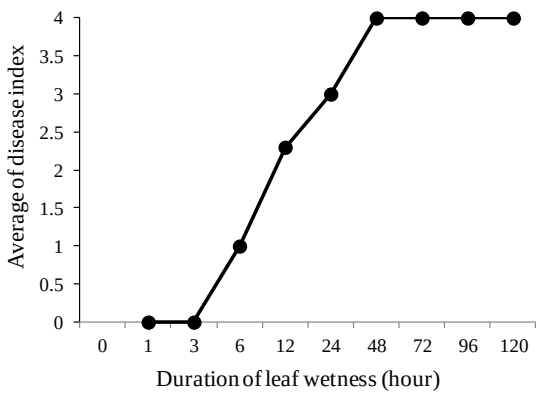


Fig. 6-1-2.　Effect of duration of leaf wetness on disease development (brown oval lesion) of Welsh onion leaf blight inoculated with *Stemphylium vesicarium* isolate DB1.

接種源を無傷接種し，15℃・16 時間日長の人工気象器内で 5 日間管理した．その後被覆を除去し，検定植物をガラス温室内で 5 日間管理し，発病程度を葉毎に調査した．試験は 1 区 1 株 5 反復で行った．

試験結果

黄色斑紋病斑は第 1～4 葉に，褐色楕円形病斑は第 4～7 葉に形成が認められた．黄色斑紋病斑は中心葉ほど発病程度が高く，褐色楕円形病斑は外葉ほど発病程度が高い傾向があった(Fig. 6-1-3).

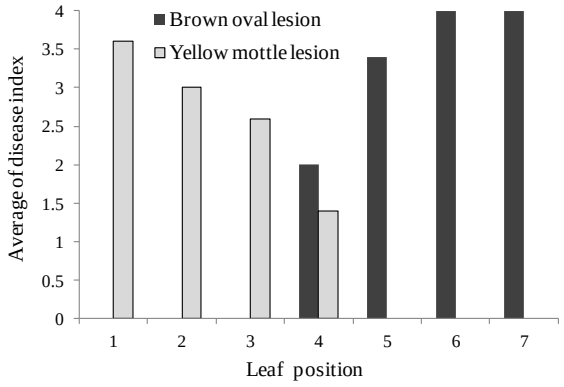


Fig. 6-1-3.　Effect of leaf position on disease development of Welsh onion leaf blight inoculated with *Stemphylium vesicarium* isolate DB1.

第 4 項．接種方法と発病

試験方法

1/5000a ワグネルポットで 8 ヶ月間栽培したネギ品種「元蔵」を検定植物として，*S.vesicarium* DB1 株の分生子懸濁液(濃度 1.0×10^5 個／ml；0.1%Tween20 加用)を噴霧接種法およびガーゼ・パラフィルム法で接種した．噴霧接種法は，検定植物葉表面のワックス成分を湿らせたペーパータオルで拭き取った後に，1 株あたり約 10ml の割合で接種源を噴霧し，接種株全体をビニール袋で被覆した．噴霧接種法は有傷(注射針で 1 葉あたり 4～5 カ所付傷)および無傷で行った．ガーゼ・パラフィルム法は，株あたり外葉 3 葉に無傷接種した．両接種法とも接種後は 15℃・16 時間日長の人工気象器内で 6 日間管理した．その後，被覆を除去し検定植物をガラス温室内で 5 日間管理し，発病程度を株毎に調査した．試験は 1 区 3 株で行い，対照区には滅菌水を噴霧した．

試験結果

噴霧接種法では，有傷接種・無傷接種のいずれにおいても発病が認められなかった．一方，ガーゼ・パラフィルム法では，接種した 3 株とも外葉に褐色楕円形病斑を形成した(Table 6-1-3).

Table 6-1-3.　Effect of inoculation method on pathogenicity to Welsh onion inoculated with *Stemphylium vesicarium* isolate DB1

Inoculation method	Pathogenicity
Spray inoculation (wound)	0/3[a]
Spray inoculation (nonwound)	0/3
Gauze・parafilm inoculation	3/3
Control	0/3

[a] Number of plants showing pathogenicity / number of plants tested

第 5 項．考察

ネギ属に寄生する *Stemphylium* 属菌は，一般に病原性が弱く，接種による病徴の再現が困難である．1920～1930 年代には，本属菌が病原菌であるか，腐生菌であるかを明らかにするために，多くの研究者が本属菌のタマネギへの接種試験を試みたが，失敗と成功が繰り返された(Neergaard 1945). 本研究においても空気伝染性病害の接種方法として普遍的に用いられている噴霧接種法では病原性が認められず，ガーゼ・パラフィルム法を開発した．本法を有傷接種で行うことで第 4 章・第 3 節において供試した 49 菌株の全菌株において病原性を認めた．一方，本法の無傷接種では 49 株中病原性が認められたのは 25 菌株のみであり，本菌の病原性が極めて弱いことが明らかとなった．

黄色斑紋病斑の発生好適温度は 15～20℃であり，現地圃場において同病斑が増加した時期の北斗市の平均気温

と一致した．また，同病斑は生育が進んだ株ほど発病程度が高くなる傾向があり，圃場において収穫遅れで多発する現象と一致した．一方，褐色楕円形病斑の発生好適温度は10～15℃であったのに対して，現地圃場で本病斑(先枯れ病斑)が増加した 8 月中旬～9 月下旬の北斗市の平均気温は15.5～21.2℃であり一致しなかった．斑点病斑がべと病発生後に二次的に葉枯病菌が感染して発生することは第 3 章・第 2 節で明らかにしたが，べと病は葉身中央部にのみ発生し，葉身先端部に発生することはないこと(岸・我孫子 2002)および第 3 章・第 1 節および第 2 節の発生実態調査および発生推移調査において，先枯れ病斑上には葉枯病菌が単独感染している事例が多かったことから，先枯れ病斑の形成にべと病は関与していないと考えられた．本菌の病原性が弱いことおよび発生適温と発病増加時期の温度が一致しなかったことから，先枯れ病斑は生理的な要因で葉先枯れが生じ，二次的に葉枯病菌が感染し病斑を形成していると推察された．武田(2008)は「ネギの葉先枯れ症状は，培土による断根で，葉の量に対して根の量が少なくなった結果，根の量に合わせて葉の量を減らし，同時に葉の構成成分を使って根を再生させる現象である」と指摘している．先枯れ病斑の発病株率が増加する 8 月中旬～9 月下旬は培土が行われる時期と一致することから，培土による断根が先枯れ病斑発生の一因となっていることが示唆された．

接種葉位と発病の関係では，現地の実態調査結果と同様に，黄色斑紋病斑は中心葉ほど，褐色楕円形病斑は外葉ほど発病程度が高い傾向が認められ，現地の葉位別の発病程度の差異が葉の感受性の差異によるものであることが明らかとなった．なお，ネギの葉身は概ね 1 週間に 1 枚展開し，各葉は徐々に株の外側へ移行する．圃場において中心葉に発生した明瞭な黄色斑紋病斑にマジックで印を付けて経時的に観察したところ，外葉に移行するにしたがって斑紋は薄く不明瞭になり，やがて消滅した(データ省略)．すなわち，病原菌が存在するにも関わらず病徴を示さなくなり，無病徴感染となった．圃場において第 2 葉で最も病葉率が高かったが，1 週間後にはこの第 2 葉は第 3 葉となり一部の葉では斑紋が消滅し病葉率が低下し，一方で新たな第 2 葉は発病が増加することで，常に第 2 葉で最も発病程度が高い状態を維持していると考えられた．一方，褐色楕円形病斑は，一度形成した病斑が生育中に消滅することはない．また，外葉ほど感受性が高く，各葉が徐々に外葉へと移行する段階で褐色楕円形病斑を形成するため，外葉ほど発病程度が高い状態を常に保っていると考えられた．なお，黄色斑紋病斑が消滅することがあるのに対して，褐色楕円形病斑は一度発生すると消滅することがない点については，総合考察で議論する．

第 2 節．葉枯病菌の伝染環

第 1 項．胞子飛散消長と発病の関係

1．生育期間試験方法

本節におけるネギの生育期間，病原菌の越冬，積雪期間等の概要を Fig. 6-2-1 に示した．すなわち，8 月どり作型の定植時期である 4 月下旬～10 月どり作型の収穫期である 10 月中旬を「生育期間」，それ以外の期間を「非生育期間」と定義した．さらに，融雪後～定植までを「定植前」，収穫終了後～積雪までを「収穫後」と定義した．

試験は 2006～2008 年に，北斗市内のネギ（品種：白羽

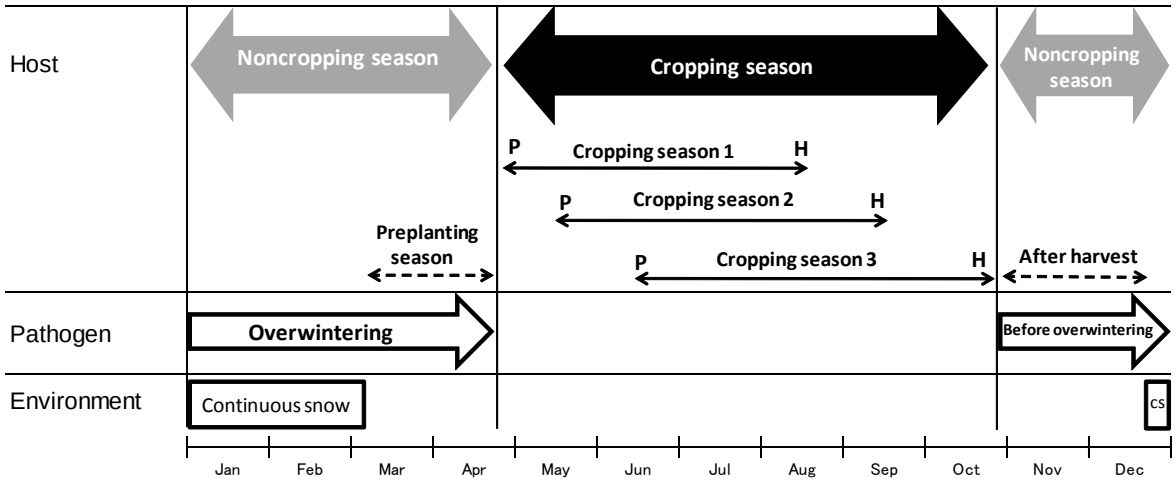


Fig. 6-2-1.　Cultivation scheme of Welsh onion in Hokkaido, Japan.

P : planting,　H : harvest,　cs : continuous snow

一本太）栽培農家 A 圃場(10 年以上ネギ連作，1 作型あたり 250 ㎡)の 8～10 月どり作型で実施した(本節における圃場名 A～D は第 3 章・第 2 節における圃場名 A～G とは対応していない)．試験圃場内に 8.1 ㎡（2 畦：1.8m × 4.5m）の殺菌剤無散布区を 1 作型あたり 3 カ所設定した．各殺菌剤無散布区に 1 台ずつ胞子トラップを設置した．胞子トラップはスライドグラス(76 mm × 26 mm)にグリセリン・ゼリー(ゼラチン 7g，蒸留水 42ml，フェノール 1ml，グリセリン 38ml)を塗布し，地上約 30 cm の位置に地面と垂直に設置し，約 1 週間毎に交換した．回収したトラップ上に 1 滴の蒸留水およびカバーグラス(18mm × 18mm)を乗せ，生物顕微鏡下でカバーグラス 1 枚分の視野に存在する胞子数を計測し，1cm² あたりの胞子数を算出した．捕捉胞子数は 3 反復の平均値および常用対数変換(log(捕捉胞子数+1))後の標準偏差を算出した．

1 区あたり 25 株の褐色楕円形病斑と黄色斑紋病斑の発病株率を胞子トラップ交換日に調査した．また，葉枯病と黒斑病は病徴が酷似し，病徴観察では識別できない(第 3 章)ため，発病調査時に 5～6 葉を採取し，顕微鏡下で分生子および分生子柄を観察し，発生病害を特定した．

2006 年および 2008 年は 8, 9, 10 月どり作型で，2007 年は 9，10 月どり作型で試験を実施した．さらに，胞子飛散消長と葉枯病の発病程度および気象条件の関係を解析するために，捕捉胞子数と北斗市のアメダスデータ(日平均気温，降水量，日照時間)および発病株率の相関係数を算出した．

試験結果

2006～2008 年に A 圃場から合計 461 病斑を採取し顕微鏡観察した結果，いずれの病斑上にも病原菌の分生子および分生子柄を多量に形成していた(Plate Ⅱ A)．このうち 460 病斑が *S.vesicarium* による葉枯病であり，1 病斑のみが *Alternaria porri* による黒斑病であった．すなわち，A 圃場で発生していた褐色で楕円形の病斑のほぼすべてが葉枯病であった．

発病株率および胞子飛散消長は，いずれの年次もまず 8 月どり作型で増加し，続いて 9 月どり作型，10 月どり作型で増加する傾向が認められた．各病斑の初発は，褐色楕円形病斑が 6 月 28 日～8 月 9 日，黄色斑紋病斑は 8 月 7 日～9 月 12 日に認められた．褐色楕円形病斑は 7 月下旬～8 月上旬に増加しはじめ収穫までに発病株率 88.1～100%に達した．黄色斑紋病斑および捕捉胞子数の増加は，褐色楕円形病斑の増加にやや遅れて起こり，両者はほぼ同時または前者がやや遅れて増加した(Fig. 6-2-2～6-2-4)．

生育期間中に捕捉された胞子はいずれも分生子であり，子のう胞子は捕捉されなかった．分生子の飛散消長は，2008 年 8 月どり作型の 7 月 24 日～8 月 1 日を除いて両病斑の消長と一致した．すなわち，2006 年はピークが 1 つ，2007 年および 2008 年は 2～3 個のピークがあった．いずれの試験においても，7 月中旬までは捕捉胞子数は 10 個／cm² 以下と少なく，その後 100 個／cm² またはそれ以上に増加した．ほとんどの場合，収穫 2～4 週間前には 50 個／cm² 以上の多くの分生子が捕捉された．2008 年はネギ定植前の 4 月 4 日にトラップを設置を開始し，捕捉胞子数は極めて少ないものの，ネギ定植前の圃場においても分生子飛散が確認された(Fig. 6-2-5)．捕捉分生子数と両病斑の発病株率との間には 2007 年の 9 月どり作型の褐色楕円形病斑および 2008 年 8 月どり作型の両病斑を除いて，統計的に有意な正の相関関係が認められた．一方，捕捉分生子数と気象との間には相関関係が認められなかった(Table 6-2-1)．

Table 6-2-1. Correlation between airborne conidium density and weather factors or disease incidence (2006 -2008)

Weather factors or disease incidence	Year							
	2006			2007		2008		
	C.S.1	C.S.2	C.S.3	C.S.2	C.S.3	C.S.1	C.S.2	C.S.3
Average mean daily temparature (℃)	0.665[a]	-0.098	-0.453	0.134	-0.527	0.442	0.052	-0.127
Accumulated rainfall (mm)	0.128	0.022	0.678*	0.148	-0.058	0.501*	-0.175	0.115
Accumulated sunshine duration (h)	0.309	0.640*	0.790**	-0.082	0.124	-0.483	0.227	-0.086
Incidence of brown oval lesion (%)	0.923***	0.823***	0.694**	0.574	0.645**	0.204	0.538*	0.631**
Incidence of yellow mottle lesion (%)	0.834**	0.941***	0.652*	0.921***	0.532*	0.192	0.741***	0.474*
Degrees of freedom	8	11	11	10	13	15	16	17

[a] Values calculated between the number of conidia represent cumulative values for conidia trapped during ca. 7 days of monitoring and average of mean daily temperature, accumulated rainfall and sunshine duration during the period or disease incidence

C.S.：cropping season,　Significant differences : * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

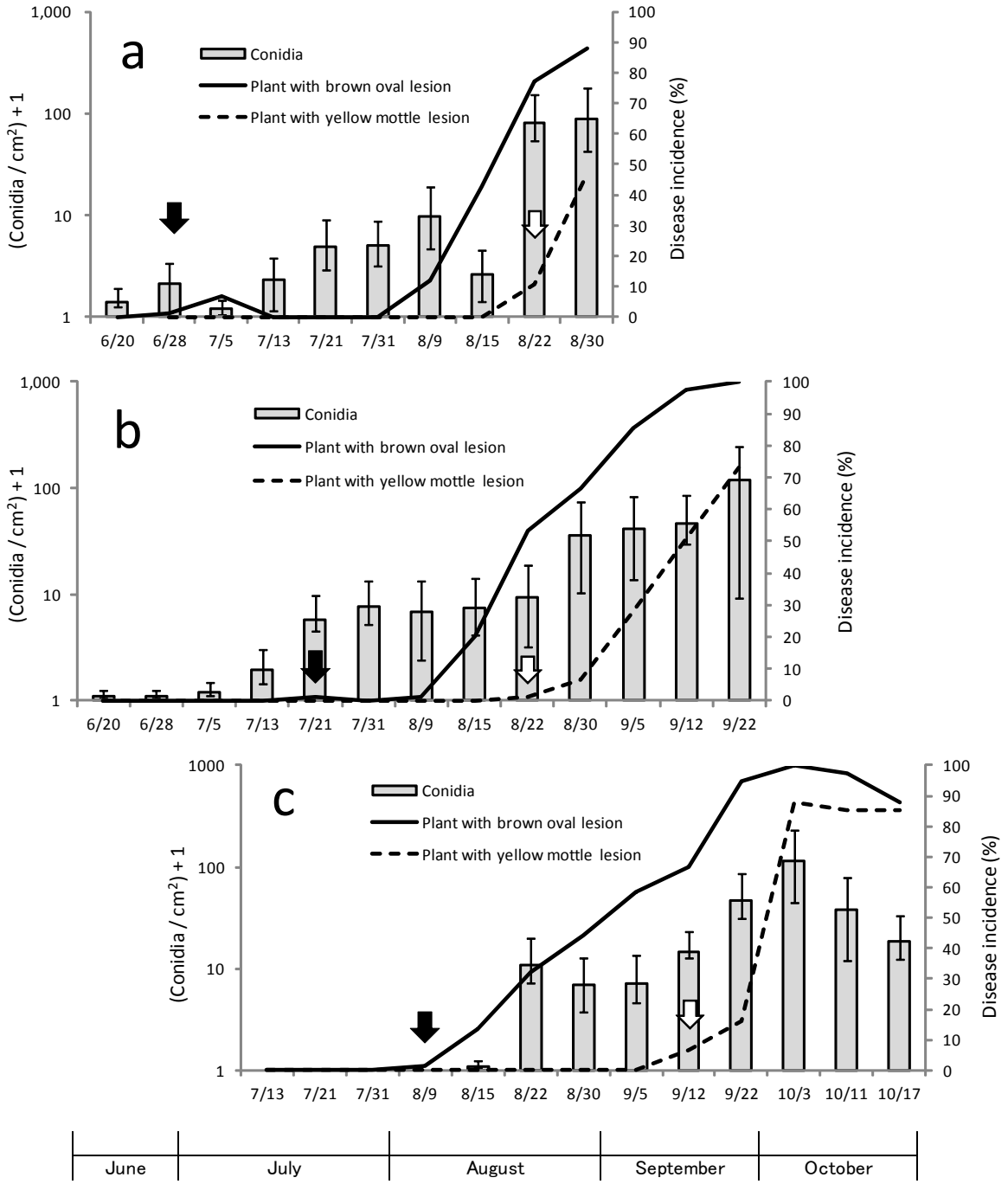


Fig. 6-2-2. Seasonal fluctuation of *Stemphylium vesicarium* conidium dispersal and disease incidence during the cropping season 2006 in an infested field in Hokuto.

a: cropping season 1, **b**: cropping season 2, and **c**: cropping season 3

Airborne conidium density on slide traps. Black arrow : first occurrence of brown oval lesions, white arrow : first occurrence of yellow mottle lesions, bars : standard deviation.

Disease incidence (%) was monitored on 25 plants per plot

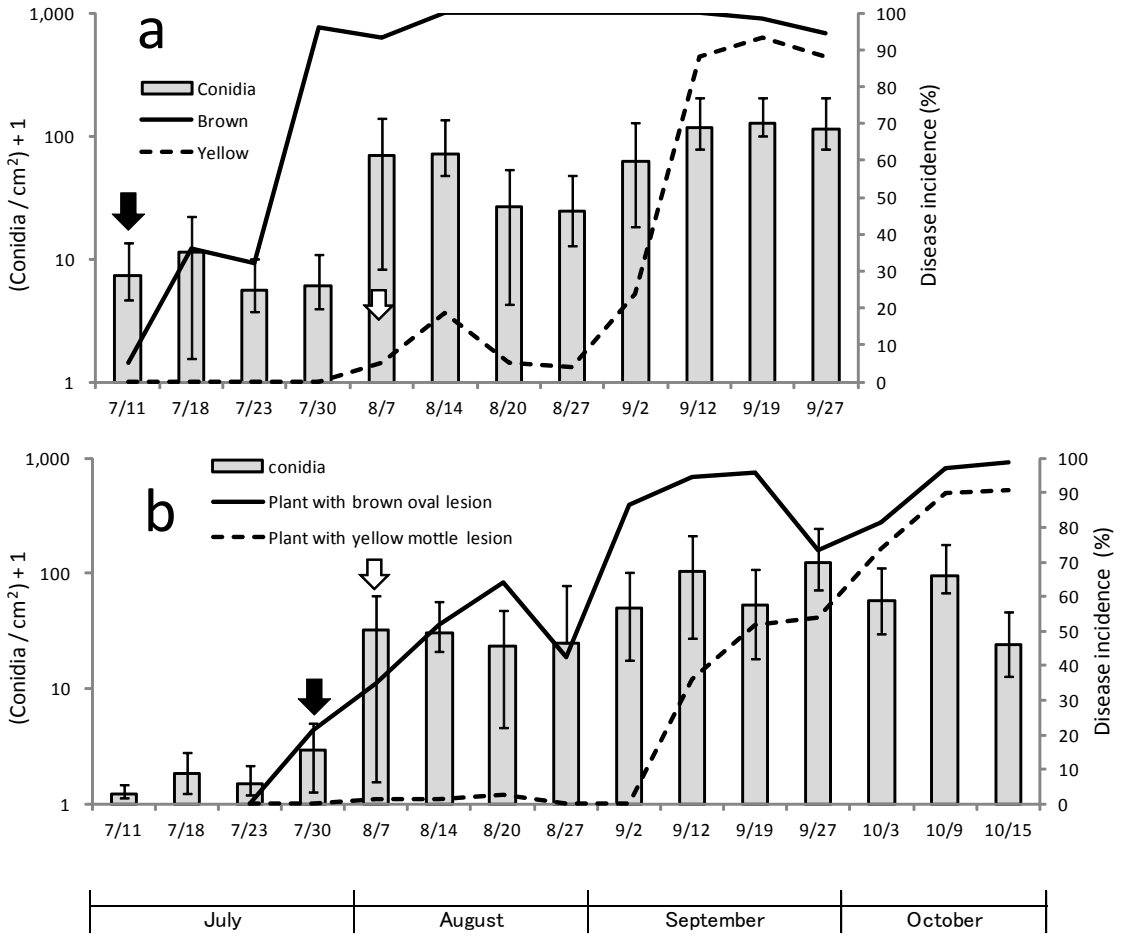


Fig. 6-2-3. Seasonal fluctuation of *Stemphylium vesicarium* conidium dispersal and disease incidence during the cropping season 2007 in an infested field in Hokuto.

a: cropping season 2, and **b**: cropping season 3.

Airborne conidium density on slide traps. Brown: plant with brown oval lesion, yellow: plant with yellow mottle lesion, black arrow : first occurrence of brown oval lesions, white arrow : first occurrence of yellow mottle lesions, bars : standard deviation.

Disease incidence (%) was monitored on 25 plants per plot

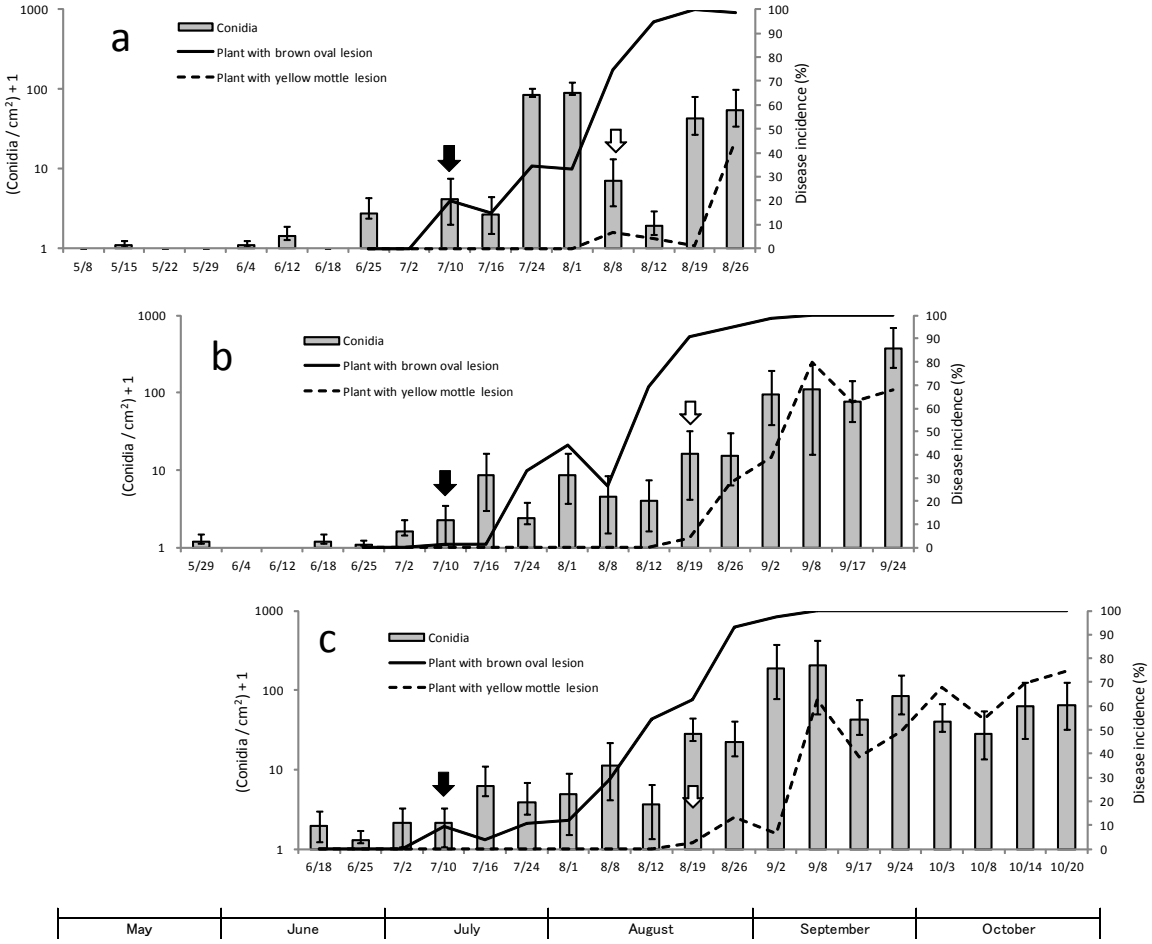


Fig. 6-2-4. Seasonal fluctuation of *Stemphylium vesicarium* conidium dispersal and disease incidence during the cropping season 2008 in an infested field in Hokuto.
a: cropping season 1, **b**: cropping season 2, and **c**: cropping season 3.
Airborne conidium density on slide traps. Black arrow : first occurrence of brown oval lesions, white arrow : first occurrence of yellow mottle lesions, bars : standard deviation.
Disease incidence (%) was monitored on 25 plants per plot

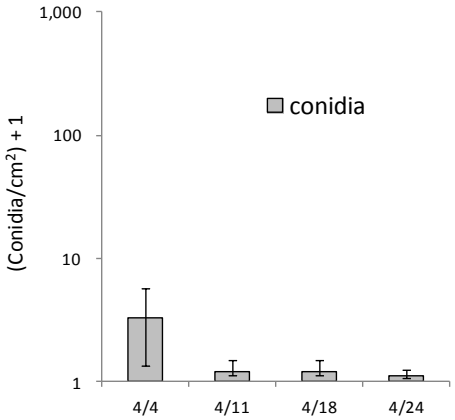


Fig. 6-2-5. Numbers of *Stemphylium vesicarium* conidia trapped in preplanting season of 2008 in fields.
Airborne conidium density on slide traps

2. 非生育期間

試験方法

非生育期間の胞子飛散消長を調査するために，2008 年 10 月下旬～12 月下旬および 2009 年 3 月中旬～7 月下旬にワグネルポットを用いた試験を実施した．2008 年 10 月 29 日に A 圃場より葉枯病罹病葉を採取し，長さ約 30cm に切断し，20 葉毎にナイロンメッシュバッグ(40cm×80cm，1.5 mm 目合い)に入れた．1/5000 a ワグネルポットに深さ約 10 cm 程度まで 121℃・1 時間滅菌した園芸培土を充填し，その上に罹病葉を入れたナイロンメッシュバッグを 1 ポットあたり 1 袋置いた．陰性対照として，罹病葉を設置しない区を設定した．これらのワグネルポットを北海道北斗市の道南農試露地圃場に設置した．前述の胞子トラップをワグネルポット内の地表面から 10cm の位置に設置し，約 1 週間間隔でトラップを交換した．試験は 3 反復で実施し，前述の方法で 1cm^2 あたりの捕捉胞子数を算出した．

試験結果

2008～2009 年の北斗市における根雪期間は 12 月上旬から 3 月上旬であった．11 月中は 21.2～95.0 個／cm^2 の分生子が捕捉されたが，12 月 1 日には 3.5 個／cm^2 に減少した(Fig. 6-2-6)．越冬後は，分生子が捕捉されたのは 4 回のみで，捕捉数もわずかであった．一方，捕捉子のう胞子数は，根雪前までは 10 個／cm^2 以下であったが，融雪後に急増し 3 月下旬と 4 月中旬に最も多く捕捉された．子のう胞子の飛散は 6 月 8 日まではコンスタントに確認された．陰性対照区では，試験期間を通じて胞子が捕捉されなかった(データ省略)．

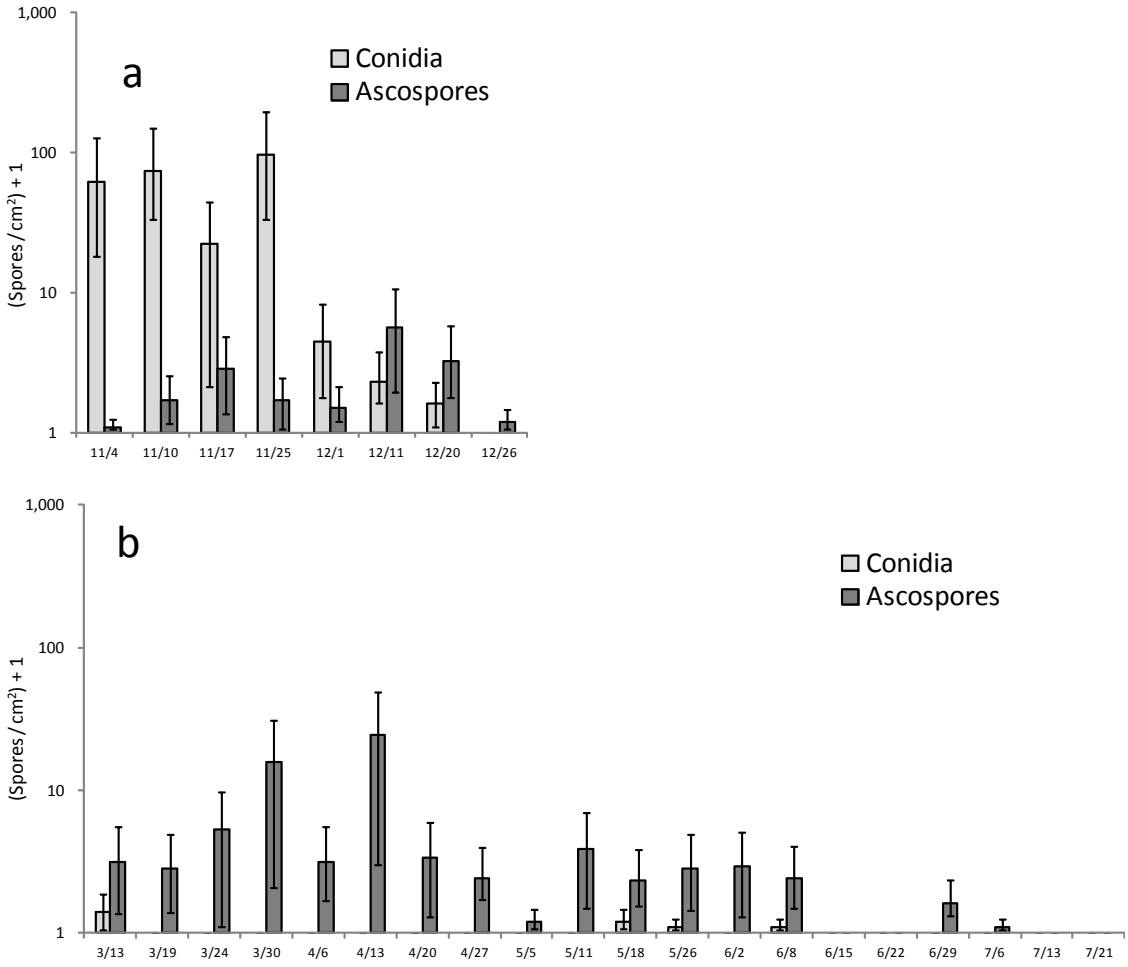


Fig. 6-2-6.　Number of *Stemphylium vesicarium* conidia and *Pleospora* sp. ascospores trapped in the 2008-2009 noncropping season in a pot, in which diseased leaves were placed.
Airborne conidium density on slide traps, bars : standard deviation.
Continuous snow cover occurred between late December 2008 and early March 2009
a : 2008,　b : 2009

Table 6-2-2. Temporal change in pseudothecium maturation during 2008 cropping season and after harvest

	Date of observation	Mean maturity of pseudothecium
Cropping season	14 Aug	0.00 (Q_1=0, Q_3=0)[a]
	23 Sep	0.00 (Q_1=0, Q_3=0)
	22 Oct	0.00 (Q_1=0, Q_3=0)
After harvest	28 Oct	0.44 (Q_1=0, Q_3=1)
	4 Nov	0.67 (Q_1=0, Q_3=1)
	10 Nov	0.89 (Q_1=0, Q_3=1)
	17 Nov	2.22 (Q_1=1, Q_3=3)
	25 Nov	2.22 (Q_1=1, Q_3=3)
	1 Dec	2.33 (Q_1=2, Q_3=3)
Kruskal-Wallis test[b]		$P < 0.01$

Maturation stage of pseudothecia on each lesion was categorized as follows : 0, no pseudothecia formed ; 1, pseudothecia having no asci ; 2, pseudothecia having immature asci with no ascospores; 3, pseudothecia having asci with mature ascospores

Maturity of pseudothecia was examined on each of brown oval lesions on 30 green leaves in the cropping season and 50 leaf debris fragments after harvest

[a] Q_1 and Q_3 : first quartile (cuts off lowest 25% of data) and third quartile (cuts off highest 25% of data), respectively

[b] Maturity during the period differed significantly (P<0.01) in Kruskal-Wallis test

第 2 項．偽子のう殻の発達

1．生育期間～収穫後

試験方法

2008 年 8 月 14 日，9 月 23 日，10 月 22 日の 3 回，A 圃場から褐色楕円形病斑 50 病斑を採取し，採取当日に実体顕微鏡下および生物顕微鏡下で偽子のう殻の形成および発達状況を観察した．また，収穫後の偽子のう殻の発達状況を観察するために，同年 10 月 22 日に同圃場から長さ約 30cm の褐色楕円形病斑罹病葉約 250 葉を採取し，ナイロンメッシュバッグに入れ，道南農試露地圃場に放置した．その後，約 1 週間に 1 回の割合で 30 葉を回収し，実体顕微鏡下および生物顕微鏡下で 30 病斑の偽子のう殻の発達状況を観察した．偽子のう殻の発達状況は以下の基準に従って，病斑毎に指数を判定した．0：病斑上に偽子のう殻形成せず，1：子のう未形成の偽子のう殻を形成，2：子のう胞子未形成の子のうを偽子のう殻内に形成，3：子のう胞子および子のうを偽子のう殻内に形成.

試験結果

立毛中の 8 月 14 日，9 月 23 日，10 月 22 日に採取した病斑はいずれも分生子のみを形成し，偽子のう殻の形成は認められなかった．偽子のう殻の形成は収穫終了直後の 10 月 28 日から認められ，その後次第に偽子のう殻の発達が進んだ(Table 6-2-2).

2．冬期間～翌春

試験方法

冬期間～翌春にかけての偽子のう殻の発達状況を明らかにするため，2007～08 年，2008～09 年に試験を実施した.

2007 年～2008 年の試験では，2007 年 10 月 29 日に北斗市内の一般ネギ栽培 2 圃場(B および C 圃場)より収穫直後のネギ葉を採取した．B 圃場(褐色楕円形病斑多発圃場)からは罹病葉(病斑面積率 100%)の残渣を，C 圃場(先枯れ病斑のみ発生)からは外観健全葉を採取した．罹病葉および外観健全葉を長さ 30cm に切断し，それぞれ 8 袋，計 16 袋のナイロンメッシュバッグに 20 葉ずつ入れた．これらのうち 8 袋(罹病葉 4 袋，外観健全葉 4 袋)は，滅菌した園芸培土を約 15 ㎝深まで充填した 1/5000a ワグネルポット内の土壌表面に設置した．残りの 8 袋(罹病葉 4 袋，外観健全葉 4 袋)は 5cm 深まで滅菌培土を充填したワグネルポット内に設置し，その上に厚さ 10cm の培土を充填した．袋はワグネルポット 1 個にあたり 1 袋を設置した．これらのワグネルポットを道南農試露地

Table 6-2-3. Temporal change in pseudothecium maturation during the noncropping season in 2007-2008

Leaf	Location	Mean maturity of pseudothecium					Kruskal-Wallis test[c]
		Before overwintering	During and after overwintering				
		29 Oct 2007	4 Dec 2007	28 Jan 2008	27 Mar 2008	22 May 2008	
With symptoms	Soil surface	0.17 (Q1=0, Q3=0)	NO[a]	1.06 (Q_1=1, Q_3=1)[b]	2.21 (Q_1=1, Q_3=3)	2.20 (Q_1=1, Q_3=3)	P < 0.01
	10cm soil depth		NO	1.25 (Q_1=1, Q_3=1)	2.24 (Q_1=1, Q_3=3)	2.59 (Q_1=3, Q_3=3)	P < 0.01
Without symptoms	Soil surface	0.00 (Q_1=0, Q_3=0)	NO	1.06 (Q_1=1, Q_3=1)	1.99 (Q_1=1, Q_3=3)	1.95 (Q_1=1, Q_3=3)	P < 0.01
	10cm soil depth		NO	1.09 (Q_1=1, Q_3=1)	1.34 (Q_1=1, Q_3=1)	2.03 (Q_1=3, Q_3=3)	P < 0.01

Maturation stage of each pseudothecia was categorized as follows : 0, no pseudothecia formed ;
1, pseudothecia having no asci ; 2, pseudothecia having immature asci with no ascospores ;
3, pseudothecia having asci with mature ascospores. Ten lesions and 10 spots from symptomless leaf segments (ca. 7 cm long) with 15 - 30 pseudothecia examined for each lesion and spot.

[a] Not observed

[b] Q_1 and Q_3 : first quartile (cuts off lowest 25% of data) and third quartile (cuts off highest 25% of data), respectively

[c] Maturity during the period differed significantly (P<0.01) with Kruskal-Wallis test

圃場に設置し，2007 年 12 月上旬から 2008 年 5 月上旬まで，2 ヶ月間隔で 4 袋(土壌表面と土壌中に設置した罹病葉と外観健全葉)ずつ回収した．1 区あたり 10 病斑またはそれとほぼ同一面積の健全葉について，実体顕微鏡および生物顕微鏡下で観察し，観察範囲内の 15～30 個の偽子のう殻の発達状況を評価した．偽子のう殻の発達状況は生育期間～収穫後と同様の基準で評価したが，生育期間～収穫後の調査では病斑毎に指数を判定したのに対して，本試験では 1 病斑内の各偽子のう殻毎に指数を判定した．

2008 年～2009 年の試験では，2008 年 10 月 22 日に北斗市内の収穫期間中の 4 圃場(A，B，C，D 圃場)から罹病葉(病斑面積率 10～20%)および外観健全葉を採取した．ガラス温室内で 8 ヶ月間栽培したネギ葉および A 圃場から採取した外観健全葉を滅菌(121℃・15 分)したものを陰性対照として供試した．ネギ葉を入れたナイロンメッシュバッグを 2007～2008 年の試験と同様の方法で 1/5000a ワグネルポット内の土壌下 10cm に設置した．これらのワグネルポットを道南農試露地圃場に設置し，設置前の 2008 年 10 月 22 日と越冬後の 2009 年 5 月 25 日に 1 区あたり 30 病斑あるいはそれとほぼ同面積の健全葉について，偽子のう殻の発達状況を観察した．偽子のう殻の発達状況は，生育期間～収穫後の試験と同様に病斑毎に指数を判定した．試験は 1 区 1 ポットで行った．

試験結果

2007～2008 年の北斗市における根雪期間は 12 月下旬～3 月上旬であった．2007 年の越冬前の罹病葉上の偽子のう殻の発達指数は 0.17 であった．2008 年 1 月 28 日には罹病葉上のみならず，外観健全葉上にも偽子のう殻を形成した．各区の偽子のう殻発達指数は 2008 年 1 月 28 日が 1.06～1.25, 3 月 27 日が 1.34～2.24，5 月 22 日が 1.95～2.59 であり，次第に偽子のう殻が発達した(Table 6-2-3).

2008 年～2009 年の試験では，B 圃場から採取した罹病葉のみが越冬前に偽子のう殻を形成していた．越冬後の 2009 年 5 月 25 日には，4 圃場から採取したすべての罹病葉および外観健全葉上で成熟した偽子のう殻の形成を確認した．対照区では越冬前，越冬後ともに偽子のう殻の形成は認められなかった(Table 6-2-4).

越冬前の罹病葉は褐色楕円形病斑を形成し，病斑上には多数の分生子を形成していた(データ省略)．一方，外観健全葉は病斑形成が認められず，両者は明瞭に識別できた．しかし，越冬中に罹病葉上の分生子数は次第に減少し，越冬後には形成が認められなかった．また，罹病葉および外観健全葉ともに越冬中に淡褐色となり表面には偽子のう殻を形成し，越冬後には両者を識別することはできなくなった．葉は軟化するものの腐敗することはなかった．なお，一部の試験区ではナイロンメッシュバ

Table 6-2-4. Temporal change in pseudothecium maturation during the noncropping season in 2008-2009

Date of observation	Leaf	Mean maturity of pseudothecium					
		Field				Leaves of Welsh onion grown in glasshouse	Sterilized leaves
		A	B	C	D		
22 October 2008	With symptoms	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)[b]	0 .07 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0.00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)
	Without symptoms	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)
25 May 2009	With symptoms	3.00 (Q_1=3, Q_3=3)	3.00 (Q_1=3, Q_3=3)	NE	3.00 (Q_1=3, Q_3=3)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)
	Without symptoms	NE[c]	3.00 (Q_1=3, Q_3=3)	3.00 (Q_1=3, Q_3=3)	3.00 (Q_1=3, Q_3=3)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)	0 .00 (Q_1=0, Q_3=0)
Wilcoxon signed-rank test[a]	With symptoms	P < 0.01	P < 0.01	—	P < 0.01	—	—
	Without symptoms	—[d]	P < 0.01	P < 0.01	P < 0.01	—	—

Maturation stage of pseudothecia on each lesion was categorized as in Table 6-2-2

Ten lesions of diseased leaves and 10 spots from symptomless leaf segments of ca. 7 cm long were examined per each treatment

[a] Statistical differences in mean maturity of pseudothecium before and after overwintering were testes by the Wilcoxon signed-rank test

[b] Q_1 and Q_3 : first quartile (cuts off lowest 25% of data) and third quartile (cuts off highest 25% of data), respectively

[c] Not examined : due to leaf damage by earthworms

[d] Not calculated

ッグに生じた穴からミミズが侵入し，葉を食害したため調査が不能であった．

第 3 項．越冬期間中の菌の分離率と病原性

試験方法

前項の偽子のう殻発達状況調査で観察後のサンプルを用いて，病原菌の分離および病原性検定を行った．

菌の分離は，以下の 3 つの方法で行った．(1)葉を水道水で洗浄後, 5mm 四方に切断し, 滅菌水で洗浄(SDW 法), (2)SDW 法の後, 70%エタノールで 20 秒間表面殺菌(70E 法), (3)70E 法の後，1%次亜鉛素酸ナトリウム水溶液で 1 分間表面殺菌(SHS 法)．前記の方法で処理したサンプルを滅菌ろ紙上で余分な水分を除去後，ストレプトマイシンを 300ppm 加用した PDA 平板培地上に置床し 25℃・暗黒下で培養した．培養 7 日間後に，菌叢が灰色で PDA 培地がオレンジ色に着色する *Stemphylium* 属菌様の菌が生じた切片数を計測した．*Stemphylium* 属菌様の菌叢のうち各区 24 切片を V8 ジュース寒天平板培地上に移植し，15℃・BLB ライト照射下で 4 週間培養後に培養菌叢を顕微鏡下で観察し, *S.vesicarium* の分生子の形成の有無を確認した．菌の分離には各区 42～104 切片を供試した．*S.vesicarium* の分離率(%)は次式により算出した．(*Stemphylium* 属菌様の菌が分離された切片数)／(供試切片数) × (V8 ジュース寒天培地上で *S.vesicarium* の分生子を形成した菌株数)／(分生子形成試験に供試した菌株数) × 100.

分離した *S.vesicarium* のうち各区 5 菌株について病原性を検定した．分離菌の分生子懸濁液（濃度 1.0×10^5 個／ml ; 0.1%Tween20 加用）を接種源として用い，検定植物は園芸培土を充填した 1/5000a ワグネルポットで 8 ヶ月間，ガラス温室内で栽培したネギ品種「元蔵」を用いた．接種源をガーゼ・パラフィルム法により株当たりの 4 葉に有傷で接種し，接種 12 日後に褐色楕円形病斑形成の有無で病原性を判定した．1 菌株あたりネギ 1 株を供試した．また，陰性対照区として滅菌水を供試した．

試験結果

2007～2008 年の試験においては，越冬前の 2007 年 10 月 29 日の SHS 法による *S.vesicarium* の分離率は罹病葉からは 82.5%，外観健全葉からは 46.9%であった．その後，翌春まで両サンプルからは SHS 法により *S.vesicarium* が分離された(Table 6-2-5)．病原性を検定した全菌株がネギに病原性を示した(Table 6-2-6)．陰性対照区はいずれも病斑を形成しなかった(データ省略)．

2008～2009 年の試験においては，越冬前の 2008 年 10 月 23 日の SDW 法での *S.vesicarium* の分離率は罹病葉で 85.3～100%，外観健全葉で 90.0～100%であった(Table 6-2-7)．同日の罹病葉からの 70E 法による分離率は 2.5～50.0 %，SHS 法による分離率は 0～10.0 %であり，表面殺菌により著しく分離率が低下した．一方，同じ方法による外観健全葉のからの分離率はそれぞれ 87.5～97.5 および 50.0～100%と罹病葉からの分離率より高かった．越冬後の 2009 年 5 月 25 日の SHS 法による *S.vesicarium* の分離率は罹病葉で 1.0～100%，外観健全葉で 15.4～56.7%と圃場間で大きな差があったものの，供試した全圃場から *S.vesicarium* が分離された．対照区からは菌は分離されなかった．病原性を検定した全菌株がネギに病原性を示した(Table 6-2-8)．

以上のように越冬前後の罹病葉および外観健全葉からネギに病原性を示す *S.vesicarium* が分離され，病原菌が罹病葉のみならず外観健全葉上でも越冬していることが明らかとなった．

第 4 項．考察

本節では，ネギ葉枯病菌 *S.vesicarium* の伝染環について検討し，病原菌が罹病葉上および外観健全葉上に偽子のう殻を形成し，土壌中および土壌表面で越冬していることを明らかにした．Köhl et al. (2009b) は無病徴のセイヨウナシ葉から病原性 *S.vesicarium* に特異的な DNA 断片を検出し，このことから病原菌が無病徴感染していると推察している．しかし，同報告では病原菌特異的 DNA を検出したのみで，菌の分離および分離菌の病原性確認は実施していない．本研究では，菌の分離および病原性の確認により，直接的にネギ葉枯病菌が無病徴感染していることを立証した．さらに，外観健全葉上で *S.vesicarium* が越冬していることを確認したのは，他作物を含めて本研究が初めてである．

2007～2008 年の越冬に関する試験では，B 圃場から採取した外観健全葉を陰性対照と想定して供試した．しかし，予想に反して外観健全葉に病原菌が感染し，越冬していることが明らかとなった．そこで，2008～2009

Table 6-2-5.　Isolation frequency (%) of *Stemphylium vesicarium* from leaf debris during the noncropping season in 2007-2008

Leaf	Location	Isolation frequency (%) of *S.vesicarium*				
		Before overwintering	During and after overwintering			
		29 Oct 2007[a]	4 Dec 2007[b]	28 Jan 2008[c]	27 Mar 2008[c]	22 May 2008[c]
With symptoms	Soil surface	82.5[d]	96.2	73.1	84.6	39.5
	10cm soil depth		73.8	97.1	94.2	93.1
Without symptoms	Soil surface	46.9[d]	33.8	9.6	26.2	12.0
	10cm soil depth		81.3	9.6	17.3	12.5

[a, b, c] : Number of leaf segments examined : 42, 80 and 104, respectively

[d] All samples were cut, washed and disinfested in 70 % ethanol for 20 s and sodium hypochlorite solution for 1 min before incubation on PDA plates

Table 6-2-6.　Pathogenicity of isolates obtained from leaf debris to Welsh onion (2007-2008)

Leaf	Location	Number of isolates showing pathogenicity to Welsh onion / Number of isolates tested				
		Before overwintering	During and after overwintering			
		29 Oct 2007	4 Dec 2007	28 Jan 2008	27 Mar 2008	22 May 2008
With symptoms	Soil surface	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
	10cm soil depth		5/5	5/5	5/5	5/5
Without symptoms	Soil surface	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
	10cm soil depth		5/5	5/5	5/5	5/5

Table 6-2-7. Isolation freuency (%) of *Stemphylium vesicarium* from leaf debris before and after overwintering (2008-2009)

Date of isolation	Leaf	Isolation method[c]	Isolation frequency (%) of *S.vesicarium*					
			Field				Leaves of Welsh onion grown in glasshouse	Sterilized leaves
			A	B	C	D		
23 Oct 2008[a]	With symptoms	SDW	100	97.5	87.5	85.3	―	―
		70E	25.0	17.5	2.5	50.0	―	―
		SHS	2.5	0	0	10.0	―	―
	Without symptoms	SDW	100	90.0	97.5	90.0	0	0
		70E	92.5	87.5	97.5	95.0	0	0
		SHS	100	50.0	60.0	97.5	0	0
25 May 2009[b]	With symptoms	SHS	3.8	1.0	NE	100.0	―	―
	Without symptoms	SHS	NE[d]	56.7	33.7	15.4	0	0

[a, b] :Number of leaf segments examined : 40 and 104, respectively

[c] SDW method: Cut leaves were washed in sterilized water for 3 min. 70E method: Cut and washed leaves were disinfested in 70 % ethanol for 20 sec. SHS method: Cut and washed leaves were disinfested in 70 % ethanol for 20 sec and sodium hypochlorite solution for 1 min

[d] Not examined : due to leaf damage by earthworms

Table 6-2-8. Pathogenicity of isolates obtained from leaf debris to Welsh onion (2008-2009)

Date of isolation	Leaf	Number of isolates showing pathogenicity to Welsh onion / Number of isolates tested					
		Field				Leaves of Welsh onion grown in glasshouse	Sterilized leaves
		A	B	C	D		
23 October 2008	With symptoms	4/4	1/1	5/5	5/5	―	―
	Without symptoms	5/5	5/5	5/5	5/5	NI[b]	NI
25 May 2009	With symptoms	5/5	5/5	NT[a]	5/5	―	―
	Without symptoms	NT	5/5	5/5	5/5	NI	NI

[a] Not tested : due to leaf damage by earthworms

[b] No fungus was isolated

年の試験では，検定圃場数を 4 圃場に増やして試験を実施し，外観健全葉上での病原菌の越冬がいずれの圃場でも起こっていることを明らかにした．以上の結果から，外観健全葉上での病原菌の越冬は，道内のネギ栽培圃場で普遍的に起こっている現象であると結論した．

ポット試験の結果，ネギ葉枯病菌がネギ残渣上に偽子のう殻を形成して越冬し，翌春に子のう胞子の飛散が起こっていることが明らかとなった．このことから，本病の一次伝染源はネギ葉上に形成した偽子のう殻から放出された子のう胞子であると推定した．しかし，圃場での胞子トラップ試験においては，初発前に子のう胞子が捕捉されず，本仮説を直接的に立証するデータを得ることはできなかった．Prados-Ligero et al. (2003) はニンニク栽培圃場で吸引式胞子採集機(吸引量 10L/分)を用いて *P.allii* の胞子飛散消長を記録し，子のう胞子の飛散が初発前の 2～3 月に起こることを報告している．また，ニンニクおよびアスパラガスの *S.vesicarium* よる病害においては，罹病残渣上に形成し越冬した偽子のう殻から放出される子のう胞子が，重要な一次伝染源となっていることが明らかとなっている(Basallote-Ureba et al. 1999 ; Falloon et al. 1987)．本研究において圃場で初発前に子のう胞子を捕捉することができなかった原因は，吸引式胞子採集機を使用した Prados-Ligero et al. (2003) の試験と比較して，本試験では胞子を捕捉できる規模が小さいスライドグラストラップを使用したためであると考えられた．

ポット試験において捕捉子のう胞子数は 4 月中旬に最大に達した．一方，圃場での初発は子のう胞子の飛散量が減少した 6 月下旬～8 月上旬に認められ，子のう胞子飛散消長と病害の発生時期は一致しなかった．ポット試

験は，罹病葉を土壌表面に設置して胞子飛散消長を調査したが，本菌は土壌中でも越冬できることを明らかにした．土壌中の偽子のう殻が 4 月中旬～6 月中旬に行われるネギ栽培の耕起作業において土壌表面に露出した場合の子のう胞子の飛散消長を明らかにすることは，一次伝染源に関する仮説を証明するうえで重要である．

ポット試験と圃場試験において，ネギ定植前に分生子が捕捉されたが，飛散量が少ないことおよび越冬後の罹病残渣上には分生子の形成が認められなかったことから，一次伝染源としての分生子の役割は極めて小さいと推察している．

ネギは連作で栽培される作物であることから，一次伝染源はネギ残渣であると考えている．しかし，セイヨウナシでは，*S.vesicarium* が罹病葉上と下草で越冬し，それらが重要な一次伝染源となっていることが明らかとなっている(Rossi et al. 2008)．このことから，ネギ葉枯病菌の一次伝染源を特定するうえで，ネギ栽培圃場の周辺に生育する作物上における病原菌の感染および越冬を明らかにする必要がある．

圃場において，褐色楕円形病斑から多量の分生子が飛散していた．黄色斑紋病斑の発生消長は概ね分生子飛散消長と一致するか，分生子飛散よりやや遅れる傾向があった．分生子捕捉数と両病斑の発生量の間には，統計的に有意な正の相関関係が認められた．このことから，褐色楕円形病斑から飛散した分生子が黄色斑紋病斑の重要な伝染源となっていることが示唆された．黄色斑紋病斑を顕微鏡下で観察すると，発芽したあるいは未発芽の分生子が認められるが，分生子柄の形成は認められない．このことから，空気中に飛散している分生子が中心葉に付着・感染して，黄色斑紋病斑を形成するが，黄色斑紋病斑上での分生子の再形成および同病斑からの分生子の飛散は起こっていないと推察された．すなわち，黄色斑紋病斑上の分生子は本病の伝染源となっていない．

ニンニクおよびリーキでは，*S.vesicarium* の分生子飛散数と気象条件の間に相関関係があることが報告されている (Prados-Ligero et al. 2003 ; Suheri and Price 2001).しかし，本研究では分生子飛散量は，発病程度に依存し,気象条件との間に相関関係は認められなかった．これは，本研究においては約 7 日間隔でスライドグラストラップを交換したためであり，吸引式胞子採集機を用いて数時間毎の胞子捕捉数と気象条件の関係を解析することにより，ネギ葉枯病菌の胞子飛散数と気象条件の関係に関するより正確なデータが得られると推察している．

ネギ葉枯病菌 *S.vesicarium* の伝染環を以下のようにまとめた(Plate Ⅴ).

1 生育期間中に多量の分生子が褐色楕円形病斑から飛散し，これにより二次伝染を繰り返す(Plate ⅤA,B).

2 分生子が中心葉に感染すると黄色斑紋病斑を形成するが，黄色斑紋病斑上での分生子の再形成は起こらない(Plate ⅤC).

3 偽子のう殻の形成は，生育期間の終わりまたは，収穫終了直後の 10 月下旬に始まる(Plate ⅤD).

4 病原菌は罹病葉および外観健全葉上に偽子のう殻を形成し，土壌中および土壌表面で越冬する(Plate ⅤE).

5 翌春，子のう胞子が残渣から飛散し，これが一次伝染源となっていると推定された(Plate ⅤF,G).

第 7 章．防除対策

ネギ葉枯病の防除対策に関する研究は，これまで報告されていない．そこで本章・第 1 節では本病に対する有効薬剤を探索するとともに，それらの薬剤を用いた薬剤散布体系を確立することを目的に試験を実施した．さらに，ネギ栽培における重要病害であり本病と同時期に発生するべと病およびさび病に対する防除効果も検討した．第 2 節では，耕種的な防除対策として品種間の発病差異，施肥量および土壌 pH が本病の発生に与える影響について検討した．

第 1 節．薬剤防除対策

第 1 項．各種薬剤の防除効果

試験方法

試験は 2005～2008 年に道南農試露地圃場において品種「元蔵」を用いて行った．試験は 4 ヶ年とも同一の圃場で連作条件で実施した．施肥は基肥として N : P_2O_5 : K_2O＝12 : 16 : 12kg／10a を施用し，追肥として N : P_2O_5 : K_2O＝4.0 : 1.6 : 0.8 kg／10a を 3～4 回施用した．

黄色斑紋病斑の発生が最も多くなる 9 月中旬～10 月上旬前後に収穫期をむかえるように，各年次の播種・定植は 2005 年が 3 月 30 日および 6 月 10 日，2006 年が 3 月 28 日および 6 月 7 日，2007 年が 3 月 28 日および 6 月 12 日，2008 年が 3 月 11 日および 5 月 29 日に実施した．育苗はチェーンポット(CP303，日本甜菜製糖，東京)で行い，畦間 90cm・株間 5cm，2 本植えで本圃に定植した．なお，以降の圃場試験はすべてチェーンポットで育苗し，本試験と同じ栽植密度で定植した．1 区あたりの面積は，2005 年は 6.3m^2，2006 年は 5.9 m^2，2007 年は 5.2 m^2，2008 年は 10.5 m^2 とし，いずれの年次も 3 反復で試験を行った．

試験薬剤としてネギに作物登録を有する薬剤を中心に，アスパラガス斑点病およびニンニク葉枯病など本病菌と同じ *Stemphylium* 属菌の病害に登録を有する薬剤または登録薬剤の 1 成分を含有する 10 薬剤を選定した．すなわち，シメコナゾール・マンゼブ水和剤(×600)，イミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤(×500)，マンゼブ水和剤(×600)，TPN フロアブル(×1000)，イミノクタジン酢酸塩・ポリオキシン複合体水和剤(×1500)，イプロジオン水和剤(×1000)，アゾキシストロビン・TPN フロアブル(×1000)，アゾキシストロビンフロアブル(×2000)，クレソキシムメチルフロアブル(×2000)およびイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤(×2000)を供試した．

各年次の供試薬剤数は，2005 年および 2006 年は 8 剤，2007 年は 6 剤，2008 年は 2 剤で行った．供試薬剤を規定濃度に希釈後，各薬液に展着剤(商品名：グラミン S)を 5000 倍となるように添加した．薬剤散布は，8 月上～下旬から約 1 週間間隔で 7～9 回行い，最終散布 5～8 日後に発病調査を行った(Table 7-1-1)．調査株数は 2005 年が 30 株／区，2006～2008 年は 25 株／区とした．

葉枯病の調査基準は，第 3 章と同様の方法(Table 3-1-1，3-1-2)で実施した．また，斑点病斑はべと病およびさび病発生後に二次的に葉枯病菌が感染して発生するため，べと病およびさび病の発生程度も第 3 章の方法(Table 3-1-1，3-2-1)に準じて調査した．

さらに，本病の褐色楕円形病斑と黒斑病は病徴が類似し，病徴観察により識別することは困難であるため，薬剤散布時に圃場全体から褐色楕円形病斑 4～13 病斑を採取し，顕微鏡下で病斑上に形成した胞子の形態を観察し，発生病害を特定した．

Table 7-1-1.　Date of application and investigation in test on control effectiveness of several fungicides against Welsh onion leaf blight from 2005 to 2008

Year	Date (month/day) of application									Date (month/day) of investigation
2005	8/1	8/8	8/16	8/23	8/30	9/5	9/12	9/20	9/27	10/5
2006	8/1	8/10	8/16	8/23	9/1	9/11	9/20	9/29	10/5	10/12
2007	8/24	8/31	9/4	9/13	9/18	9/25	10/5			10/10[a]
2008	8/15	8/22	8/28	9/5	9/9	9/16	9/22			9/30

[a] Invesigation of downy mildew was conducted in 10/4

試験結果

試験圃場における葉枯病の発生状況を把握するために採取した罹病葉数は，2005 年が 53 葉，2006 年が 42 葉，2007 年が 57 葉，2008 年が 34 葉の計 186 葉であった．このうち 185 葉は *Stemphylium vesicarium* が観察され，*Alternaria porri* のみが観察されたのは 1 葉であった．以上のように，試験圃場においては葉枯病菌が圧倒的に優占していた．そのため，試験圃場内で発生した褐色で楕円形の病斑はすべて葉枯病の褐色楕円形病斑であると判断した．

褐色楕円形病斑の初発月日は，2005 年が 8 月 16 日，2006 年が 8 月 18 日，2007 年が 8 月 6 日，2008 年が 8 月 14 日であった．黄色斑紋病斑の初発月日は，2005 年が 8 月 30 日，2006 年が 9 月 11 日，2007 年が 9 月 5 日，2008 年が 8 月 22 日であった．べと病は 2005 年および 2007 年のみ発生し，2006 年および 2008 年は無発生であった(Table 7-1-6)．さび病は 4 カ年とも発生した(Table 7-1-7)．

先枯れ病斑

無散布区における先枯れ病斑の発病株率は 2005 年が 94.4%，2006 年が 72.0%，2008 年が 69.3%といずれも高かったが，2007 年は 0%であった(Table 7-1-2～7-1-5)．2005 年および 2006 年の試験では，一部の薬剤散布区で先枯れ病斑の発病株率を無散布区の半分以下に抑えていた．一方，2007 年および 2008 年の試験では，無散布区においては斑点病斑，べと病およびさび病の発生により葉身全体が枯れ込み先枯れ症状を呈さなくなったのに対して，薬剤散布区ではこれらの発病を抑えたために，無散布区より先枯れ病斑の発病株率が高くなった．すなわち，両年は薬剤散布による先枯れ病斑に対する防除効果が認められなかった．

斑点病斑

無散布区における斑点病斑の発病度は，2005 年が 13.3，2006 年が 2.0，2007 年が 38.0，2008 年が 21.7 であり，発生が極めて少なかった 2006 年を除き防除価を算出した(Table 7-1-2～7-1-5)．各薬剤散布区における発病は，いずれも無散布区より有意に少なく，防除効果が認められた．薬剤間の発病度は統計的に有意ではないものの差が認められ，各薬剤の防除効果の高低はいずれの試験年次においても同様な傾向が認められたことから，薬剤間の防除効果の差異について言及できると判断した．

シメコナゾール・マンゼブ水和剤の各年次の防除価は 98，90，82 といずれも高かった．次いでイミノクタジン酢酸塩・ポリオキシン複合体水和剤(防除価 92，71)およびアゾキシストロビンフロアブル（同 85，78)の防除効果が高かった．TPN フロアブル(同 62，48)，イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤(同 57，51)およびアゾキシストロビン･TPN フロアブル(同 63)の防除効果は前述の 3 剤と比較してやや劣った．イミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤，マンゼブ水和剤，イプロジオン水和剤，クレソキシムメチルフロアブルの 4 薬剤については，単年度ながらいずれも防除価 80 以上の高い防除効果を示した．

黄色斑紋病斑

無散布区における黄色斑紋病斑の発病度は 2005 年が 57.2，2006 年が 39.7，2007 年が 38.0，2008 年が 51.7 であり，いずれの年次も防除価を算出した(Table 7-1-2

Table 7-1-2.　Control effectiveness of several fungicides against Welsh onion leaf blight in 2005

		Brown oval lesion			Yellow mottle lesion	
		Leaf tip blight	Spot lesion			
Fungicide	Dilution	Incidence(%)	Disease severity	Protective value	Disease severity	Protective value
Simeconazole･manzeb WP[a] (2.4%･65.0%)	600	47.8	0.3 ± 0.4[c] a[d]	98	5.0 ± 1.4 ab	91
Iminoctadine-albesilate ･manzeb WP (10.0%･55.0%)	500	36.7	0.6 ± 0.4 a	96	3.1 ± 1.0 ab	95
Manzeb WP (75.0%)	600	68.9	2.5 ± 0.0 a	81	9.7 ± 3.4 abc	83
Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F[b] (40.0%)	1000	70.0	5.0 ± 3.0 a	62	11.9 ± 5.2 abc	79
Iminoctadine-acetate ･polyoxin complex WP (5.0%･15.0%)	1500	77.8	1.1 ± 1.6 a	92	15.3 ± 4.9 c	73
Iprodione WP (50.0%)	1000	40.0	1.9 ± 2.2 a	85	17.2 ± 5.5 bc	70
Azoxystrobin F (20.0%)	2000	80.0	1.9 ± 1.6 a	85	23.1 ± 1.0 abc	60
Kresoxim-methyl F (41.5%)	2000	76.7	0.8 ± 1.2 a	94	16.7 ± 4.2 bc	71
Control		94.4	13.3 ± 1.8 b		57.2 ± 0.7 d	

[a] WP : Wettable powder,　[b] F : Flowable,　[c] Mean ± standard error of three replicates,　[d] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$

Table 7-1-3. Control effectiveness of several fungicides against Welsh onion leaf blight in 2006

Fungicide	Dilution	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion	
		Leaf tip blight	Spot lesion			
		Incidence(%)	Disease severity	Protective value	Disease severity	Protective value
Simeconazole・manzeb WP[a] (2.4%・65.0%)	600	41.3	0.0 ± 0.0[c] a[d]	-[e]	5.3 ± 1.2 ab	87
Iminoctadine-albesilate ・manzeb WP (10.0%・55.0%)	500	33.3	0.0 ± 0.0 a	-	5.3 ± 2.1 ab	87
Manzeb WP (75.0%)	600	57.3	0.3 ± 0.5 a	-	14.3 ± 3.9 ab	64
Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F[b] (40.0%)	1000	46.7	0.0 ± 0.0 a	-	9.7 ± 2.1 ab	76
Iminoctadine-acetate ・polyoxin complex WP (5.0%・15.0%)	1500	72.0	0.0 ± 0.0 a	-	15.3 ± 4.0 ab	61
Iprodione WP (50.0%)	1000	24.0	0.3 ± 0.5 a	-	17.0 ± 7.8 ab	57
Azoxystrobin F (20.0%)	2000	54.7	0.3 ± 0.5 a	-	25.0 ± 2.9 bc	37
Kresoxim-methyl F (41.5%)	2000	68.0	0.0 ± 0.0 a	-	25.7 ± 7.0 bc	35
Control		72.0	2.0 ± 2.8 a		39.7 ±13.8 c	

[a] WP : Wettable powder, [b] F : Flowable, [c] Mean ± standard error of three replicates, [d] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$,
[e] Not calculated

Table 7-1-4. Control effectiveness of several fungicides against Welsh onion leaf blight in 2007

Fungicide	Dilution	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion	
		Leaf tip blight	Spot lesion			
		Incidence(%)	Disease severity	Protective value	Disease severity	Protective value
Simeconazole・manzeb WP[a] (2.4%・65.0%)	600	21.3	3.7 ± 1.2[c] a[d]	90	4.3 ± 2.1 a	89
Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F[b] (40.0%)	1000	10.7	19.7 ± 2.4 b	48	14.0 ± 2.4 a	63
Iminoctadine-acetate ・polyoxin complex WP (5.0%・15.0%)	1500	12.0	11.0 ± 1.4 ab	71	16.0 ± 2.4 a	58
Azoxystrobin・tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F (4.8%・40.0%)	1000	25.3	14.0 ± 2.6 ab	63	10.0 ± 0.0 a	74
Azoxystrobin F (20.0%)	2000	38.7	8.3 ± 3.3 ab	78	14.3 ± 6.1 a	62
Iminoctadine-albesilate WP (40.0%)	2000	12.0	16.3 ± 5.3 ab	57	16.3 ± 4.5 a	57
Control		0.0	38.0 ± 6.7 c		38.0 ± 2.6 b	

[a] WP : Wettable powder, [b] F : Flowable, [c] Mean ± standard error of three replicates, [d] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$

Table 7-1-5. Control effectiveness of some fungicides against Welsh onion leaf blight in 2008

Fungicide	Dilution	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion	
		Leaf tip blight	Spot lesion			
		Incidence(%)	Disease severity	Protective value	Disease severity	Protective value
Simeconazole・manzeb WP[a] (2.4%・65.0%)	600	86.7	4.0 ± 0.8[b] a[c]	82	7.3 ± 2.9 a	86
Iminoctadine-albesilate WP (40.0%)	2000	89.3	10.7 ± 0.9 a	51	16.7 ± 2.6 a	68
Control		69.3	21.7 ± 4.6 b		51.7 ± 8.2 b	

[a] WP : Wettable powder, [b] Mean ± standard error of three replicates, [c] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$

～7-1-5)．各薬剤散布区における発病は，2006 年のアゾキシストロビンフロアブルおよびクレソキシムメチルフロアブルの 2 剤を除き，無散布区より有意に少なく，防除効果が認められた．薬剤間の発病度は統計的に有意ではない事例が多かったものの，斑点病斑と同様に各薬剤の防除効果の高低はいずれの試験年次においても同様な傾向が認められたことから，薬剤間の防除効果の差異について言及できると判断した．

シメコナゾール・マンゼブ水和剤(防除価 91，87，89，86)およびイミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤(同 95，87)の防除効果が最も高かった．次いで，マンゼブ水和剤(同 83, 64), TPN フロアブル(同 79, 76, 63), イミノクタジン酢酸塩・ポリオキシン複合体水和剤(同 73，61，58)，イプロジオン水和剤(同 70，57)，アゾキシストロビン・TPN フロアブル(同 74)およびイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤(同 57，68)の 5 剤が 57～83 の防除価を示した. アゾキシストロビンフロアブル(防除価 60，37，62)およびクレソキシムメチルフロアブル(防除価 71，35)は防除価 35～71 と防除効果がやや低い事例が認められた.

べと病・さび病

べと病に対する防除効果は，マンゼブを含む 3 剤，シメコナゾール・マンゼブ水和剤，イミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤およびマンゼブ水和剤で 97～100 の高い防除価を示した．アゾキシストロビンフロアブルは防除価 75 および 82，クレソキシムメチルフロアブルは単年度ながら防除価 100 であった．その他の 5 薬剤は防除価 57 以下であった(Table 7-1-6).

さび病に対する防除効果は, マンゼブを含む 3 剤が 91～100，アゾキシストロビンフロアブルおよびクレソキシムメチルフロアブルが 99～100 の防除価を示した. 複数年試験に供試し，いずれの年次の防除価 50 以上を示した薬剤は上記の 5 剤のみであった(Table 7-1-7).

Table 7-1-6.　Control effectiveness of several fungicides against Welsh onion downy mildew in 2005 and 2007

Fungicide	Dilution	2005		2007[c]	
		D. S.[d]	P.V.[e]	D.S.	P.V.
Simeconazole・manzeb WP[a] (2.4%・65.0%)	600	0.0	100	0.0	100
Iminoctadine-albesilate ・manzeb WP (10.0%・55.0%)	500	0.3	97	—[f]	—
Manzeb WP (75.0%)	600	0.0	100	—	—
Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F[b] (40.0%)	1000	8.3	21	14.3	12
Iminoctadine-acetate ・polyoxin complex WP (5.0%・15.0%)	1500	13.3	0	8.7	47
Iprodione WP (50.0%)	1000	18.3	0	—	—
Azoxystrobin F (20.0%)	2000	1.9	82	4.0	75
Kresoxim-methyl F (41.5%)	2000	0.0	100	—	—
Azoxystrobin・tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F (4.8%・40.0%)	1000	—	—	13.7	16
Iminoctadine-albesilate WP (40.0%)	2000	—	—	7.0	57
Control		10.6		16.3	

[a] WP : Wettable powder,　[b] F : Flowable,　[c] Downy mildew did not occur in 2006 and 2008
[d] D.S. : Disease severity,　[e] P.V. : Protective value,　[f] Not tested

Table 7-1-7.　Control effectiveness of several fungicides against Welsh onion rust disease from 2005 to 2008

Fungicide	Dilution	2005		2006		2007		2008	
		D. S.[c]	P.V.[d]	D.S.	P.V.	D.S.	P.V.	D.S.	P.V.
Simeconazole・manzeb WP[a] (2.4%・65.0%)	600	0.0	100	0.0	100	5.3	92	0.3	99
Iminoctadine-albesilate ・manzeb WP (10.0%・55.0%)	500	0.6	99	0.0	100	—[e]	—	—	—
Manzeb WP (75.0%)	600	2.2	97	2.7	91	—	—	—	—
Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F[b] (40.0%)	1000	26.9	61	1.7	94	59.3	11	—	—
Iminoctadine-acetate ・polyoxin complex WP (5.0%・15.0%)	1500	26.1	62	2.3	92	46.7	30	—	—
Iprodione WP (50.0%)	1000	41.4	39	16.7	44	—	—	—	—
Azoxystrobin F (20.0%)	2000	0.8	99	0.0	100	0.7	99	—	—
Kresoxim-methyl F (41.5%)	2000	0.3	100	0.0	100	—	—	—	—
Azoxystrobin・tetrachloroisophthalonitrile(TPN) F (4.8%・40.0%)	1000	—	—	—	—	10.0	85	—	—
Iminoctadine-albesilate WP (40.0%)	2000	—	—	—	—	49.7	26	38.0	33
Control		68.3		29.7		66.7		56.7	

[a] WP : Wettable powder,　[b] F : Flowable,　[c] D.S. : Disease severity,　[d] P.V. : Protective value,　[e] Not tested

Table 7-1-8.　Outline of cultivation method of this study

Year	Cropping season 1			Cropping season 2			Cropping season 3		
	Date of seedling	Date of transplant	Date of harvest	Date of seedling	Date of transplant	Date of harvest	Date of seedling	Date of transplant	Date of harvest
2006	1/20	4/29	8/29	2/20	5/16	9/21	3/20	6/15	10/17
2007	1/20	5/15	9/20	2/20	5/29	9/27	3/20	6/13	10/15
2008	1/20	4/25	8/26, 9/1	2/20	5/18	9/24, 10/1	3/20	6/8	10/20, 10/27

第 2 項．薬剤散布体系の検討

試験方法（全作型共通）

試験は 2006 年～2008 年の 3 ヶ年，北斗市内のネギ栽培農家圃場において実施した．3 ヶ年とも 8 月どり，9 月どり，10 月どりの 3 作型で試験を実施し，品種はいずれの試験も「白羽一本太」を用いた．各年時・各作型の耕種概要は Table 7-1-8 に示した．前項で葉枯病に対する防除効果が明らかとなったシメコナゾール・マンゼブ水和剤(×600)(2006 年はイミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤×500)，TPN フロアブル(×1000)およびアゾキシストロビンフロアブル(×2000)の 3 剤を供試して，葉枯病，べと病，さび病の 3 病害の発生を抑制できる薬剤散布体系を検討した．

施肥は，基肥として N : P_2O_5 : K_2O＝11 : 11 : 11kg／10a を施用し，追肥として N : P_2O_5 : K_2O＝4.0 : 1.6 : 0.8 kg／10a を 3～4 回施用した．1 区あたりの面積は，いずれの年次も 8.1m²(2 畦 : 1.8m × 4.5m)とし，3 反復で試験を行った．約 1 週間間隔で 1 区 25 株の葉枯病，べと病，さび病の発病程度を調査した．また，1 区あたり 0.68m² (1 畦 : 0.9m × 0.75m)を収穫し，出荷調製後に収量および出荷葉におけるべと病，さび病の発病株率を調査した．収穫は 2006 年および 2007 年は各作型 1 回，2008 年は収穫始めとその 1 週間後(収穫開始 1 週間後)の 2 回行った．

1．8 月どり作型

試験方法

2006 年の試験では，イミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤を 6 月 14 日，28 日，7 月 13 日から 1 週間間隔で 3 回散布した区および 6 月 14 日から 3 週間間隔で 3 回散布した区を設定した．無散布区を除くいずれの試験区も，収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 8 月 10 日および 16 日に TPN フロアブルを散布した(Table 7-1-9)．

2007 年の試験では，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 7 月 10 日，23 日，8 月 7 日から 1 週間間隔で 3 回散布した区および 7 月 23 日から 2 週間間隔で 3 回散布した区を設定した．無散布区および E(E8)区以外の試験区には，収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 8 月 27 日および 9 月 2 日に TPN フロアブルを散布した(Table 7-1-10)．

Table 7-1-9.　Application dates of some fungicides in cropping season 1of 2006 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]								
	6/14	6/20	6/28	7/5	7/13	7/23	7/31	8/10	8/16
A（M6+2T）[b]	◎	◎	◎	-	-	-	-	○	○
B（L6+2T）	-	-	◎	◎	◎	-	-	○	○
C（M7+2T）	-	-	-	-	◎	◎	◎	○	○
D（M6・3W+2T）	◎	-	-	◎	-	-	◎	○	○
Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in August. It refered to as cropping season 1

[b] Starting time and interval of iminoctadine-albesilate・manzeb wettable powder application

+ Number of tetracholoroispuhthalonil(TPN) flowable (T) application

M : mid, L : late, 6 : June, 7 : July, 3W : 3-week intervals

[c] ◎ : Iminoctadine-albesilate・manzeb wettable powder,　○: Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable

Table 7-1-10.　Application dates of some fungicides in cropping season 1 of 2007 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]								
	7/10	7/18	7/23	7/30	8/7	8/14	8/20	8/27	9/2
A（E7+2T）[b]	◎	◎	◎	-	-	-	-	○	○
B（L7+2T）	-	-	◎	◎	◎	-	-	○	○
C（E8+2T）	-	-	-	-	◎	◎	◎	○	○
D（L7・2W+2T）	-	-	◎	-	◎	-	◎	○	○
E（E8）	-	-	-	-	◎	◎	◎	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in September because of delayed planting. It refered to as cropping season 1

[b] Starting time and interval of simeconazole・manzeb wettable powder application

+ Number of tetracholoroispuhthalonil(TPN) flowable (T) application

E : early, L : late, 7 : July, 8 :Augst, 2W : 2-week intervals

[c] ◎ : Simeconazol・manzeb wettable powder,　○: Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable

Table 7-1-11.　Application dates of some fungicides in cropping season 1 of 2008 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]							
	6/12	6/18	6/25	7/2	7/10	7/17	8/8	8/12
A（M6・2W）[b]	◎	-	◎	-	◎	-	-	-
B（M6・2W+2T）	◎	-	◎	-	◎	-	○	○
C（M6）	◎	◎	◎	-	-	-	-	-
D（E7）	-	-	-	◎	◎	◎	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in August. It refered to as cropping season 1

[b] Starting time and interval of simeconazole・manzeb wettable powder application

+ Number of tetracholoroispuhthalonil(TPN) flowable(T) application

E : early, M : mid , 6 : June, 7 : July, 2W : 2-week intervals

[c] ◎ : Simeconazol・manzeb wettable powder, ○: Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable

2008 年の試験では，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 6 月 12 日から 1 週間または 2 週間間隔で 3 回散布した区および 7 月 2 日から同剤を 1 週間間隔で 3 回散布した区を設定した．その後，B(M6・2W+2T)区にのみ収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 8 月 8 日および 12 日に TPN フロアブルを散布した(Table 7-1-11).

試験結果

2006 年は, 収穫時の無散布区の黄色斑紋病斑の発病度が 17.0，指数 3 以上の株率が 1.3%という条件での試験となった(Table 7-1-12). 黄色斑紋病斑に対する各薬剤散布区の防除価は 43～68 であり，いずれの薬剤散布区においても指数 3 以上の株率は 0%であった．べと病は 8 月 9 日に初発し，無散布区では 8 月 15 日に発病度 11.7 に達した(Fig.7-1-1)．各薬剤散布区のべと病の最大発病度は 0～3.0 であり防除効果が認められた. 収穫時には出荷葉でのべと病およびさび病の発生は認められなかった. また，区間で収量差は認められなかった.

2007 年の試験では定植の遅れにより収穫が 9 月 20 日となった．6 月 14 日にべと病が初発し，無散布区では 7 月 11 日に発病度 30.3 に達し, 一度減少したのち 7 月 23 日に発病度 54.3 に達する二山型の発病推移をたどった(Fig.7-1-2)．べと病発生後に発生する斑点病斑の AUDPC は, 無散布区では 1,024 であり , 2006 年の 241, 2008 年の 162 と比較して高かった．シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 7 月 10 日から 1 週間間隔で散布した A(E7+2T)区では，二山目のべと病の発病を抑制することができた．本試験では，べと病の発生により著しい収量減が生じ, A(E7+2T)区の収量が 5,268kg／10a であったのに対して，無散布区ではその 79%の 4,137kg／10a であった．A(E7+2T)区，B(L7+2T)区および C(E8+2T)

Table 7-1-12. Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 1 of 2006

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion		
	Leaf tip blight	Spot lesion		Disease severity	Protective value	More than 3[c]
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC			
A（M6+2T）	60.0	14.0 ± 2.8[a] b[b]	145	9.7 ± 4.7 a	43	0.0 ± 0.0 a
B（L6+2T）	70.7	5.7 ± 1.7 a	43	7.3 ± 2.6 a	57	0.0 ± 0.0 a
C（M7+2T）	48.5	0.7 ± 1.0 a	2	5.4 ± 1.2 a	68	0.0 ± 0.0 a
D（M6・3W+2T）	54.7	4.7 ± 2.1 a	30	7.0 ± 1.4 a	59	0.0 ± 0.0 a
Control	60.3	18.4 ± 4.5 b	241	17.0 ± 7.7 a		1.3 ± 1.9 a

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（M6+2T）	0.3	0	0	0	5304 ± 510 a
B（L6+2T）	0	0	0	0	5274 ± 164 a
C（M7+2T）	0	0	0	0	5254 ± 382 a
D（M6・3W+2T）	0	0	0	0	4894 ± 129 a
Control	1.3	0	3.7	0	4765 ± 939 a

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

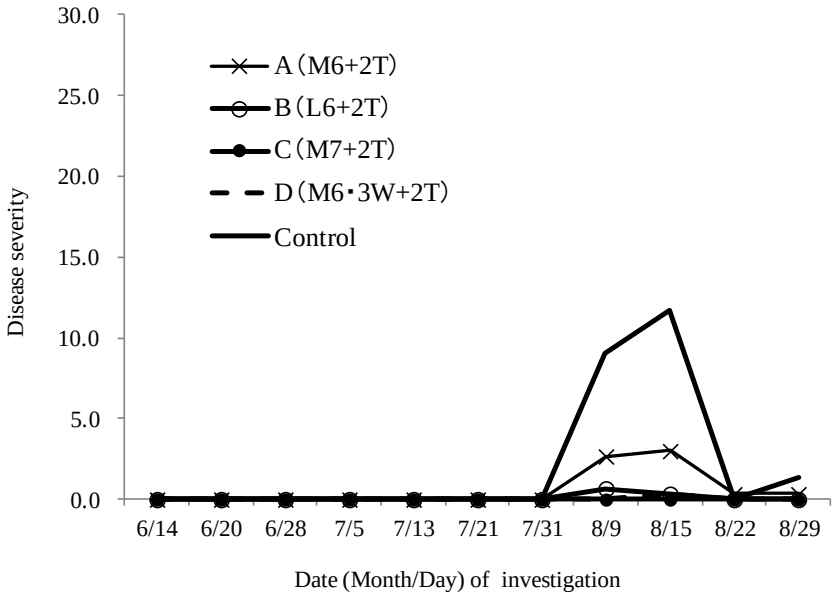


Fig. 7-1-1. Disease development of downy mildew in cropping season 1 of 2006.

Table 7-1-13. Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 1 of 2007

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion		
	Leaf tip blight	Spot lesion		Disease severity	Protective value	More than 3[c]
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC			
A（E7+2T）	97.3	10.3 ± 0.9[a] bc[b]	40	41.3 ± 6.6 bc	-33	20.0 ± 11.3 a
B（L7+2T）	98.7	7.0 ± 1.6 abc	752	31.7 ± 6.6 abc	-2	8.0 ± 3.3 a
C（E8+2T）	92.0	3.3 ± 0.5 ab	756	19.7 ± 4.8 ab	37	1.3 ± 1.9 a
D（L7･2W+2T）	98.7	7.0 ± 3.3 abc	711	33.7 ± 9.7 abc	-9	10.7 ± 9.7 a
E（E8）	97.3	3.7 ± 2.6 ab	1093	36.3 ± 5.2 abc	-17	12.0 ± 8.6 a
Control	93.3	7.7 ± 0.5 bc	1024	31.0 ± 2.9 abc		9.3 ± 1.9 a

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（E7+2T）	0	0	1.3	0	5268 ± 28 a
B（L7+2T）	0	0	2.3	0	4750 ± 157 b
C（E8+2T）	0	0	0	0	4255 ± 204 c
D（L7･2W+2T）	0	0	0.3	0	4713 ± 144 b
E（E8）	0	0	0	0	4516 ± 47 bc
Control	0	0	3.7	0	4137 ± 133 c

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

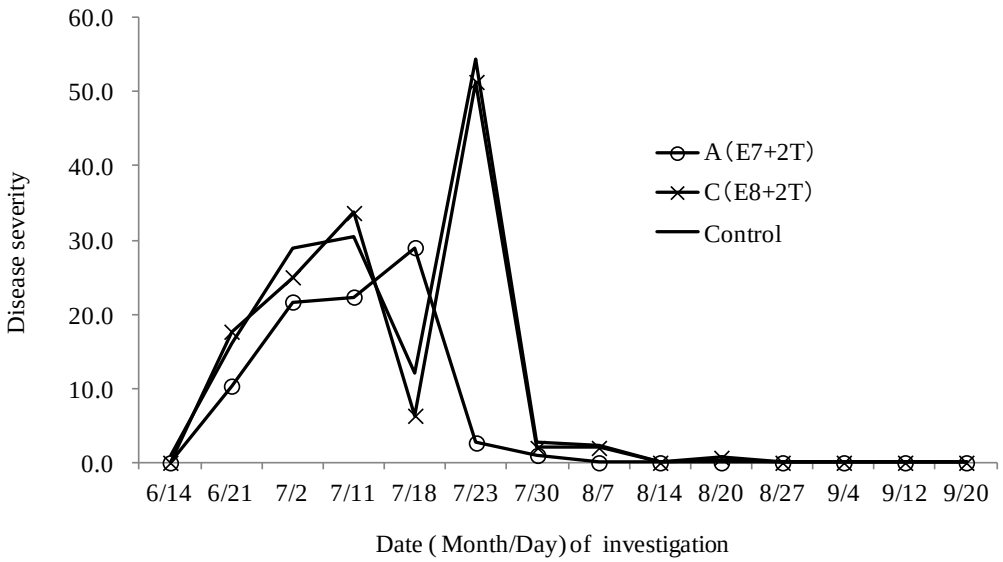


Fig. 7-1-2. Disease development of downy mildew in cropping season 1 of 2007.

Table 7-1-14. Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 1 of 2008

Ttreatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion					
	Leaf tip blight	Spot lesion		8/26			9/1		
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC	Disease severity	Protective value	More than 3[c]	Disease severity	Protective value	More than 3
A（M6･2W）	98.7	4.7 ± 2.6[a] a[b]	92	10.7 ± 2.6 ab	47	2.7 ± 1.9 a	13.7 ± 2.2 ab	51	1.3 ± 1.9 a
B（M6･2W+2T）	98.7	2.3 ± 1.2 a	76	3.3 ± 3.4 a	84	0.0 ± 0.0 a	7.0 ± 4.9 a	75	1.3 ± 1.9 a
C（M6）	98.7	5.0 ± 4.1 a	43	6.7 ± 3.3 a	67	0.0 ± 0.0 a	—[d]		
D（E7）	100.0	3.3 ± 2.1 a	44	8.0 ± 5.0 a	61	0.0 ± 0.0 a	—		
Control	98.7	14.0 ± 7.8 a	162	20.3 ± 3.1 b		9.3 ± 1.9 b	28.0 ± 4.5 b		12.0 ± 3.3 b

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（M6･2W）	0.7	0	7.7	0	4979 ± 167 a
B（M6･2W+2T）	0	0	4.3	0.7	5088 ± 322 a
C（M6）	0.7	0	12.0	0.3	4834 ± 366 a
D（E7）	0.3	0	7.3	0	4953 ± 202 a
Control	5.7	0	23.7	0	4930 ± 264 a

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

[d] Not investigated

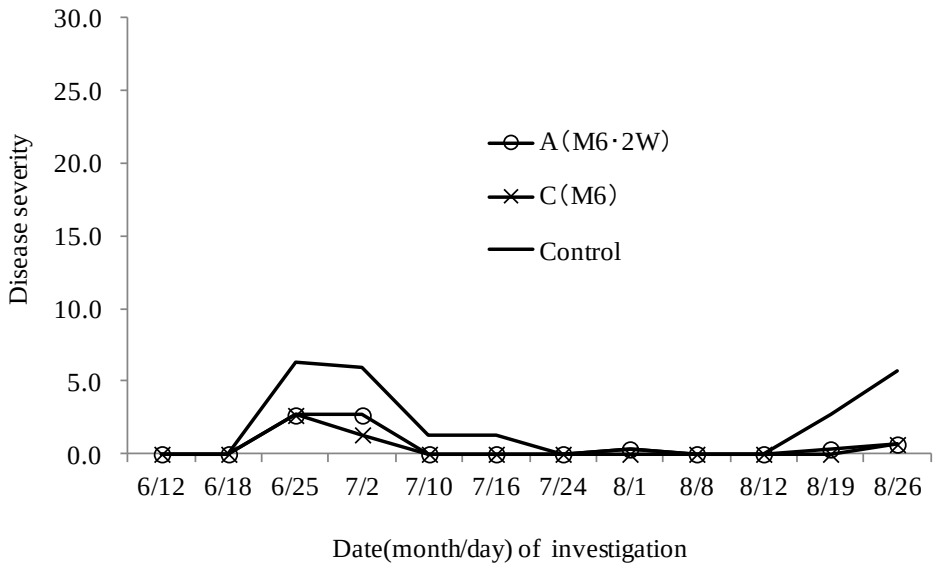


Fig. 7-1-3. Disease development of downy mildew in cropping season 1 of 2008.

区では，収量が多い区ほど黄色斑紋病斑の発病度が高い傾向があった(有意差なし)．一方，シメコナゾール・マンゼブ水和剤の散布時期が同一であり，収量もほぼ同等であった C(E8+2T)区と E(E8)区では，収穫前に TPN フロアブルを散布した C(E8+2T)区が，散布しなかった E(E8)区より黄色斑紋病斑の発病度が低く(有意差なし)，TPN フロアブル散布の効果が認められた．C(E8+2T)区以外の試験は，無散布区より黄色斑紋病斑の発病が多かった．収穫時には出荷葉でのべと病およびさび病の発生は認められなかった(Table 7-1-13)．

2008 年は，収穫開始時である 8 月 26 日の無散布区の黄色斑紋病斑の発病度が 20.3，指数 3 以上の株率が 9.3%という条件での試験となった(Table 7-1-14)．シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 6 月 12 日から 2 週間間隔で散布した 2 試験区 A(M6･2W)区と B(M6･2W+2T)区では，収穫前に TPN フロアブルを散布した B(M6･2W+2T)区の方が黄色斑紋病斑の発病が少なく(有意差なし)，収穫前の TPN フロアブル散布の効果が認められた．しかし，2006 年と同様にいずれの薬剤散布区でも黄色斑紋病斑の指数 3 以上の株率が 0～2.7%と低かった．収穫開始 1 週間後の 9 月 1 日も薬剤散布区では黄色斑紋病斑の指数 3 以上の株率が 1.3%と低かった．べと病は，6 月 25 日に初発(発病度 6.3)後一度減少し，8 月 19 日以降に再び増加した．薬剤散布区では常に無散布区よりべと病の発生を低く抑えた(Fig.7-1-3)．出荷葉でのべと病およびさび病の発病株率はいずれの区でも 1%以下であった．また，区間で収量差は認めらなかった．

いずれの試験年次においても，先枯れ病斑に対する薬剤散布の防除効果は認められなかった．

２．９月どり作型

試験方法

2006 年の試験では，イミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤を 7 月 5 日，23 日，8 月 10 日から 1 週間間隔で 3 回散布した区および 7 月 5 日から 3 週間間隔で 3 回散布した区を設定した．無散布区を除くいずれの試験区も，収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 8 月 31 日および 9 月 5 日に TPN フロアブルを散布した(Table 7-1-15)．

2007 年の試験では，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 8 月 14 日～27 日の間に 1 週間間隔で 0～3 回散布した区を設定した．その後，E(3SM)区および無散布区以外の区には，収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 9 月 2 日および 9 月 12 日に TPN フロアブルを散布した(Table 7-1-16)．

2008 年の試験では，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 6 月 12 日または 7 月 10 日から 2 週間間隔で 3 回散布した区を設定した．その後，収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 9 月 2 日および 8 日に TPN フロアブル，収穫 1 週間前にあたる 9 月 17 日にアゾキシストロビンフロアブルを散布した区を設定した(Table 7-1-17)．

Table 7-1-15.　Application dates of some fungicides in cropping season 2 of 2006 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]								
	7/5	7/13	7/23	7/31	8/10	8/16	8/22	8/31	9/5
A（E7+2T）[b]	◎	◎	◎	-	-	-	-	○	○
B（L7+2T）	-	-	◎	◎	◎	-	-	○	○
C（E8+2T）	-	-	-	-	◎	◎	◎	○	○
D（E7･3W+2T）	◎	-	-	◎	-	-	◎	○	○
Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in September. It refered to as cropping season 2

[b] Starting time and interval of iminoctadine-albesilate ・manzeb wettable powder application + Number of tetrachloroisophthalonil(TPN) flowable (T) application

E：Early,　L：Late，7：July，8：August，3W：3-week intervals

[c] ◎：Iminoctadine-albesilate･manzeb wettable powder , ○：Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable

Table 7-1-16.　Application dates of some fungicides in cropping season 2 of 2007 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]				
	8/14	8/20	8/27	9/2	9/12
A（3SM+2T）[b]	◎	◎	◎	○	○
B（2SM+2T）	-	◎	◎	○	○
C（1SM+2T）	-	-	◎	○	○
D（2T）	-	-	-	○	○
E（3SM）	◎	◎	◎	-	-
Control	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in September. It refered to as cropping season 2

[b] Number of simeconazole・manzeb wettable powder(SM) application

+　Number of tetrachloroisophthalonil(TPN) flowable(T) application

[c] ◎：Simeconazole・manzeb wettable powder,

○：Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable

Table 7-1-17.　Application dates of some fungicides in cropping season 2 of 2008 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]							
	6/12	6/25	7/10	7/24	8/6	9/2	9/8	9/17
A（M6･2W+2T･A）[b]	◎	◎	◎	-	-	○	○	●
B（M6･2W+2T）	◎	◎	◎	-	-	○	○	-
C（M6･2W）	◎	◎	◎	-	-	-	-	-
D（E7･2W+2T･A）	-	-	◎	◎	◎	○	○	●
Control	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in September. It refered to as cropping season 2

[b] Starting time and interval of simeconazole・manzeb wettable powder application

+ Number of tetrachloroisophthalonil(TPN) flowable (T) and azoxystrobin flowable (A) application

E：Early,　M：Mid,　6：June,　7：July,　2W：2-week intervals

[c] ◎：Simeconazole・manzeb wettable powder, ○：Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable,

●：Azoxystrobin flowable

試験結果

2006 年は, 収穫時の無散布区の黄色斑紋病斑の発病度が 35.7, 指数 3 以上の株率が 22.7%という条件での試験となった．黄色斑紋病斑に対する各薬剤散布区の防除価は 33～49, 指数 3 以上の株率は 0～4.0%であった(Table 7-1-18)．べと病は 8 月 9 日に初発し，無散布区では 8 月 15 日に発病度 10.3 に達し，その後徐々に発病が減少した(Fig.7-1-4)．7 月 23 日からイミノクタジンアルベシル酸塩･マンゼブ水和剤を 1 週間間隔で散布した B(L7+2T)区では，常に発病を低く抑えたが，3 週間間隔で散布した D(E7･3W+2T)区では，べと病に対する防除効果が低かった．収穫時にべと病は無発生で，さび病は出荷葉では発生が認められなかった．また，区間で収量差は認められなかった．

2007 年は，7 月 2 日～8 月 7 日にべと病が発生し，最大発病度は 71.7 に達した(Fig.7-1-5)．本試験において薬剤散布を開始した 8 月 14 日は，べと病発生終息後であった．収穫時の無散布区の黄色斑紋病斑の発病度が 51.0, 指数 3 以上の株率が 32.0%という条件での試験となった(Table 7-1-19)．黄色斑紋病斑に対する防除効果は，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 3 回散布後に TPN フロアブルを 2 回散布した A(3SM＋2T)区で最も高く防除価 44，指数 3 以上の株率は 5.3%であった．その他の薬剤散布区では，防除価 6～25，指数 3 以上の株率は 21.3～28.0%であった. 収穫時にべと病は出荷葉では無発生で，さび病はシメコナゾール・マンゼブ水和剤の散布回数が多い区ほど発病が少ない傾向が認められ，A(3SM＋2T)区および E(3SM)区では，出荷葉での発病が認められなかった．

2008 年は, 無散布区の黄色斑紋病斑の発病度が収穫開

Table 7-1-18. Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 2 of 2006

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion		
	Leaf tip blight	Spot lesion		Disease severity	Protective value	More than 3[c]
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC			
A（E7+2T）	97.3	13.9 ± 3.7[a] b[b]	145	24.0 ± 4.6 ab	33	2.7 ± 1.9 a
B（L7+2T）	80.6	4.7 ± 4.7 ab	76	19.1 ± 5.1 a	47	2.7 ± 3.8 a
C（E8+2T）	88.7	4.9 ± 2.4 ab	121	18.2 ± 2.5 a	49	0.0 ± 0.0 a
D（E7･3W+2T）	96.0	5.1 ± 1.4 ab	115	23.0 ± 3.9 ab	36	4.0 ± 5.7 a
Control	98.6	23.6 ± 3.3 bc	481	35.7 ± 6.0 c		22.7 ± 5.0 b

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（E7+2T）	0	0	0	0	5452 ± 97 a
B（L7+2T）	0	0	0	0	5486 ± 245 a
C（E8+2T）	0	0	0	0	5249 ± 290 a
D（E7･3W+2T）	0	0	0	0	5353 ± 74 a
Control	0	0	5.3	0	5032 ± 534 a

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

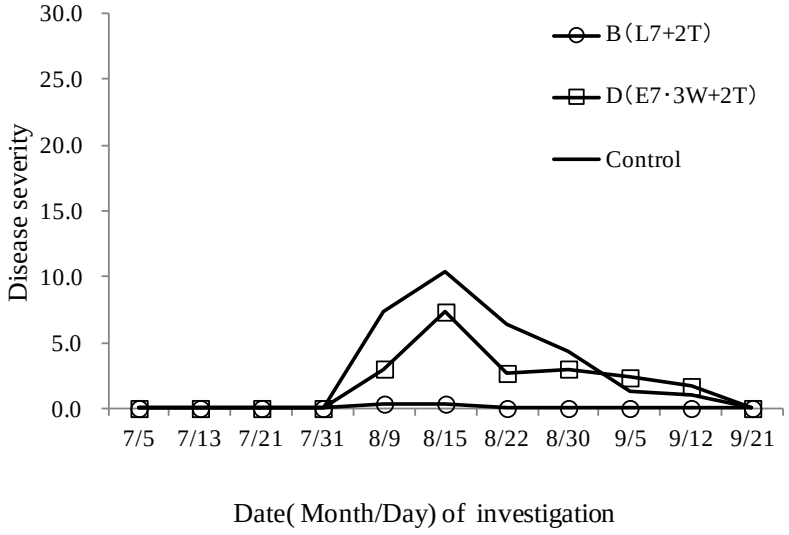


Fig. 7-1-4. Disease development of downy mildew in cropping saseon 2 of 2006.

始時の 9 月 24 日に 31.0，指数 3 以上の株率が 9.3%であったが，収穫開始 1 週間後の 10 月 1 日には発病が急増し，発病度 70.0，指数 3 以上の株率 64.0%となった(Table 7-1-20)．黄色斑紋病斑に対する防除効果は，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 7 月 10 日から 2 週間間隔で 3 回散布後，TPN フロアブルを 2 回，アゾキシストロビンフロアブルを 1 回散布した D(E7・2W＋2T・A)区で最も高く，9 月 24 日で防除価 73，指数 3 以上の株は 0%であった．シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 6 月 12 日から 2 週間間隔で 3 回散布した 3 区 A(M6･2SM＋2T・A)，B(M6・2SM＋2T)，C(M6・2SM)では，9 月 24 日には前二者で発病差が認められなかったが，10 月 1 日には A(M6・2SM＋2T・A)区で最も高い防除効果を示し，指数 3 以上の株率を有意に低下させ，アゾキ

Table 7-1-19. Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 2 of 2007

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion		
	Leaf tip blight	Spot lesion		Disease severity	Protective value	More than 3[c]
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC			
A（3SM+2T）	89.3	3.7 ± 0.5[a] abc[b]	1547	28.7 ± 3.7 ab	44	5. 3 ± 1.9 a
B（2SM+2T）	92.0	7.0 ± 3.3 abc	1742	43.7 ± 5.6 ab	14	26.7 ± 5.0 ab
C（1SM+2T）	93.3	18.0 ± 3.3 abc	1891	38.3 ± 9.7 ab	25	28.0 ± 11.8 ab
D（2T）	82.7	25.3 ± 12.7 bc	1787	48.0 ± 6.2 ab	6	28.0 ± 9.8 ab
E（3SM）	88.0	4.3 ± 3.2 abc	1817	44.0 ± 5.7 ab	14	20.7 ± 0.9 ab
Control	73.3	28.0 ± 5.7 c	1925	51.0 ± 5.1 b		32.0 ± 5.7 b

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（3SM+2T）	2.3	0	1.0	0	4892 ± 28 a
B（2SM+2T）	3.0	0	1.3	0.3	4831 ± 157 a
C（1SM+2T）	3.7	0	8.7	4.3	4797 ± 204 a
D（2T）	5.7	0	18.0	7.7	4867 ± 144 a
E（3SM）	0.3	0	2.7	0	4773 ± 47 a
Control	6.7	0	19.0	4.0	4671 ± 133 a

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

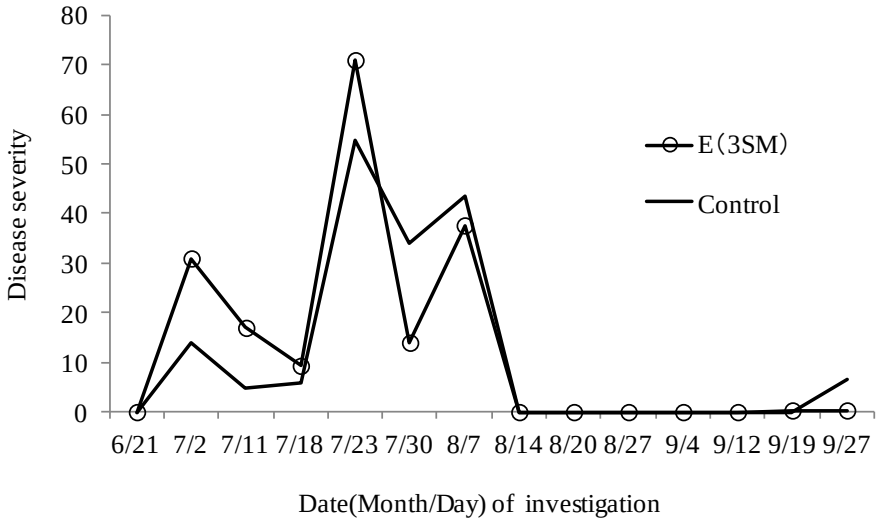


Fig. 7-1-5. Disease development of downy mildewin cropping saseon 2 of 2007.

シストロビンフロアブル散布の効果が認められた．無散布区におけるべと病の発生は，6 月 25 日～8 月 12 日に発病度 1.3 以下で推移した後，8 月 19 日～9 月 2 日にかけて増加し，最高発病度は 7.7 であった．シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 6 月 12 日から 2 週間間隔で散布した 3 区，A(M6･2W+2T･A)区，B(M6･2W+2T)区，C(M6･2W)区で 9 月 2 日にべと病の発病度が 3.7 に達したが，同剤を 7 月 10 日から 2 週間間隔で散布した

Table 7-1-20.　Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 2 of 2008

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion					
	Leaf tip blight	Spot lesion		9/24			10/1		
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC	Disease severity	Protective value	More than 3[c]	Disease severity	Protective value	More than 3
A（M6･2W+2T･A）	45.3	46.3 ± 3.7[a] b[b]	1347	17.0 ± 3.7 ab	45	2.7 ± 1.9 ab	32.7 ± 5.4 a	53	14.7 ± 1.9 a
B（M6･2W+2T）	48.0	44.7 ± 3.4 b	1390	17.7 ± 1.9 ab	43	1.3 ± 1.9 ab	47.3 ± 11.6 ab	32	41.3 ± 5.0 b
C（M6･2W）	17.3	51.0 ± 4.1 bc	1509	30.0 ± 7.8 b	3	10.7 ± 1.9 c	65.3 ± 7.5 b	7	61.3 ± 10.5 bc
D（E7･2W+2T･A）	96.0	20.0 ± 2.4 a	453	8.3 ± 2.1 a	73	0.0 ± 0.0 ab	31.3 ± 5.8 a	55	8.0 ± 5.7 a
Control	5.3	57.3 ± 2.1 c	1877	31.0 ± 4.3 b		9.3 ± 3.8 bc	70.0 ± 5.7 b		64.0 ± 6.5 c

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（M6･2W+2T･A）	0	0	34.3	1.4	4767 ± 275 a
B（M6･2W+2T）	1.3	0	47.7	6.3	4957 ± 104 a
C（M6･2W）	0	0	60.0	14.7	4945 ± 247 a
D（E7･2W+2T･A）	0.3	0	14.0	0	5178 ± 230 a
Control	0	0	74.0	21.0	4578 ± 289 a

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$.

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

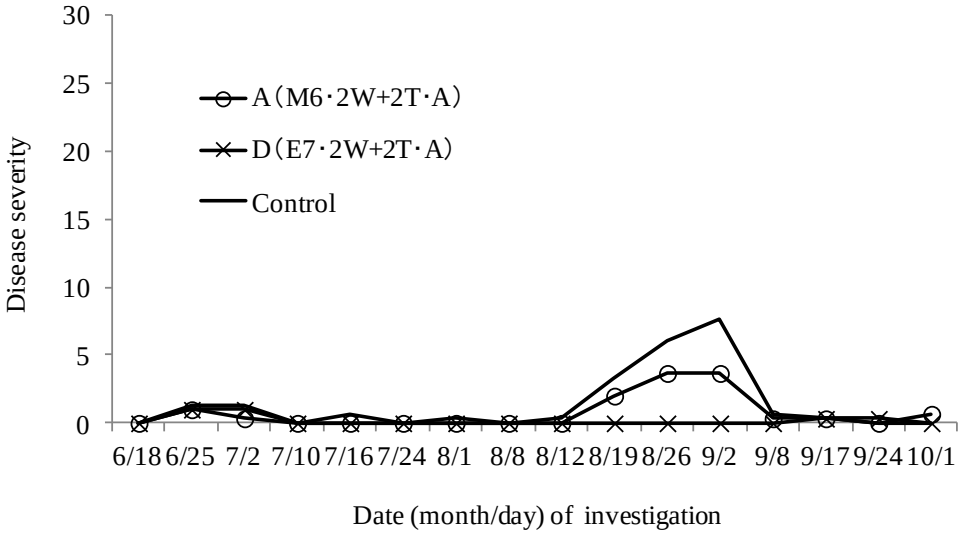


Fig. 7-1-6.　Disease development of downy mildew in cropping saseon 2 of 2008.

D(E7･2W＋2T･A)区では，常に発病を抑えた(Fig. 7-1-6)．また，それにともない，斑点病斑の AUDPC も同区で最も低かった．

いずれの試験年次においても，先枯れ病斑に対する薬剤散布の防除効果は認められなかった．

３．10 月どり作型

試験方法

2006 年の試験では，イミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和剤を 8 月 10 日，22 日，9 月 5 日から 1 週間間隔で 3 回散布した区と，8 月 10 日から 3 週間間隔で 3 回散布した区を設定した．無散布区を除くいずれの

Table 7-1-21. Application dates of some fungicides in cropping season 3 of 2006 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]								
	8/10	8/16	8/22	8/31	9/5	9/11	9/15	9/22	10/3
A（E8+2T）[b]	◎	◎	◎	-	-	-	-	○	○
B（L8+2T）	-	-	◎	◎	◎	-	-	○	○
C（E9+2T）	-	-	-	-	◎	◎	◎	○	○
D（E8･3W+2T）	◎	-	-	◎	-	-	◎	○	○
Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in October. It refered to as cropping season 3

[b] Starting time and interval of iminoctadine-albesilate・manzeb wettable powder application

+ Number of tetrachloroisophthalonil(TPN) flowable (T) application

E：Early, L：Late, 8：August, 9：September, 3W：3-week intervals

[c] ◎：Iminoctadine-albesilate･manzeb wettable powder, ○：Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable

Table 7-1-22. Application dates of some fungicides in cropping season 3 of 2007 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]								
	7/31	8/7	8/14	8/20	8/28	9/2	9/12	9/19	9/30
A（L7+2T）[b]	◎	◎	◎	-	-	-	-	○	○
B（M8+2T）	-	-	◎	◎	◎	-	-	○	○
C（L8+2T）	-	-	-	-	◎	◎	◎	○	○
D（M8･2W+2T）	-	-	◎	-	◎	-	◎	○	○
E（L8）	-	-	-	-	◎	◎	◎	-	-
Control	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in October. It refered to as cropping season 3

[b] Starting time and interval of simeconazole・manzeb wettable powder application

+ Number of tetrachloroisophthalonil(TPN) flowable(T) application

M：Mid, L：Late, 7：July, 8：August, 2W：2-week intervals

[c] ◎：Simeconazole・manzeb wettable powder,

○：Tetrachloroisophthalonitrile(TPN) flowable

Table 7-1-23. Application dates of some fungicides in cropping season 3 of 2008 [a]

Treatment	Date (month/day) of application[c]						
	8/18	9/2	9/8	9/17	9/24	10/3	10/12
A（E9+3A）[b]	-	◎	◎	◎	●	●	●
B（E9+2A）	-	◎	◎	◎	●	●	-
C（E9+A）	-	◎	◎	◎	-	●	-
D（E9）	-	◎	◎	◎	-	-	-
E（M8･2W+3A）	◎	◎	-	◎	●	●	●
Control	-	-	-	-	-	-	-

[a] The plants were harvested in October. It refered to as cropping season 3

[b] Starting time and interval of simeconazole・manzeb wettable powder application

+ Number of azoxystrobin flowable(A) application

E：Early, M：Mid, 8：August, 9：September, 2W：2-week intervals

[c] ◎：Simeconazole・manzeb wettable powder, ●：Azoxystrobin flowable

試験区も，収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 9 月 22 日および 10 月 3 日に TPN フロアブルを散布した(Table 7-1-21).

2007 年の試験では，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 7 月 31 日，8 月 14 日，28 日から 1 週間間隔で 3 回散布した区と，8 月 14 日から 2 週間間隔で 3 回散布した区を設定した．無散布区および E(L8)区を除く試験区には，収穫 3 週間前と 2 週間前にあたる 9 月 19 日および9月 30 日にTPNフロアブルを散布した(Table 7-1-22).

2008 年の試験では，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 9 月 2 日から 1 週間間隔で 3 回散布した区と，8 月 18 日から 2 週間間隔で 3 回散布した区を設定した. その後，収穫 3～1 週間前にアゾキシストロビンフロアブルを 0～3 回散布した区を設定した(Table 7-1-23).

Table 7-1-24.　Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 3 of 2006

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion		
	Leaf tip blight	Spot lesion		Disease severity	Protective value	More than 3[c]
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC			
A（E8+2T）	87.7	4.7 ± 3.7[a] a[b]	69	29.3 ± 2.4 bc	14	6.7 ± 1.9 a
B（L8+2T）	98.7	0.7 ± 0.9 a	56	23.0 ± 3.6 abc	32	0.0 ± 0.0 a
C（E9+2T）	94.7	0.0 ± 0.0 a	24	16.3 ± 0.9 a	52	0.0 ± 0.0 a
D（E8･3W+2T）	100.0	2.7 ± 3.1 a	60	22.3 ± 2.5 abc	34	2.7 ± 3.8 a
Control	78.7	7.0 ± 2.9 a	145	34.0 ± 1.4 c		10.7 ± 6.8 a

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield	
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves		
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)	
A（E8+2T）	34.2	28.3	0.3	4.1	5615 ± 206	abc
B（L8+2T）	19.7	2.8	0	0	5995 ± 104	ab
C（E9+2T）	1.0	0	0	0	5921 ± 25	ab
D（E8･3W+2T）	14.3	1.4	0	0	6109 ± 148	ab
Control	44.3	34.5	22.7	42.1	5269 ± 268	bc

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$.

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

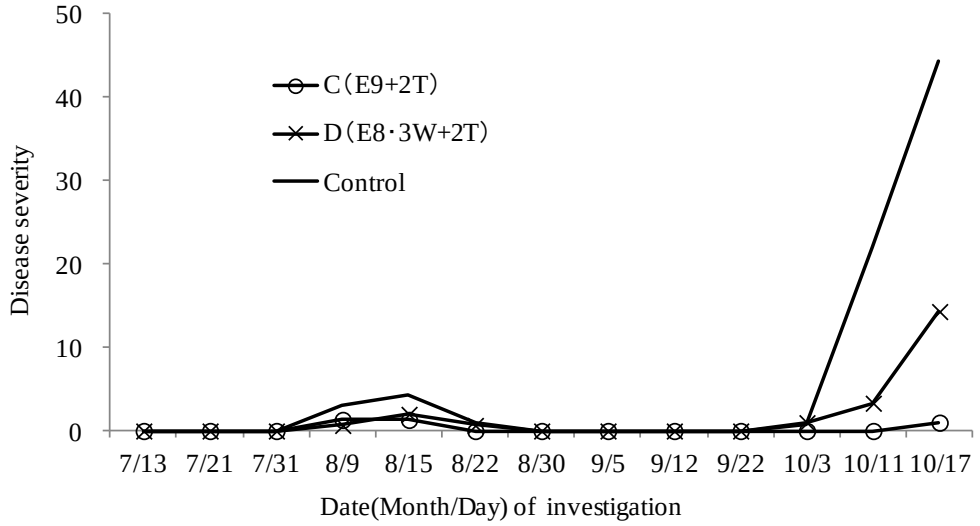


Fig. 7-1-7.　Disease development of downy mildew in cropping saseon 3 of 2006

Table 7-1-25. Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 3 of 2007

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion		
	Leaf tip blight	Spot lesion		Disease severity	Protective value	More than 3[c]
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC			
A（L7+2T）	22.7	27.7 ± 1.9[a] b[b]	485	33.7 ± 1.7 abc	40	12.0 ± 8.6 a
B（M8+2T）	60.0	15.3 ± 2.9 ab	332	30.3 ± 5.8 abc	46	0.0 ± 0.0 a
C（L8+2T）	56.0	7.3 ± 4.7 ab	608	25.0 ± 1.6 abc	55	1.3 ± 1.9 a
D（M8･2W+2T）	65.3	13.0 ± 0.8 ab	499	22.3 ± 4.5 abc	60	1.3 ± 1.9 a
E（L8）	68.0	10.7 ± 3.4 ab	557	43.0 ± 2.9 bcd	23	14.7 ± 3.8 a
Control	0	46.7 ± 9.4 c	1156	56.0 ± 5.4 cd		40.0 ± 5.7 b

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（L7+2T）	23.3	1.4	30.0	90.6	5004 ± 337 a
B（M8+2T）	10.0	0	27.0	83.0	4963 ± 242 a
C（L8+2T）	5.0	0	19.3	50.7	5352 ± 79 a
D（M8･2W+2T）	3.0	1.3	21.7	57.6	5086 ± 79 a
E（L8）	5.0	4.2	20.7	79.6	5100 ± 244 a
Control	37.0	16.8	78.0	89.1	4874 ± 214 a

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$.

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

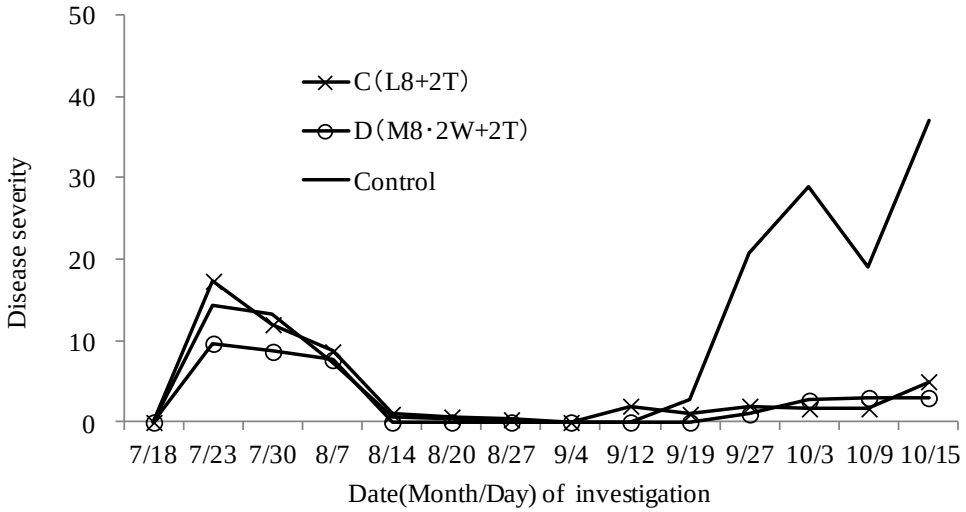


Fig. 7-1-8. Disease development of downy mildew in cropping saseon 3 of 2007.

試験結果

2006 年は，無散布区における黄色斑紋病斑の発病度 34.0，指数 3 以上の株率 10.7%という条件での試験となった(Table 7-1-24)．黄色斑紋病斑に対する各薬剤散布区の防除価は 14～52 であり，薬剤散布区における指数 3 以上の株率は 0～6.7%であった．べと病は 8 月 9 日に初発し，8 月 15 日に発病度 4.3 に達し，その後減少し 8 月 30 日に発病度 0 となった．その後，無散布区では 10 月 3 日に再発病し，10 月 17 日に発病度 44.3 に達した(Fig. 7-1-7)．イミノクタジンアルベシル酸塩・マンゼブ水和

Table 7-1-26. Effect of applications of some fungicides on the disease development of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion in cropping season 3 of 2008

Treatment	Brown oval lesion			Yellow mottle lesion					
	Leaf tip blight	Spot lesion		10/20			10/27		
	Incidence(%)	Disease severity	AUDPC	Disease severity	Protective value	More than 3[c]	Disease severity	Protective value	More than 3
A（E9+3A）	49.3	37.7 ± 1.2[a] b[b]	2048	25.7 ± 4.2 ab	44	5.3 ± 1.9 a	25.3± 5.3 a	46	2.7 ± 1.9 ab
B（E9+2A）	77.3	35.7 ± 3.8 b	2173	23.3 ± 5.4 ab	49	6.7 ± 3.8 a	25.3 ± 5.3 a	46	5.3 ± 7.5 ab
C（E9+A）	74.7	38.7 ± 2.1 b	2459	29.7 ± 4.1 ab	36	12.0 ± 3.3 a	28.7 ± 2.1 a	39	9.3 ± 5.0 ab
D（E9）	90.7	37.3 ± 1.2 b	2458	43.7 ± 7.4 bc	5	26.7 ± 3.8 b	42.0 ± 8.2 a	10	21.3 ± 5.0 bc
E（M8･2W+3A）	90.7	25.7 ± 0.9 a	1230	25.0 ± 5.9 ab	46	5.3 ± 5.0 a	24.3 ± 4.9 a	49	2.7 ± 1.9 ab
Control	1.3	49.7 ± 1.7 c	2653	46.0 ± 2.2 c		34.7 ± 3.8 b	47.6 ± 2.6 a		36.0 ± 3.3 c

Treatment	Downy mildew		Rust disease		Yield
	All leaves	Shipping leaves	All leaves	Shipping leaves	
	Disease severity	Incidence(%)	Disease severity	Incidence(%)	(kg/10a)
A（E9+3A）	0.7	0	23.0	0	5743 ± 159 b
B（E9+2A）	0.3	0	24.0	0	5716 ± 27 b
C（E9+A）	0.3	0	26.7	1.0	5373 ± 177 bc
D（E9）	1.3	0	30.7	4.0	5512 ± 201 b
E（M8･2W+3A）	0.3	0	18.3	0	6374 ± 19 a
Control	31.0	7.7	92.3	14.7	4927 ± 110 c

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$.

[c] Percentage of the plants whose disease index is more than 3

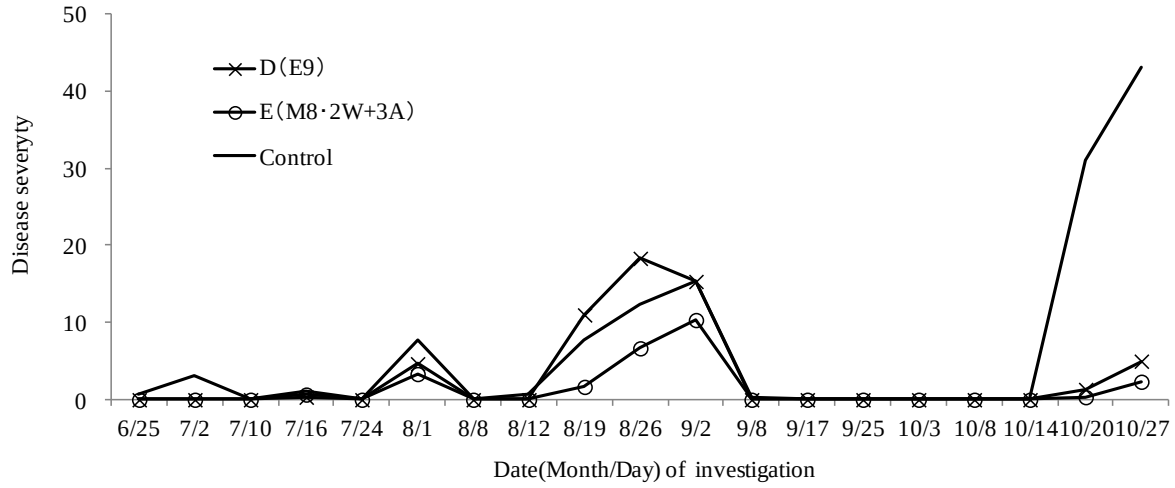


Fig. 7-1-9. Disease development of downy mildew in cropping saseon 3 of 2008.

剤を 1 週間間隔で 3 回散布した C(E9+2T)区では，同剤の最終散布(9 月 15 日)32 日後の 10 月 17 日の収穫日におけるべと病の発病度は 1.0 であり，べと病に対して 32 日間の残効を示した．同剤を 3 週間間隔で散布した D(E8･3W+2T)区は，収穫時のべと病の発病度が 14.3 であり，C(E9+2T)区より防除効果が劣った．収穫時の無散布区におけるさび病の発病度は 22.7，出荷葉での発病株率は 42.1%に達したが，いずれの薬剤散布区もさび病に対して高い防除効果を示した．

2007 年は，無散布区の黄色斑紋病斑の発病度 56.0，指数 3 以上の株率 40.0%という条件での試験となった(Table 7-1-25)．シメコナゾール・マンゼブ水和剤の散布

時期が同一で，収穫 3～2 週間前に TPN フロアブルを 2 回散布した C(L8＋2T)区では黄色斑紋病斑に対する防除価が 55 で，散布しなかった E(L8)区は 23 であり，TPN フロアブル散布の効果が認められた(有意差なし)．べと病は 7 月 23 日に初発し，最大発病度は 14.3 に達し，その後減少し，8 月 14 日～9 月 19 日は発病度 0～2.7 で推移した．無散布区では 9 月 27 日以降再び増加し，10 月 15 日に発病度 37.0 に達した(Fig. 7-1-8)．シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 1 週間間隔で 3 回散布した C(L8+2T)区, E(L8)区では, 同剤の最終散布(9 月 12 日)33 日後の 10 月 15 日の収穫日におけるべと病の発病度は 5.0 であり，べと病に対して 33 日間の残効を示した．また，同剤を 2 週間間隔で散布した D(M8･2W+2T)区においても同等の防除効果が認められた．本作型ではさび病が多発し，薬剤散布区においても出荷葉の発病株率が 50.7～90.6%に達し，本散布体系のさび病に対する防除効果は不十分であった．.

2008 年は，収穫開始日である 10 月 20 日の無散布区における黄色斑紋病斑の発病度 46.0, 指数 3 以上の株率 34.7%という条件での試験となった(Table 7-1-26)．黄色斑紋病斑に対する各薬剤散布区の防除価は，アゾキシストロビンフロアブルの散布回数が 0 回で 5，1 回で 36，2 回で 49 と散布回数が増加するにつれて向上したが，3 回散布では防除価 44 と 2 回散布と同等であった(1～3 回では有意差なし)．無散布区においてべと病は 6 月 25 日に初発し，その後 9 月 2 日まで増減を繰り返しながら発病度 0～15.3 で推移した．その後，9 月 8 日～10 月 14 日まで発病度 0 であり，10 月 20 日以降増加し，10 月 27 日には発病度 43.0 に達した(Fig. 7-1-9)．シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 8 月 18 日から 2 週間間隔で 3 回散布した E(M8・2W＋3A)区で生育期間中のべと病の発生を最も低く抑え，その後に発生する斑点病斑の AUDPC も最も低かった．その結果，同区で最も収量が多くなった．いずれの薬剤散布区においても，シメコナゾール･マンゼブ水和剤の最終散布(9 月 17 日)33 日後の 10 月 20 日の収穫開始日におけるべと病の発病度は 0.3～1.3 であり，べと病に対して 33 日間の残効を示した．無散布区におけるさび病の発病度は 92.3，出荷葉の発病株率は 14.7%に達したが，アゾキシストロビンフロアブルを 2 回以上散布した区では, 出荷葉での発病株率は 0%であった．

いずれの試験年次においても，先枯れ病斑に対する薬剤散布の防除効果は認められなかった．

第 3 項　考察

各薬剤の防除効果

本章・第 1 節の各種薬剤の防除効果試験において同一薬剤を 7～9 回連続散布した条件では，先枯れ病斑に対して防除効果を示す事例も認められたが，第 2 節の薬剤散布体系試験では，いずれの散布体系でも防除効果が認められなかった．以上のことから，薬剤散布により先枯れ病斑の発生を抑制できないと判断した．ネギの葉先は鋭利であることおよびネギ葉の表面にはワックス成分を持つため水をはじくこと(位田・山崎 2008)から，散布した薬液が葉先に付着しづらい．このことが，先枯れ病斑に対して薬剤散布の防除効果が認められなかった原因であると考えられた．先枯れ病斑を減らす対策としては, 次節で検討する土壌 pH および窒素施用量の適正化が有効である．

斑点病斑は，べと病およびさび病発生後に発生する病斑である．そのため，本章・第 1 節では，各薬剤のべと病およびさび病に対する防除効果も検討し，斑点病斑に対する防除効果は，べと病およびさび病に対する防除効果の影響を大きく受けることが明らかとなった．すなわち，べと病およびさび病に対して高い防除効果を示したシメコナゾール・マンゼブ水和剤は斑点病斑に対しても高い防除効果を示した．本剤散布区では，べと病およびさび病の発病を抑制することにより斑点病斑の形成を抑制していると考えられた. 一方, イミノクタジン酢酸塩・ポリオキシン複合体水和剤と TPN フロアブルは，べと病およびさび病に対する防除効果はほぼ同様に低かったが，斑点病斑に対する防除効果は前者で優った．このことからイミノクタジン酢酸塩・ポリオキシン水和剤は，べと病およびさび病発生後の二次的な葉枯病菌の感染を抑制していると考えられた．以上のように斑点病斑の発病抑制機構として，(1)べと病およびさび病の発病を抑制する，(2)べと病およびさび病の発病後の葉枯病菌の感染を抑制する．以上の 2 つの機作が関与していると考えられた．

薬剤散布体系

安岡ら(2004)は，北海道空知地方においてネギの主要病害であるべと病およびさび病の薬剤防除対策を確立した．そのため，本研究では安岡ら(2004)の散布体系を基本とし，同体系では防除対象となっていなかった葉枯病に対しても防除効果を示す薬剤散布体系を構築することを目的とし試験を行った．安岡ら(2004)は，はじめに各種薬剤のべと病に対する防除効果を検討し，マンゼブを含む薬剤以外にべと病に対して高い防除効果を示す薬剤がないことを明らかにした．本研究に供試した TPN フ

ロアブルおよびアゾキシストロビンフロアブルは，いずれもべと病に対して農薬登録を有しているが，TPN フロアブルのべと病に対する防除価は本研究では 12，21，安岡ら(2004)の試験では 18，69 であり，防除効果は 1 事例を除いて極めて低かった．一方，アゾキシストロビンフロアブルのべと病に対する防除価は，本研究では 82，75 であったが，安岡ら(2004)の試験では 0，36，57 であり，防除効果は極めて不安定であった．以上のことから，本研究ではべと病およびその後に発生する斑点病斑に対する防除薬剤としてシメコナゾール・マンゼブ水和剤を選択し，TPN フロアブルおよびアゾキシストロビンフロアブルのべと病に対する防除効果は期待できないという前提で試験を実施した．さらに，安岡ら(2004)は，べと病の初発前からマンゼブを含む薬剤を 7～10 日間隔で 3 回散布した区では，最終散布後 25 日間以上べと病に対する防除効果が持続することを明らかにした．本研究においては，同散布体系の散布間隔を検討し，2 週間間隔散布においても同様にべと病に対して 32～33 日間以上の残効を発揮することを明らかにした．

さび病に対しては，安岡ら(2004)はマンゼブを含む薬剤が 50 以上の防除価を示すこと，アゾキシストロビンフロアブルを含む 4 薬剤が高い防除効果(防除価 75～100)を示すことを明らかにするとともに，前述のマンゼブを含む薬剤の散布体系に加えて，さび病が多発する作型ではアゾキシストロビンフロアブル等のさび病に対して高い防除効果を示す薬剤を追加散布するさび病防除のための薬剤散布体系を確立した．なお，本研究においても，アゾキシストロビンフロアブルはさび病に対して 99～100 の高い防除効果を示した．

以上のことから，本研究ではシメコナゾール・マンゼブ水和剤を 2 週間間隔で 3 回散布することによりべと病およびその後に発生する斑点病斑の発生を抑制し，その後収穫 3～1 週間前に TPN フロアブルまたはアゾキシストロビンフロアブルを散布することにより黄色斑紋病斑およびさび病の発生を抑制することを薬剤散布体系の基本とした．

薬剤散布体系・8 月どり作型

8 月どり作型におけるべと病の発生時期は 2006 年が 8 月上～中旬，2007 年が 6 月中旬～7 月下旬，2008 年が 6 月下旬～7 月上旬および 8 月中下旬であった．すなわち，3 ヶ年の発生時期は 6 月中旬～8 月下旬までの 2 ヶ月強であった．各年次の最大発病度は，2006 年が 11.7，2007 年が 54.3，2008 年が 6.3 であり，2007 年はべと病発生による収量減が認められた．前述したようにべと病に対する薬剤散布は初発前から予防的に実施する必要があるため，薬剤散布体系はいかなる発生パターンの年次であっても，この期間全体を通して防除効果が持続する必要がある．このことから，8 月どり作型におけるシメコナゾール・マンゼブ水和剤の散布時期は 6 月中旬から 2 週間間隔で 3 回が適切である判断した．マンゼブを含む薬剤は最終散布後，安岡ら(2004)の試験では 25 日以上，本研究では 32 日以上防除効果が持続することが明らかとなっているため，本散布体系では 6 月中旬～7 月中旬の薬剤散布期間およびその 30 日後の 8 月中旬までべと病に対する防除効果が持続し，それに引き続いて発生する斑点病斑の発生も抑えることができる．本体系で薬剤を散布した 2008 年の A(M6･2W)区では，常にべと病の発生を無散布区より低く抑えた．

また，8 月どり作型においては収穫前に TPN フロアブルを散布することにより黄色斑紋病斑に対する防除効果が確認されたが，本作型における黄色斑紋病斑の発生程度は全作型で最も低く，薬剤散布区における指数 3 以上の株率は 2006 年が 0%，2008 年が 0～2.7%と極めて低かった．このことから，TPN フロアブルの散布は不要であると判断した．また，さび病の発生も少ないため，さび病を対象とした薬剤散布も不要である．以上のことから，8 月どり作型における葉枯病，べと病，さび病防除のための薬剤散布体系は，「6 月中旬からシメコナゾール・マンゼブ水和剤を 2 週間間隔で 3 回散布」が適切であると判断した．

薬剤散布体系・9 月どり作型

2006 年のべと病の発生時期は 8 月上旬～9 月中旬，増加時期は 8 月上旬～中旬であった．2007 年は 7 月上旬～8 月上旬，2008 年は 6 月下旬～8 月中旬まで発病度 1.3 以下で増減を繰り返したのち，8 月下旬～9 月上旬に増加した．すなわち，3 ヶ年の発病増加期間は 7 月上旬～9 月上旬の 2 ヶ月間であった．このことから，9 月どり作型においてべと病発生期間を通して防除効果が持続するためには，シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 7 月上旬～8 月上旬まで 2 週間間隔で 3 回散布し，同剤散布 1 ヶ月後の 9 月上旬まで残効を維持する必要がある．同体系で薬剤を散布した 2008 年の D(E7･2W＋2T･A)区は，べと病の発生を常に低く抑えた．なお，2007 年は 9 月下旬にべと病が再び増加したが，発病が出荷葉にまで達することはなく，この時期の防除は不要であると判断した．

9 月どり作型では，黄色斑紋病斑が最も多発し，各年次の無散布区における同病斑の指数 3 以上の株率は 22.7～64.0%に達した．収穫 3～1 週間前の TPN フロアブルおよびアゾキシストロビンフロアブルの散布は，

いずれの試験年次においても黄色斑紋病斑の発生を抑制した．本作型では，べと病が出荷葉にまで発生することはなかったが，さび病は 2007 年および 2008 年に出荷葉にまで発生した．2007 年の試験ではシメコナゾール・マンゼブ水和剤を 3 回散布した A(3SM+2T)区および E(3SM)区において，2008 年の試験では黄色斑紋病斑に対する防除効果が最も高かった D(E7･2W＋2T･A)区においては，出荷葉でさび病の発生が認められなかった．

以上のことから，9 月どり作型における葉枯病，べと病，さび病防除のための薬剤散布体系は，「7 月上旬からシメコナゾール・マンゼブ水和剤を 2 週間間隔で 3 回，収穫 3～2 週間前に TPN フロアブルを 2 回，収穫 1 週間前にアゾキシストロビンフロアブルを 1 回散布」が適切であると判断した．

薬剤散布体系・10 月どり作型

2006 年のべと病の発生時期は 8 月上旬～下旬および 10 月上旬以降であった．2007 年は 7 月下旬～8 月上旬および 9 月下旬以降に発生した．2008 年は 6 月下旬～9 月上旬に増減を繰り返し，10 月中旬以降に再び発生した．すなわち，3 ヶ年通しては 6 月下旬～9 月上旬にかけて発病し一度終息したあとに，9 月下旬以降に再び増加した．9 月上旬以前の発病における最大発病度は 2007 年の 17.3 であり，同年の 9 月どり作型の最大発病度 71.7 と比較して少なかった．一方，9 月下旬以降の発病は発病度が 37.0～44.3 に達するとともに発病が出荷葉にまで達した．このことから，9 月下旬以降の発病の方が栽培上重要であると判断した．10 月どり作型ではべと病の発生期間が長いため，発生期間を通して防除効果を持続することはできなかったが，2007 年および 2008 年の試験においてシメコナゾール･マンゼブ水和剤を 8 月中旬～9 月中旬まで 2 週間間隔で 3 回散布した区では，収穫時のべと病の発病を低く抑えた．また，2008 年は 6 月下旬～9 月上旬にべと病および斑点病斑が発生したため，無散布区における斑点病斑の AUDPC は 2,653 と 3 ヶ年で最も高かったが，E(M8･2W+3A)区においては斑点病斑の AUDPC を 1,230 に抑え，収量面においても他の区より多かった．また，前述したようにいずれの年次もシメコナゾール・マンゼブ水和剤の最終散布 32～33 日後の収穫時においてもべと病に対して高い防除効果を示した．2008 年の試験では，アゾキシストロビンフロアブルの散布回数の検討を行い，散布回数 2 回で黄色斑紋病斑に対する防除効果が頭打ちになることが判明した．また，本作型ではさび病の発生が 3 作型のなかで最も多く，無散布区ではいずれの年次も出荷葉にまで発生したが，アゾキシストロビンフロアブルを 2 回以上散布した区では，出荷葉でのさび病の発生が認められなかった．

以上のことから，10 月どり作型における葉枯病，べと病，さび病防除のための薬剤散布体系は，「8 月中旬からシメコナゾール・マンゼブ水和剤を 2 週間間隔で 3 回，収穫 3～2 週間前にアゾキシストロビンフロアブルを 2 回散布」が適切であると判断した．

2006～2008 年の 3 年間，各作型において収穫前 3 週間のネギの展葉枚数を調査した結果，8 月どり作型では 2.6～2.9 枚，9 月どり作型では 2.6～2.8 枚，10 月どり作

Table 7-1-27.　Application schedule of three fungicides in each cropping season for supression of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion.

	June	July	Augst	September	October
Cropping Season 1[a]	Mid June to mid July[d] ◎ ◎ ◎		Harvest		
Cropping Season 2[b]	Early July to early August ◎ ◎ ◎			3 and 2weeks[e] ○ ○ 1 week[e] ● Harvest	
Cropping Season 3[c]			Mid August to mid September ◎ ◎ ◎	3 and 2weeks ● ●	Harvest

◎　Simeconazole・manzeb wettable powder (2-week intervals)　○Tetrachloroisophthalonil flowable

●　Azoxystrobin flowable

[a,b,c] The plants are harvested in August, September and October, respectively,

[d] Application timing of Simeconazole・manzeb wettable powder,　[e] 3 and 2 weeks or 1 week before harvest

型では 1.6～2.2 枚であった(データ省略)．すなわち，黄色斑紋病斑の発生が最も多くなる 9 月どり作型において中心葉 3 枚が展開するのは収穫前約 3 週間であり，この時期に薬剤散布を実施した試験区では，中心葉に薬剤が付着したため黄色斑紋病斑の発生が少なかったと推察された．

8～10 月どり作型における散布体系を Table7-1-27 に示した．

第 2 節．耕種的防除対策

第 1 項．品種間の発病差異

試験方法

2007～2008 年に道南農試露地圃場において，「北の匠」，「元蔵」，「白羽一本太」および「秀雅」の 4 品種を用いて，黄色斑紋病斑の発病程度の品種間差異を検討した．播種・定植は 2007 年が 3 月 28 日および 6 月 12 日, 2008 年は 3 月 11 日および 5 月 29 日に実施した．1 区あたりの面積は，2007 年が 5.9m²(2 畦：1.8m × 3.3m)，2008 年が 10.5m²(3 畦：2.7m × 3.9m)とし，両年とも 3 反復で試験を行った．2007 年は 10 月 16 日，2008 年は 10 月 7 日に 1 区 25 株について発病調査を実施した．2007 年は，マンゼブ水和剤(×600)を 8 月 31 日，9 月 13 日，9 月 25 日の 3 回，アゾキシストロビンフロアブル(×2000)を 9 月 5 日に 1 回散布した．2008 年は，シメコナゾール・マンゼブ水和剤(×600)を 8 月 4 日，15 日および 27 日の 3 回, TPN フロアブル(×1000)を 9 月 8 日, 16 日の 2 回, アゾキシストロビンフロアブル(×2000)を 9 月 22 日に 1 回散布した．また，2008 年の試験においては 10 月 7 日に 1 区あたり 0.68m²(1 畦：0.9m × 0.75m)を収穫し，出荷調製後に収量調査を実施した．

試験結果

2007 年の試験における黄色斑紋病斑の発病度は，「北の匠」および「元蔵」では 25.3，24.0 であったのに対して，「白羽一本太」では 16.0，「秀雅」では 9.3 であり，品種間で有意な発病差異が認められた(Table 7-2-1)．2008 年の試験における黄色斑紋病斑の発病度は，「北の匠」および「元蔵」では 27.0，26.7 であったのに対して，「白羽一本太」では 17.0，「秀雅」では 9.7 であり，品

Table 7-2-1.　Comparison of four cultivars on disease development of Welsh onion leaf blight in the field (2007)

	Brown oval lesion		Yellow mottle lesion
	Leaf tip blight	Spot lesion	
Cultivar	Incidence(%)	Disease severity	Disease severity
Kitano-takumi	9.3 ± 8.4[a] a[b]	21.0 ± 3.6 a	25.3 ± 3.3 a
Motokura	10.7 ± 5.0 a	20.3 ± 1.7 a	24.0 ± 0.8 a
Shirahane-ipponbuto	18.7 ± 10.5 a	13.3 ± 2.1 ab	16.0 ± 0.8 b
Syuga	16.0 ± 5.7 a	11.3 ± 3.3 b	9.3 ± 0.9 c

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P<0.05$

Table 7-2-2.　Comparison of four cultivars on disease development of Welsh onion leaf blight in the field (2008)

	Brown oval lesion		Yellow mottle lesion	Yield[c]
	Leaf tip blight	Spot lesion		
Cultivar	Incidence(%)	Disease severity	Disease severity	kg/10a
Kitano-takumi	68.0 ± 8.6[a] a[b]	2.0 ± 0.8 a	27.0 ± 5.7 a	5258 ± 460 a
Motokura	82.7 ± 1.9 a	5.3 ± 0.5 a	26.7 ± 2.1 a	5337 ± 144 a
Shirahane-ipponbuto	82.7 ± 11.5 a	3.3 ± 0.9 a	17.0 ± 0.8 b	5690 ± 249 a
Syuga	86.7 ± 8.2 a	5.0 ± 2.9 a	9.7 ± 1.9 c	5546 ± 140 a

[a] Mean ± standard error of three replicates

[b] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$

[c] Yeild was measured after removing outer leaf and leaf tip for shipment

種間で有意な発病差異が認められ，その序列は 2007 年と同一であった(Table 7-2-2)．各品種の収量は 5,258～5,690kg／10a であり，品種間で収量差は認められなかった．

第 2 項．施肥量および土壌 pH と発病の関係

試験方法

2006 年～2008 年の 3 年間，道南農試場内に造成した施肥量および土壌 pH が異なる無底枠圃場(1m × 1m)でネギを栽培し，葉枯病の発生量を比較した．播種は 2006 年 3 月 28 日，2007 年 3 月 28 日，2008 年 3 月 11 日に実施し，2006 年 6 月 7 日，2007 年 6 月 12 日，2008 年 5 月 29 日に 1 枠あたり 1 畦にチェーンポット 1m 分を定植した．各年次とも標準施肥区は基肥を N : P_2O : K_2O ＝12 : 16 : 12kg／10a，追肥を N : P_2O_5 : K_2O＝4.0 : 0.8 : 1.6 kg／10a× 3 回施用した．

2006 年の試験では，基肥・追肥とも窒素・リン酸・カリウムを標準施肥区の倍量施用した肥料倍量区および半量施用した肥料半量区を設定した．2007～2008 年の試験では基肥・追肥ともに窒素またはリン酸のみを標準施肥区の倍量または半量とした窒素倍量区，窒素半量区，リン酸倍量区を設定した．窒素およびリン酸の増肥には，硫酸アンモニウムおよび重過リン酸石灰を用いた．

土壌 pH の調整には，炭酸苦土石灰肥料(アルカリ分 53.0%・く溶性苦土 6.0%)および土壌酸度調整資材 2 号(凝灰岩系天然ガラス粉砕物・ニトロフミン酸含有)を用いた．高 pH 区は pH7.0，低 pH 区は pH5.0 となるように pH 調整資材を投入し，収穫時に pH を測定した．

2006 年はマンゼブ水和剤(×600)を 8 月 2 日，16 日，9 月 1 日，20 日，29 日の 5 回散布した．2007 年はマンゼブ水和剤(×600)を 8 月 31 日，9 月 13 日，25 日の 3 回，アゾキシストロビンフロアブル(×2000)を 9 月 5 日に 1 回散布した．2008 年はシメコナゾール・マンゼブ水和剤(×600)を 8 月 4 日，15 日，27 日の 3 回散布した．

各年次とも，収穫時に発病調査および収量調査を行った．2006 年は 1 区 1m² 全株を堀上げ，根を切断後に個体重量を測定した．2007 年および 2008 年は 1 区より 0.75m²(1 畦：1m × 0.75m)を収穫し，出荷調製後に収量調査を行った．試験は 1 区 1 枠で，2006 年は 2 反復，2007～2008 年は 3 反復で行った．発病調査は 1 区 20 株を調査した．発病調査および収量調査は 2006 年は 10 月 5 日，2007 年は 10 月 25 日，2008 年は 9 月 29 日に実施した．

試験結果

2006 年の試験では，標準施肥区における先枯れ病斑の発病株率 32.5%，斑点病斑および黄色斑紋病斑の発病度が 0 および 7.5 という条件での試験となった．肥料倍量区では先枯れ病斑および黄色斑紋病斑の発生量が標準施肥区より多い傾向があったが，2 反復試験のため統計的な有意差は認められなかった．個体重量は，対標準施肥区で肥料倍量区で 104，肥料半量区で 79 であった(Table 7-2-3)．

2007 年の試験では，標準施肥区における先枯れ病斑の発病株率 15.0%，斑点病斑および黄色斑紋病斑の発病度が 11.7 および 17.9 という条件での試験となった．黄色斑紋病斑の発生量は，窒素倍量区で標準施肥区より多く，窒素半量区では少なかった(Table 7-2-4)．リン酸倍量区では標準施肥区とほぼ同等の発生量であった．低 pH 区

Table 7-2-3.　Effect of amount of fertilizer on disease development of Welsh onion leaf blight in the field (2006)

Treatment	Brown oval lesion		Yellow mottle lesion	Total weight[f]	
	Leaf tip blight	Leaf spot			
	Incidence(%)	Disease severity	Disease severity	kg/m²	P.S.P[g]
Standard fertilizered plot[a]	32.5 ± 7.5[d] a[e]	0.0 ± 0.0 a	7.5 ± 0.0 a	10.3± 0.6 a	100
Two times of fertilizered plot[b]	52.5 ± 2.5 a	1.9 ± 0.6 a	13.8 ± 2.5 a	10.8 ± 0.5 a	104
Half fertilized plot[c]	27.5 ± 2.5 a	0.0 ± 0.0 a	5.6 ± 0.6 a	8.2 ± 0.3 a	79

[a] Nitrogen, phosphate, potassium = 16 : 16.8 : 13.6 (kg/10a)

[b] Nitrogen, phosphate, potassium = 32 : 33.6 : 27.2 (kg/10a)

[c] Nitrogen, phosphate, potassium = 8: 8.4 : 6.8 (kg/10a)

[d] Mean ± standard error of three replicates

[e] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$

[f] Total weight was measured after removing roots

[g] Percentage of standard fertilizered plot

Table 7-2-4.　Effect of amount of fertilizer and soil pH on disease development of Welsh onion leaf blight in the field (2007)

Treatment	Brown oval lesion		Yellow mottle lesion	Yield[g]	
	Leaf tip blight	Spot lesion			
	Incidence(%)	Disease severity	Disease severity	kg/10a	P.S.P[h]
Standard fertilizered plot (pH6.0)[a]	15.0 ± 8.2[e] a[f]	11.7 ± 4.8 a	17.9 ± 2.9 b	5736 ± 233 a	100
Two times of nitrogen fertilizered plot[b]	6.7 ± 9.4 a	23.0 ± 6.6 a	37.9 ± 2.9 a	5872 ± 151 a	102
Half nitrogen fertilizered plot[c]	10.0 ± 4.1 a	11.7 ± 4.1 a	5.4 ± 4.6 c	4868 ± 68 b	85
Two times of phosphate fertilizered plot[d]	5.0 ± 4.1 a	16.7 ± 2.4 a	16.3 ± 5.4 bc	5756 ± 148 a	100
High pH plot (pH6.9)[a]	3.3 ± 2.4 a	16.7 ± 3.8 a	13.8 ± 4.5 bc	5785 ± 261 a	101
Low pH plot (pH4.9)[a]	8.3 ± 2.4 a	22.9 ± 0.6 a	26.7 ± 0.6 ab	5806 ± 284 a	101

[a] Nitrogen, phosphate, potassium = 16 : 16.8 : 13.6 (kg/10a), pH of the soil was measured on October 26

[b] Nitrogen, phosphate, potassium = 32 : 16.8 : 13.6 (kg/10a)

[c] Nitrogen, phosphate, potassium = 8: 16.8 : 13.6 (kg/10a)

[d] Nitrogen, phosphate, potassium = 16: 33.6 : 13.6 (kg/10a)

[e] Mean ± standard error of three replicates

[f] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$

[g] Yeild was measured after removing outer leaf and leaf tip for shipment

[h] Percentage of standard fertilizered plot

Table 7-2-5.　Effect of amount of fertilizer and soil pH on disease development of Welsh onion leaf blight in the field (2008)

Treatment	Brown oval lesion		Yellow mottle lesion	Yield[f]	
	Leaf tip blight	Spot lesion			
	Incidence(%)	Disease severity	Disease severity	kg/10a	P.S.P[g]
Standard fertilizered plot (pH5.4)[a]	65.0 ± 10.8[d] c[e]	0.0 ± 0.0 a	15.0 ± 2.0 b	5578 ± 62 a	100
Two times of nitrogen fertilizered plot[b]	98.3 ± 2.4 ab	3.8 ± 3.1 a	28.3 ± 2.1 a	5202 ± 279 ab	93
Half nitrogen fertilizered plot[c]	26.7 ± 11.8 de	0.0 ± 0.0 a	8.8 ± 4.7 b	4703 ± 116 b	84
High pH plot (pH6.9)[a]	38.3 ± 4.7 ce	0.0 ± 0.0 a	10.8 ± 3.1 b	5196 ± 218 ab	93
Low pH plot (pH4.9)[a]	90.0 ± 7.1 bc	2.5 ± 1.0 a	12.5 ± 3.5 b	4491 ± 254 b	81

[a] Nitrogen, phosphate, potassium = 16 : 16.8 : 13.6 (kg/10a), pH of the soil was measured on September 30

[b] Nitrogen, phosphate, potassium = 32 : 16.8 : 13.6 (kg/10a)

[c] Nitrogen, phosphate, potassium = 8: 16.8 : 13.6 (kg/10a)

[d] Mean ± standard error of three replicates

[e] Means followed by the same letters are not significantly different by Tukey's honestly significant difference test at $P < 0.05$

[f] Yeild was measured after removing outer leaf and leaf tip for shipment

[g] Percentage of standard fertilizered plot

においても統計的に有意ではないものの，黄色斑紋病斑の発生が多い傾向があった．また，斑点病斑の発生も窒素倍量区および低 pH 区で発生が多い傾向が認められた(統計的有意差なし)．先枯れ病斑の発生はいずれの試験区でも少なく，施肥量との関係は明らかではなかった．収量は，窒素半量区では標準施肥区の 85%であり，それ以外の区では標準施肥区と同等の収量であった．

2008 年の試験では，標準施肥区における先枯れ病斑の発病株率 65.0%，斑点病斑および黄色斑紋病斑の発病度が 0 および 15.0 という条件での試験となった．先枯れ病斑の発生量は，窒素倍量区で多く，窒素半量区で少なかった(Table 7-2-5)．黄色斑紋病斑の発生量も，窒素倍量区で多く，窒素半量区では統計的に有意ではないものの少ない傾向が認められた．土壌 pH と発病の関係では，いずれも統計的に有意な差ではないものの，先枯れ病斑が高 pH 区で少なく，低 pH 区で多い傾向があった．黄色斑紋病斑の発生程度は高 pH 区および低 pH 区とも標準施肥区と同程度であった．斑点病斑の発生はいずれの

試験区でも少なく，施肥量との関係は明らかではなかった．収量は，窒素半量区および低 pH 区で標準施肥区より低かった．

第 3 項．考察

品種

品種間の発病差異試験に供試する 4 品種を選定するにあたり，2005～2007 年の 3 年間，北斗市内の現地農家圃場において，30 品種・系統(1 区・1 畦×13.5m，反復なし)の黄色斑紋病斑の発病程度を調査した．その結果，黄色斑紋病斑の発生程度に品種間で差異があることが示唆された．すなわち，「白羽一本太」と比較して，「北の匠」および「元蔵」では発生が多く，「秀雅」で少なかった(データ省略)．これら 4 品種について，2 ヶ年にわたって 3 反復で場内試験を実施した結果，発病の序列は現地試験と同様であり，品種間の発病度には統計的に有意な差があった．このことから，これら 4 品種間では黄色斑紋病斑の発生程度に差異があると判断した．

渡島地域の基幹品種は「北の匠」および「白羽一本太」である．本試験により基幹品種間では「北の匠」の方が発病が多いことが明らかとなった．また，基幹 2 品種より発病が少ない品種として「秀雅」を見いだした．「秀雅」は収量面においても既存品種と同等であった．

「秀雅」は，耐暑性に優れ，収穫適期が長く，襟(葉鞘最上部)の締まりがよく，葉身がやや短い品種であり(武蔵野種苗園 2010)，葉枯病の耐病性を目的として育成された品種ではない．「秀雅」において黄色斑紋病斑の発生が少なかった要因は未解明であるが，ネギの主要病害であるべと病，さび病，黒斑病などに対しては明確な抵抗性を示す遺伝資源が見つかっていない(若生 2008)ことから，「秀雅」も葉枯病に対して抵抗性を有していないと考えられる．第 3 章・第 2 節の発生推移調査では葉長が長い「白羽一本太」(トーホク種苗 2008)栽培圃場において葉が繁茂し，畦間の通気性が不良となり高湿度状態が維持され，黄色斑紋病斑が多発した圃場が認められたことから，葉身が短く畦間の通気性が良好であることが「秀雅」で黄色斑紋病斑の発生が少ない要因の 1 つであると推察された．

また，F_1 品種は一般に生育が均一である(安藤 2008)．固定種である「元蔵」(武蔵野種苗園 2010)および F_1 品種であるが固定種と同程度に生育がばらつく「北の匠」(道南農業試験場・渡島中部地区農業改良普及センター 2004)では，生育が良好な株の中心葉の一部が内側に陥没し断面がハート型を呈する個体が発生し，その部分で黄色斑紋病斑の発生が多かったが(データ省略)，F_1 品種である「秀雅」は生育が均一であり，中心葉は平滑であったことも黄色斑紋病斑が少なかった要因であると考えられた．

「秀雅」の先枯れ病斑の発生は 2 ヶ年とも他品数と同程度，斑点病斑は 2007 年は「北の匠」および「元蔵」より少なかったものの，2008 年は他品数と同程度であった．「秀雅」においても褐色楕円形病斑は他品種と同程度に発生することから，褐色楕円形病斑から飛散する葉枯病菌の分生子の密度は「秀雅」栽培圃場内においても他品種栽培圃場と同程度であり，前述の通気性および中心葉の形態などの理由で，黄色斑紋病斑の発生が他品種より少なくなっていると考えられた．

施肥・pH

3 ヶ年の試験結果から，先枯れ病斑，斑点病斑，黄色斑紋病斑のいずれの病斑も窒素の増肥および土壌 pH の低下により発生が助長されることが明らかとなった．また，窒素の減肥により，先枯れ病斑および黄色斑紋病斑の発生が少なくなり，土壌 pH の上昇により先枯れ病斑の発生が少なくなる傾向が認められた．リン施肥量は発病に影響を与えなかった．このことから，土壌 pH が低い圃場や，窒素施肥量が多い圃場においては，これらの適正化によって，葉枯病の発生を抑制できると推察された．

一方，窒素半量区では葉枯病の発生は少なかったものの，標準施肥区より 15～16%(肥料半量区では 21%)収量が少なかった．また，高 pH 区でも先枯れ病斑に対して発病抑制効果が認められた事例があったものの，収穫時の土壌 pH は 2 ヶ年とも 6.9 であり，ネギ栽培における目標 pH6.0～6.5 から大きくはずれていたことから，窒素の減肥および土壌 pH の上昇は，葉枯病防除対策として実用的ではないと判断した．以上のことから，本病の耕種的防除対策として適正な窒素施肥と適正な土壌 pH の維持が重要あると判断した．

窒素倍量区では，中心葉の一部が内側に陥没し断面がハート型を呈する個体が多く，その部分に黄色斑紋病斑の発生が多かった(データ省略)．一方，標準施肥区の中心葉は平滑であり，このことが黄色斑紋病斑の発生量の差の一因であると考えられた．また，窒素半量区では収量が標準区より 15～16%少なく個体が小さかった．黄色斑紋病斑は生育が進んだ個体ほど発生が多くなる傾向があることから(第 6 章・第 1 節・第 1 項)，このことが窒素半量区で黄色斑紋病斑の発生が少なかった要因の 1 つであると推察された．なお，本試験は 1m 四方の枠圃場(枠と枠の間は約 50cm)で実施したため，いずれの区も通気性が良好な状態であった．通常の栽植密度で試験を実

施した場合には，標準施肥区では葉が繁茂するため畦間の通気性が不良となり黄色斑紋病斑の発生量は枠試験より増加するのに対して，窒素半量区では個体が小さいため通気性が良好な状態が維持され，黄色斑紋病斑の増加程度は標準施肥区より小さいため，標準施肥区との発病差は枠試験より大きくなる可能性が示唆された.

ネギは培土による断根だけでなく，根圏土壌の化学性の変化などによるストレスによっても根に損傷を受ける(関口 1989). 窒素倍量区および低 pH 区では，これらのストレスにより根が損傷を受けたことにより根量が減少し，第 6 章・第 1 節の培土による断根の影響で議論したのと同様に根量の減少に合わせて葉の量を減らし，葉の構成成分を使って根を再生させた(武田　2008)ために，先枯れ病斑の発生が多くなったと考えられた.

2007 年の試験における各区のさび病の発病度は, 標準施肥区で 23.3，窒素倍量区で 45.4，低 pH 区で 38.8 であり，窒素倍量区および低 pH 区で斑点病斑の発生が多かった原因は，斑点病斑発生の足がかりとなるさび病の発生が多かったためであると考えられた．なお，斑点病斑の発生量に大きな影響を与えるべと病の発生は，2006 年および 2008 年は無発生，2007 年は発病度 0～0.4 であった.

第 8 章. 総合考察

ネギ葉枯病は 1911 年に国内で初発生が報告された病害である(出田 1911)が，これまでネギ栽培上の重要病害ではないと考えられていたため，本病の発生や被害の実態は不明であった．本研究では，ネギの中心葉に発生する黄色斑紋症状が葉枯病の一病徴であることを解明するとともに，本病の被害が全道的に発生している実態を明らかにした(三澤 2008d).

新函館農協大野基幹支店での 2005 年 9 月のネギの規格別取り扱い価格は，L 規格(葉鞘径 17～22mm)で病害の被害がない「秀品」では 1,424 円／5kg であったのに対して，黄色斑紋病斑の発生により 1 段階規格落ちしたものは秀品より 23%安い 1,090 円／5kg で，さらに発病が激しく 2 段階規格落ちしたものは秀品の 3 分の 1 以下の 419 円／5kg となっており，本病発生による経済的な被害は極めて大きい.

通常の糸状菌による病害は本病の褐色楕円形病斑と同様に輪郭がはっきりとした鮮明な病斑を形成するが，黄色斑紋病斑はウイルス病や生理障害に類似した斑紋症状を呈する．そのため，生産現場では本病斑が糸状菌病害であることが正しく認識されていない場合があり，2007 年に実施した実態調査においても空知地域の一部の生産者が本病斑を収穫遅れにより発生する生理障害であると誤認していた．本病斑が葉枯病の一病徴であることが明らかになったため，北海道以外における発生実態も次第に明らかとなりつつあり，青森県，岩手県，富山県，千葉県など関東以北のネギ産地において発生が確認され(関原ら 私信)，現在ではネギ栽培上の重要病害の 1 つとなっている(三澤 2009a).

先枯れ病斑の発生に培土時の断根ストレス等が関与していることについては，第 6 章で言及した．そのため本病斑を病害と見なすか，生理障害と見なすかは意見が分かれることが予想される．しかし，先枯れ病斑上には多数の分生子を形成し，これが黄色斑紋病斑の伝染源となっていることから，少なくとも黄色斑紋病斑が多発する 9～10 月どり作型においては，本病斑を病害と見なすことが妥当であると考える．また，先枯れ病斑は薬剤散布により発病を軽減できないことを明らかにした．すなわち，圃場内では薬剤散布を実施しても常に先枯れ病斑から放出された分生子が飛散している．したがって，この分生子の中心葉への感染を防ぐため薬剤散布体系における収穫 3 週間前からの薬剤散布が必要である.

褐色楕円形病斑と黒斑病は病徴が酷似し，病徴観察により識別できないことが明らかとなった. 2007 年に実施した全道実態調査では先枯れ病斑では 100%，斑点病斑では 98.3%が葉枯病であり，黒斑病の発生はほとんど認められなかった．しかし，2005 年に実施した発生推移調査では七飯町内 1 圃場で黒斑病と葉枯病が併発していた. また，2010 年 10 月に 2007 年の全道実態調査の調査地域になっていなかった桧山管内厚沢部町の 3 圃場を調査した結果，2 圃場では葉枯病のみが発生していたが，1 圃場では黒斑病が優占していた(データ省略)．以上のことから，道内の主要ネギ産地では葉枯病が優占している実態が明らかとなったものの，未調査の地域や作型においては黒斑病が発生している可能性があるため，罹病葉を採取して顕微鏡観察により発生病害を特定することが，適正な防除対策を講じるうえで重要である．なお，岸(1987)はルーペを用いた観察によっても両病害を識別できることを報告しており，顕微鏡による識別よりやや技術の熟練を要するものの，野外における観察では有効であると考えている.

10 日間隔で実施した発生推移調査において，1 作型の収穫期間が 10 日程度の圃場から 1 ヶ月程度におよぶ圃場がある実態が明らかとなった(データ省略)．収穫期間が 10 日程度の圃場では黄色斑紋病斑の発生が増加する前に収穫を終了していたが，収穫期間が 1 ヶ月におよんだ圃場では，次第に黄色斑紋病斑の発生が増加した．また，薬剤散布体系試験の 2008 年 9 月どり作型では薬剤散布区においても，収穫始めから収穫開始 1 週間後にかけて黄色斑紋病斑の発生が増加した．本作型では 1 週間あたり 0.8～0.9 枚の割合で葉が展開するため，薬剤散布区においても収穫期が遅れると次々と薬剤が付着していない葉が展葉してくる．さらに，ポット栽培のネギを用いた接種試験により黄色斑紋病斑は生育が進んだ株ほど発生が多くなることが明らかとなった(三澤 2008b)．以上のように，収穫期が遅れると薬剤が付着していない葉が展開してくること，およびネギの感受性が増加することにより黄色斑紋病斑の発生が増加すると推察された. そのため，本病の耕種的防除対策として，1 作型の収穫期間を短くし，適期に収穫することが重要である．具体的には，播種・定植回数を現行の 3 回より増やし，5 作型程度に分けて栽培することが適切であると考える.

本病の病徴は褐色楕円形病斑と黄色斑紋病斑の 2 つに明確に区分できることを発生実態調査および発生推移調査で明らかにした(三澤 2008c,d)．また，伝染環解明試験

においては，本病の病原菌が外観健全葉に無病徴感染していることを明らかにした(Misawa and Yasuoka 2012). すなわち，本病の感染様式として，褐色楕円形病斑，黄色斑紋病斑，無病徴感染葉の 3 つの形態があることが明らかとなった．通常の糸状菌病害では，葉に付着した胞子が発芽して組織内に侵入・感染し，組織内に菌糸が充満したのちに発病し，やがて病斑上に分生子柄および分生子を再形成する(都丸ら 1992)．褐色楕円形病斑は顕微鏡観察により病斑上に多量の分生子柄および分生子の形成が認められ，通常の糸状菌病害の感染・発病様式であることが明らかとなった. すなわち, 褐色楕円形病斑は, 病原菌の分生子柄および分生子自体が見えている標徴である.

黄色斑紋病斑を顕微鏡観察すると分生子が未発芽の状態または発芽して組織内に侵入している状態で確認されるものの，罹病組織内での菌糸の充満や病斑上での分生子の再形成は認められない．黄色斑紋病斑の形成の機作は未解明であるが，葉枯病菌の分生子は淡褐色～褐色であることから，黄色斑紋病斑は明らかに標徴ではない．発病程度が高い病斑上においても少数の分生子が散在しているのみであることから，分生子が付着・感染した部分およびその周辺のネギ組織が病原菌に反応して，黄化していると推察している.

外観健全葉の詳細な顕微鏡観察を実施していないため, 感染様式は未解明である．黄色斑紋病斑は 1%次亜塩素ナトリウム水溶液で表面殺菌すると菌が死滅することがある(データ省略)ため，第 4 章・第 1 節では 1%次亜塩素ナトリウム水溶液による表面殺菌を実施しなかった．これに対して, 第 6 章・第 2 節の伝染環解明試験の 2008 年の越冬前には，1%次亜塩素ナトリウム水溶液で表面殺菌した外観健全葉からの葉枯病菌の分離率が 50.0～100%と高率であった．このことから，外観健全葉では分生子が葉に付着し発芽しているだけではなく，ネギ葉内部に菌糸が充満した状態で感染していると推察された.

第 6 章・第 1 節において中心葉に形成した黄色斑紋病斑が外葉に移行すると病斑が消滅することについて言及した．すなわち，黄色斑紋病斑の消滅も無病徴感染の一形態である．一方，伝染環解明試験において 5mm 四方に切断し滅菌水で洗浄した外観健全葉からの葉枯病菌の分離率が 90～100%であり，外観健全葉内部には葉枯病菌が高頻度で存在していることが明らかとなった．これに対して，黄色斑紋病斑が葉面積の 90.0～100%に発生した事例はないことから，黄色斑紋病斑の消滅以外の要因でも無病徴感染が起こっていると推察された．すなわち，外葉においても空気中に飛散している分生子が感染し，無病徴感染が起こっていると考えられる．黄色斑紋病斑は，分生子が未発芽の状態または発芽して組織内に侵入しているのに対して，前述のように外観健全葉は組織内に菌糸が充満していると推察された．黄色斑紋病斑由来の外観健全葉においては，病斑上で認められた分生子が侵入・感染し，組織内で生育しやがて菌糸が充満した状態に至るのか，あるいはこれとは別に外葉で新たに生じた感染により組織内に菌糸が充満するのかは，本試験の結果からは明らかにできなかった.

褐色楕円形病斑および外観健全葉はともに組織内に菌糸が充満していると推察された．褐色楕円形病斑は葉の表面に分生子柄および分生子を噴出し病斑を形成するのに対して，外観健全葉では分生子柄および分生子の形成が認められなかった. 褐色楕円形病斑形成の要因として, 先枯れ病斑では培土による断根等のストレスにより生じた葉先枯れ部に，斑点病斑ではべと病発生部位に二次的に葉枯病菌の分生子が感染して発生することについてはすでに言及した．すなわち，本病菌は分生子の感染後速やかに褐色楕円形病斑を形成することはあるものの，感染後一度菌糸の状態で無病徴感染葉になると，その後に褐色楕円形病斑を形成することはないと考えられた．この原因として，本病菌がネギ葉内で菌糸から分生子柄および分生子を形成する条件が整っていないためであると考えられた．これに対して，外観健全葉上には冬期間に偽子のう殻を形成する．偽子のう殻は積雪下で発達することから，形成・発達の要因は低温および湿潤条件であると考えられる．一方，外観健全葉内の菌糸から分生子柄および分生子を形成する条件は，本試験の結果からは明らかにできなかった.

褐色楕円形病斑は一度形成すると病斑が消滅することはなかった．これに対して，中心葉に発生した黄色斑紋病斑は外葉に移行すると病斑が消滅した．褐色楕円形病斑が消滅しない原因は前述のように病斑内での菌糸充満と分生子柄および分生子の再形成が起こっており，病斑が標徴であるからである．一方，黄色斑紋病斑は分生子の付着・感染に対してネギ葉が反応して黄化する現象であるとともに，この反応は中心葉でのみ特異的に起こるため，黄色斑紋病斑発生葉が外葉に移行すると病斑が消滅すると推察された.

本病の一次伝染源は罹病残渣上に形成した偽子のう殻から放出される子のう胞子であると推定された. そこで, 2007 年 10 月 29 日に 1m 枠圃場に罹病葉(病斑面積率 100%)を枠あたり 250 g ずつすき込んだ区およびすき込まなかった区を設定し，翌年そこでネギを栽培し，罹病葉すき込みによる発病助長効果を検証した．その結果,

初発直後の2008年7月22日の先枯れ病斑の発病株率は罹病葉をすき込んだ区で40.0%，すき込まなかった区で13.3%であり，統計的な有意差はないものの顕著な発病差異が認められた．しかし，同年10月6日の収穫時には先枯れ病斑，斑点病斑，黄色斑紋病斑のいずれにおいても両区の間で発病差が認められなかった(データ省略)．すなわち，罹病葉は一次伝染源として機能しているものの，伝染源の量は最終的な発病程度を決定していないことが明らかとなった．ネギは収穫重量の約半分が出荷物であり，外葉・葉先などの残りの半分は除去され，多くの場合は圃場に放置される．一次伝染源である罹病残渣を1圃場において完全取り去ったとしても，ネギ栽培地帯では，隣接圃場で分生子による二次伝染が旺盛になると，分生子の飛び込みにより罹病残渣を除去した圃場でも発病する可能性が高いため，伝染源の除去は耕種的防除対策とはなりえない．収穫期近くの圃場内では常に二次伝染源である分生子が飛散していることから，黄色斑紋病斑の発生量を決定しているのは，発病に好適な気象条件(平均気温15～20℃，曇雨天)であると考えられた．

Duthie and Campbell(1991)は，アルファルファ葉枯病(病原菌：*S.botryosum*)の一次伝染源である罹病葉の除去を行なっても病害の発生が減少しないことを報告している．この原因として彼らは圃場においては一次伝染源を完全に除去することは困難であり，わずかに残った一次伝染源から一度発病が起こると，罹病葉上に分生子を形成し二次伝染を繰り返すため(Gilchrist and Simmons 1990)，発病に好適な環境条件になると急激に発病が増加するためであると考察している．一方，Llorente et al.(2010)は，*S.vesicarium* によるセイヨウナシの病害において，罹病葉除去により収穫期の果実の発病が30～60%減少したと報告している．同病害は，生育期間中に葉および果実に病斑を形成するが，病斑上には分生子を形成しない(Llorente and Montesinos 2006)．そのため，生育期間中の発病は常に罹病残渣に由来する一次伝染であり，二次伝染が起こらないため，罹病残渣の除去により発病軽減効果が認められたと考えられる．ネギ葉枯病は，アルファルファ葉枯病と同様に罹病葉上も分生子を形成し，二次伝染を繰り返すため，一次伝染源の除去効果が収穫期まで持続しなかったと考えられた．

北海道における重要な作物であるアスパラガス(栽培面積 1,940ha) およびタマネギ(栽培面積 12,500ha；北海道野菜地図編集委員会編 2011) においても *Stemphylium* 属菌による病害(アスパラガス斑点病，タマネギ葉枯病)の発生が報告されているが，両作物の病害とも病原菌は *S.botryosum* であり，ネギ葉枯病菌の優占菌種である *S.vesicarium* による病害の発生は道内ではネギ以外の作物では報告されていない(北海道植物防疫協会編 2004)．アスパラガス斑点病は，道内のアスパラガス栽培における重要病害であるが(北海道植物防疫協会編 2004)，ネギの主産地が渡島地方の北斗市・七飯町，空知地方南部の長沼町・南幌町・栗山町，胆振地方の伊達市であるのに対して，アスパラガスの主栽培は上川地方の名寄市，美瑛町である(北海道野菜地図編集委員会編 2011)．菌種および産地が異なることから，アスパラガス斑点病発生圃場がネギ葉枯病の発生源となることはないと考えられた．タマネギの栽培は網走地方，上川地方，空知地方南部の多くの市町村で行われており(北海道野菜地図編集委員会編　2011)，長沼町および栗山町ではネギとタマネギが隣接圃場で栽培されている．しかし，タマネギ栽培における最重要病害は *Botrytis squamosa* による小菌核腐敗病であり，葉枯病の発生は稀である(北海道植物防疫協会編 2004)．菌種が異なること，長沼町および栗山町以外のネギ産地では周辺にタマネギ圃場がないことおよび葉枯病がタマネギ栽培における主要病害ではないことから，タマネギ葉枯病発生圃場がネギ葉枯病の発生源となることはないと考えられた．すなわち，第6章・第2節で議論した通り，ネギ圃場の周辺雑草などに感染している可能性はあるものの，ネギ葉枯病病菌はネギ圃場内だけで伝染環が完結していると結論した．

本研究を開始した2005年時点においては，北斗市内のネギ主要品種は「北の匠」および「白羽一本太」であり，「秀雅」は品種登録されていなかったため栽培されていなかった．本研究により「秀雅」が黄色斑紋病斑の発生が少ない品種であることが明らかとなり，その栽培面積は徐々に増加し，2010年には市内のネギ栽培面積(95ha)の18%に達している．北斗市における「秀雅」の栽培作型は黄色斑紋病斑の発生が多くなる9～10月どり作型であり，本品種の栽培は黄色斑紋病斑の耕種的防除対策として，高品質なネギ栽培に大きく貢献している．

本研究開始時にはネギ葉枯病に対して農薬登録を有する薬剤はなかったため，有効薬剤を探索した．本研究では培地上での葉枯病菌に対する各薬剤の基礎活性を検定せずに，圃場での防除効果試験において評価した．それは，発生推移調査の結果，本病の斑点病斑は主にべと病発生後に二次的に葉枯病菌が感染して発生する病斑であることが明らかとなり(三澤 2008c)，薬剤防除においても斑点病斑発生の足がかりとなるべと病に対する防除効果が斑点病斑の防除効果に大きく影響を与えることが明らかとなった(三澤 2009c)ためである．すなわち，葉枯病菌に直接殺菌効果を示さない薬剤であっても，べと病

に対して高い防除効果を示す薬剤であれば，自ずとその後に発生する斑点病斑の発生を抑制することができる．そのため，本病に対する有効薬剤をスクリーニングする際は，圃場で評価することが効率的である．また，圃場での発病調査においては葉枯病だけではなく，べと病およびさび病の発生量も調査し，各薬剤の防除効果発現の機作を解明しておくことが重要である．

本研究において防除効果が明らかとなった 10 薬剤のうちシメコナゾール・マンゼブ水和剤(×600，収穫 30 日前まで，3 回以内)，TPN フロアブル(×1,000，収穫 14 日前まで，3 回以内)，アゾキシストロビンフロアブル(×2,000，収穫 3 日前まで，4 回以内)，イミノクタジン酢酸塩・ポリオキシン複合体水和剤(×1,500，収穫 14 日前まで，3 回以内)，アゾキシストロビンフロアブル・TPN フロアブル(×1,000，収穫 14 日前まで，3 回以内)およびイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤(×2000，収穫 30 日前まで，3 回以内)の 6 薬剤がネギ葉枯病に対して農薬登録を取得し，これら薬剤を用いた防除対策の指導が可能となった．

本研究において確立した薬剤散布体系の黄色斑紋病斑に対する防除価は 50 前後であった．また，薬剤散布区においても収穫時期が遅くなると黄色斑紋病斑の発生は急激に増加した．さらに，黄色斑紋病斑の発生が少ない品種「秀雅」も他品種と比較して常に発病が少ないものの，収穫期が遅くなると次第に発病が増加した(データ省略)．以上のことから，本病は薬剤散布だけで発生を抑えることができる病害ではなく，品種「秀雅」の作付け，適期収穫，窒素施肥量・土壌 pH の適正化による総合的な防除対策が必要な病害であると判断した．

本研究で明らかとなったネギ葉枯病の発生生態と防除に関する知見を Fig. 8-1 にまとめた．

病原菌の伝染環と病害の発生：病原菌は罹病葉上と外観健全葉上に偽子のう殻を形成して土壌表面と土壌中で越冬する．偽子のう殻から飛散した子のう胞子が一次伝染源となり，外葉に褐色楕円形病斑を形成する．褐色楕円形病斑(先枯れ病斑＋斑点病斑)上には多量の分生子を形成し，これが飛散し二次伝染を繰り返す．分生子が中心葉に感染すると黄色斑紋病斑を形成する．同病斑上では分生子の再形成が起こらないため，同病斑からの分生子の飛散は起こらない．また，黄色斑紋病斑が褐色楕円形病斑に変化することはない．収穫終盤または収穫終了直後に偽子のう殻の形成がはじまる．ネギ葉枯病の伝染環はネギ栽培圃場だけで完結しており，タマネギ葉枯病およびアスパラガス斑点病発生圃場は本病の伝染源とならない．

発病助長要因：低い土壌 pH，窒素の過剰施用は，本病のいずれの病斑の発生も助長する．べと病の発生は斑点病斑，培土による断根処理は先枯れ病斑の発生を助長する．気温 15～20℃で曇雨天の天候および収穫遅れは黄色斑紋病斑の発生を助長する．

防除対策：品種「秀雅」は黄色斑紋病斑の発生が少ないため，同品種の栽培により黄色斑紋病斑の発生を軽減できる．土壌 pH および窒素施肥量の適正化により，本病のいずれの病斑の発生も抑制できる．シメコナゾール・マンゼブ水和剤を 2 週間間隔で 3 回散布することで，べと病およびそれに引き続いて発生する斑点病斑を防除できる．同剤の散布開始時期は 8 月どり作型では 6 月中旬，9 月どり作型では 7 月上旬，10 月どり作型では 8 月中旬で最も防除効果が高い．先枯れ病斑は薬剤散布により発生を軽減できない．収穫前 3 週間の TPN フロアブルおよびアゾキシストロビンフロアブルの散布により黄色斑紋病斑およびさび病を防除できる．8 月どり作型では散布不要，9 月どり作型では収穫 3～2 週間前に TPN フロアブルを 2 回，収穫 1 週間前にアゾキシストロビンフロアブルを 1 回散布，10 月どり作型では収穫 3～2 週間前にアゾキシストロビンフロアブルを 2 回散布で最も防除効果が高い．また，適期収穫により黄色斑紋病斑の発生を抑制できる．

本研究において確立した薬剤散布体系は，葉枯病のみならずネギの主要病害であるべと病・さび病も同時防除できることから「農作物病害虫・除草防除ガイド」(北海道農政部食の安全推進局食品政策課・北海道病害虫防除所編 2011）に掲載され，ネギの地上部病害全般の薬剤防除対策として普及が図られている．また，本研究では品種，施肥，収穫期と葉枯病発生の関係についても解明し，耕種的な防除対策技術を確立した．本研究の成果は，全道のネギ産地において活用されており，黄色斑紋病斑の発生の軽減，ひいてはネギの高品質安定生産に貢献している．

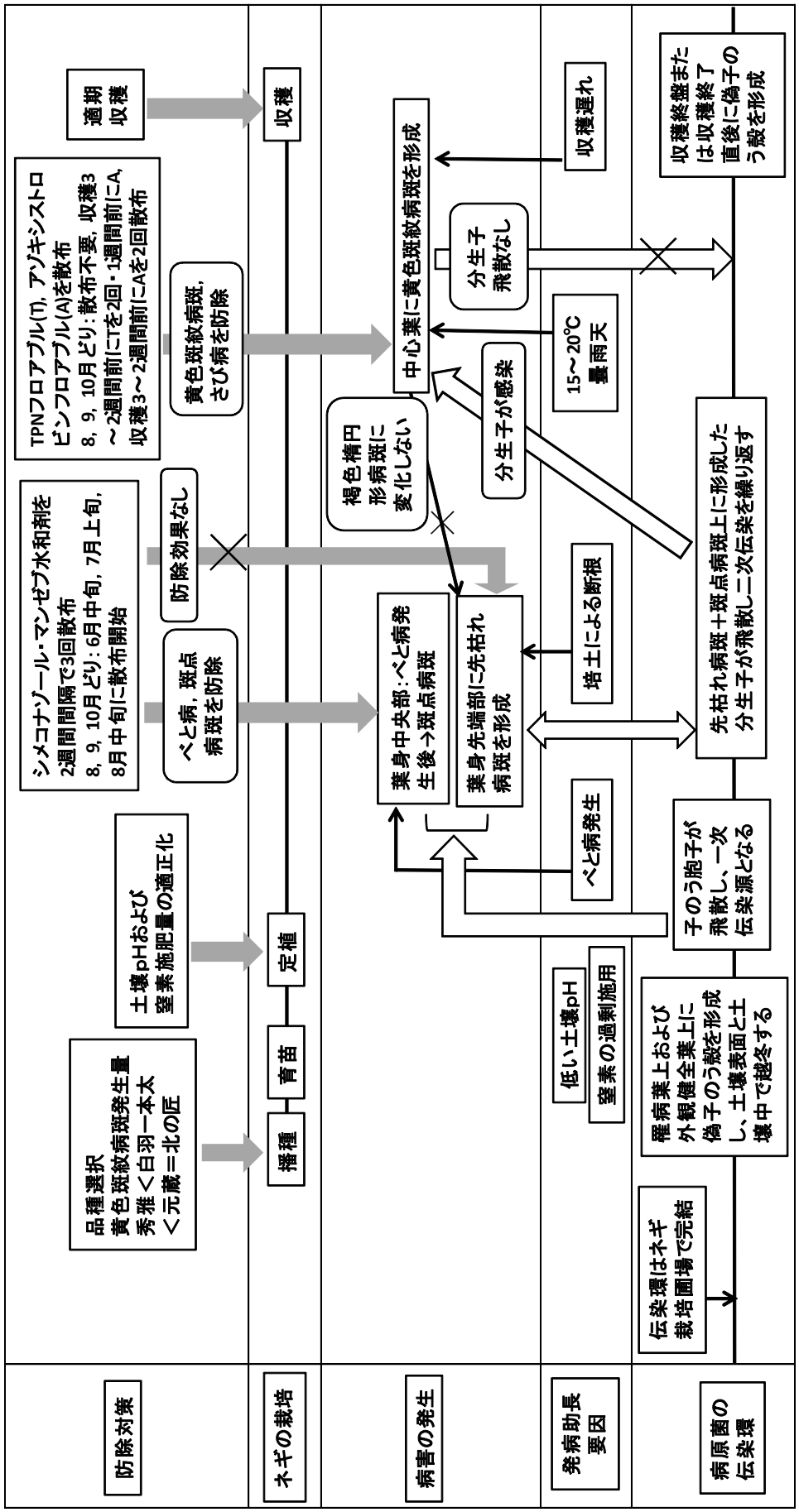


Fig. 8-1. Findings obtained in this study on ecology and control of Welsh onion leaf blight.

引用文献

阿部秀夫(1998) 北海道におけるネギの主要病害の発生生態と対策. ネギ生産の現状と今後の研究方向(農林水産省野菜・茶業試験場編). 安濃, pp.29-38.

安藤利夫(2008) 品種と作型の動向. ネギの生理生態と生産事例(農耕と園芸編集部編). 誠文堂新光社, 東京, pp.15-24.

Barr, M.E.(1990) Some dictyosporous genera and species of Pleosporales in North America. Memoirs of the New York Botanical Garden 62：1-92.

Basallote-Ureba, M.J., Prados-Ligero, A.M. and Melero-Vara, J.M.(1999) Aetiology of leaf spot of garlic and onion caused by *Stemphylium vesicarium* in Spain. Plant Pathol. 48：139-145.

Berkeley, M.J.(1838) Notices of British fungi, 3, *Macrosporium sarcinula*. Ann. Mag. Nat. Hist. 1：261.

Bongini, V.(1931) Sur una vaiolatura del trifoglio e dell' erba medica. La Difesa delle Piamte Ⅸ, 4：1-3.

Câmara, M.P.S., O'Neill, N.R. and van Berkum, P.(2002) Phylogeny of *Stemphylium* spp. based on ITS and glyceraldehydes-3-phosphate dehydrogenase gene sequences. Mycologia 94：660-672.

Cesati, V. and de Notaris, G. (1863) Schema di classificazione degli Sferiacei Italici aschigeri piu o meno appartenenti al genere *Sphaeria* nell'antico significato attribuitogli de Persoon. Comm. Soc. Critt. Ital. 1：177-240.

Cho, H.S. and Yu, S.H.(1998) *Stemphylium vesicarium* on garlic and other *Allium* spp. in Korea. Korean J. Plant Pathol. 14：567-570.

張　天宇(2009) 中国真菌志　第 31 巻. 科学出版社. 北京. pp. 158-178 (in Chinese).

道南農業試験場・渡島中部地区農業改良普及センター(2004) ねぎ F_1 品種の特性. 北海道農業試験会議(成績会議)資料, 26 pp.

Duthie, J.A. and Campbell, C.L.(1991) Effects of plant debris on intensity of leaf spot diseases, incidence of pathogens, and growth of alfalfa. Phytopthology 81：511-517.

Elliott, J.A.(1917) Taxonomic characters of the genera *Alternaria* and *Macrosporium*. Amer. J. Bot. 4：439-476.

Ellis, M.B.(1971) Dematiaceous hyphomycetes. CMI, Kew, England, 608pp.

Ellis, M.B.(1976) More dematiaceous hyphomycetes. CMI, Kew, England, 507pp.

Falloon, P.G., Falloon, L.M. and Grogan, R.G.(1987) Etiology and epidemiology of Stemphylium leaf spot and purple spot of asparagus in California. Phytopathology 77: 407-413.

Ford-Lloyd, B.V. and Armstrong, S.J. (1993) Welsh onion *Allium fistulosum* L. In Genetic improvement of vegetable crops (eds. Kalloo, G. and Bergh, B.O.), Pergamon Press, Oxford, pp.51-58.

Fries, E.(1832) Systema mycologicum 3. pp.373-375.

福西　務(1977) *Stemphylium* 属菌によるニンニクの葉枯病(新称). 日植病報 43：86 (講要).

福西　務・都崎芳久・上原　等(1977) タマネギの葉枯性病害について. 日植病報 43：320 (講要).

Gilchrist, D.G. and Simmons, E.G.(1990) Stemphylium leaf spot, In Compendium of alfalfa diseases (eds. Stuteville, D.L. and Erwin, D.C.), APS Press, Minnesota, pp.17-20.

原　摂祐(1954) 日本菌類目録. 日本菌学会, 岐阜, 447 pp.

北海道農政部食の安全推進局食品政策課・北海道病害虫防除所編(2011) 平成 23 年度北海道農作物病害虫・除草剤ガイド. ねぎ. 札幌, pp.144-147.

北海道野菜地図編集委員会編(2011)北海道野菜地図(その 34). 北海道農業協同組合中央会・ホクレン農業協同組合連合会, 札幌, 172pp.

北海道植物防疫協会編(2004) 北海道病害虫防除提要. 北海道植物防疫協会, 札幌, 811pp.

市川和規(1992) 宿根アスター斑点病の発生と防除. 植物防疫 46(11)：434-436.

市川和規・佐藤豊三(1994) *Stemphylim vesicarium* による宿根アスター斑点病. 日植病報 60：523-526.

出田　新(1911) *Macrosporium parasiticam* Thün. 日本植物病理学. 裳華房, 東京, pp.772-773.

出田　新(1925) 葱ノ葉枯病. 続日本植物病理学. 裳華房, 東京, pp.324-325.

稲葉忠興(2002) べと病のはなし. タキイ種苗株式会社,

京都，64pp.

位田晴久・山崎　篤(2008) 原産・来歴と品種分化．ネギの生理生態と生産事例(農耕と園芸編集部編)．誠文堂新光社，東京，pp.7-14.

柿嶌　眞・堀江博道(2006) *Puccinia allii* (de Candolle) Rudolphi．植物病原アトラス：目で見るウイルス・細菌・菌類の世界(米山勝美・夏秋啓子・瀧川雄一・堀江博道・有江　力編). ソフトサイエンス社, 東京, p.173.

管野博英(1998) 宮城県におけるネギの主要病害の発生生態と対策．ネギ生産の現状と今後の研究方向(農林水産省野菜・茶業試験場編)．安濃，pp.39-48.

管野博英・大久保博人(1997) *Stemphylim botryosum* によるリーキ葉枯病(新称)．北日本病虫研報 48：218 (講要).

岸　國平(1987) 植物病理学におけるルーペの世界．日植病報 53：275-278.

岸　國平・我孫子和雄(2002) ネギさび病・べと病．野菜病害の見分け方・診断と防除のコツ．全国農村教育協会，東京，pp.258-261.

Koike, S.T., Henderson, D.M. and Butler, E.E.(2001) Leaf spot disease of spinach in California caused by *Stemphylim botryosum*. Plant Dis. 85：126-130.

Köhl, J., Groenenboom-de Haas, B. H., Goossen-van de Geijn, H., Speksnijder, A., Kastelein, P., de Hoog, S. and Gerrits van den Ende, B.(2009a) Pathogenicity of *Stemphylium vesicarium* from different hosts causing brown spot in pear. Eur. J. Plant Pathol. 124：151-162.

Köhl, J., Groenenboom-de Haas, B. H., Kastelein, P., Rossi, V. and Waalwijk, C.(2009b) Quantitative detection of pear-pathogenic *Stemphylium vesicarium* in orchards. Phytopathology 99：1377-1386.

近藤則夫・佐々木高行・安岡眞二・児玉不二雄(1992) アスパラガス斑点病防除と収量．日植病報 58：148 (講要).

熊沢三郎・阿部定夫(1956) ネギ．総合蔬菜園芸各論(熊沢三郎編)．養賢堂，東京，pp.325-335.

熊沢三郎・勝股広太郎(1965) 葱．蔬菜園芸学論(熊沢三郎編)．養賢堂，東京，pp.280-289.

Llorente, I. and Montesinos, E.(2004) Development and field evaluation of a model estimate the maturity of pseudothecia of *Pleospora allii* on pear. Plant Dis. 88：215-219.

Llorente, I. and Montesinos, E.(2006) Brown spot of pear：an emerging disease of economic importance in Europe. Plant Dis. 90：1368-1375.

Llorente, I., Vilardell, A. and Montesinos, E. (2006) Infection potential of *Pleospora allii* and evaluation of methods for reduction of the overwintering inoculum of brown spot of pear. Plant Dis. 90：1511-1516.

Llorente, I., Vilardell, A., Vilardell, P., Pattori, E., Bugiani, R., Rossi, V. and Montesinos, E. (2010) Control of brown spot of pear by reducing the overwintering inoculum through sanitation. Eur. J. Plant Pathol. 128：127-141.

三澤知央(2008a) *Stemphylim vesicarium* によるネギの黄色斑紋症状．日植病報 74：82 (講要).

三澤知央(2008b) *Stemphylim vesicarium* によるネギ葉枯病の褐色楕円形病斑および黄色斑紋病斑の病斑形成好適条件．北日本病虫研報 59：46-49.

三澤知央(2008c) 北海道におけるネギ葉枯病の発生消長．北日本病虫研報 59：50-55.

三澤知央(2008d) 北海道におけるネギ葉枯病の発生実態．北日本病虫研報 59：56-59.

三澤知央(2009a) ネギ葉枯病の発生生態と総合防除対策．植物防疫 63(8)：513-517.

三澤知央(2009b) 北海道におけるネギ葉枯病菌の菌種構成．北日本病虫研報 60：55-57.

三澤知央(2009c) ネギ葉枯病に対する各種薬剤の防除効果．北日本病虫研報 60：58-62.

三澤知央・埋橋志穂美・佐藤豊三(2011) *Stemphylium botryosum* Wallroth によるネギ葉枯病(病原追加)　日植病報 77：73 (講要).

Misawa,T. and Yasuoka,S.(2012) The life cycle of *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of Welsh onion leaf blight. J. Gen. Plant Pathol. 78：18-29.

武蔵野種苗園(2010) ネギ．武蔵野種苗園総合カタログ 2010-2011．東京，pp.54-59.

Neergaard, P.(1945) Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*．Einar Munksgards, Cophenhagen, 560pp.

日本植物病理学会(2000) 日本植物病名目録．日本植物防疫協会，東京，pp.238-239.

西原夏樹(1969) *Stemphylim botryosum* によるスイートクローバの葉枯病．日植病報 35：234-238.

西川盾士(2010) *Alternaria* とその関連属菌の分類・同定．現場で使える主要植物病原菌類解説－分類・同定から取り扱いまで．植物病原菌類談話会編，つくば,

pp.173-178.

農林水産省統計部(2009) 平成 20 年産春野菜，夏秋野菜等の作付面積，収穫量及び出荷量，平成 20 年産秋冬野菜，指定野菜に準ずる野菜等の作付面積，収穫量及び出荷量．(6)夏ネギ＋秋冬ネギ.

農林水産省統計部(2011) 野菜の国産・輸入別の卸売数量・価額・価格(主要都市の市場計).

渡島中部地区農業改良普及センターねぎプロジェクトチーム(2002) ながねぎ栽培改善の手引きⅠ．渡島管内輸入野菜対策協議会, 59pp.

Padhi, B. and Snyder, W.C.(1954) Stemphylium leaf spot of lettuce. Phytopathology 44：175-180.

Prados-Ligero, A.M., González-Andújar, J.L., Melero-Vara, J.M. and Basallote-Ureba, M.J.(1998) Development of *Pleospora allii* on garlic debris infected by *Stemphylium vesicarium*. Eur. J. Plant Pathol. 104：861-870.

Prados-Ligero, A.M., Melero-Vara, J.M., Corpas-Hervías, C. and Basallote-Ureba, M.J.(2003) Relationships between weather variables, airborne spore concentrations and severity of leaf blight of garlic caused by *Stemphylium vesicarium* in Spain. Eur. J. Plant Pathol. 109：301-310.

Preuss, C.G.(1851) Die Pelze Deutschlands. Heft 30. In：Jacob Sturm's Deutschlands flora, abt. 3. Sturm JW, Nürnberg, pp.73-96.

Rao, N.N.R. and Pavgi, M.S.(1973) *Pleospora allii* on onion from Varanasi. Curr. Sci. 42：734.

Rossi, V., Pattori, E., Giosué, S. and Bugiani, R. (2005a) Growth and sporulation of *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of brown spot of pear, on herb plants of orchard lawns. Eur. J. Plant Pathol. 111：361-370.

Rossi, V., Bugiani, R., Giosué, S. and Natali, P. (2005b) Patterns of airborne conidia of *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of brown spot disease of pears, in relation to weather conditions. Aerobiologia 21: 203-216.

Rossi, V., Pattori, E. and Bugiani, R.(2008) Sources and seasonal dynamics of inoculum for brown spot disease of pear. Eur. J. Plant Pathol. 121：147-159.

Rotem, J., Cohen, Y. and Wahl, I.(1966) A new tomato foliage disease in Israel caused by *Stemphylim botryosum*. Can. J. Plant Sci. 46：265-270.

関口定男(1989) 春まき秋冬どり作型．ネギ・ニンニク・ラッキョウ・ニラ・ワケギ・その他のネギ類(農文協編). 農村漁村文化協会，pp.77-95.

柴田　智・堀内誠三・佐藤　衛・山内智史(2000) ネギに葉枯病を起こす *Stemphylim vesicarium*. 北日本病虫研報　51：62-65.

Simmons, E.G.(1967) Typification of *Alternaria*, *Stemphylium,* and *Ulocladium*. Mycologia 59：67-92.

Simmons, E.G.(1969) Perfect states of *Stemphylium*. Mycologia 61：1-26.

Simmons, E.G.(1971) *Helminthosporium allii* as type of a new genus. Mycologia 63：380-386.

Simmons, E.G.(1985) Perfect states of *Stemphylium* Ⅱ. Sydowia 38：284-293.

Simmons, E.G.(1989) *Macrospora* Fuckel (Pleosporales) and related anamorphs. Sydowia 41：314-329.

Stearn, W. T.(1992) How many species of *Allium* are known ? Kew Magazine 9：180-182.

Suheri, H. and Price, T.V. (2001) The epidemiology of purple leaf blotch on leeks in Victoria, Australia. Eur. J. Plant Pathol. 107：503-510.

鈴井孝仁(1973a) アスパラガス斑点病とその防除．日植病報 39：152-153 (講要).

鈴井孝仁(1973b) アスパラガスの斑点病．日植病報 39：364-366.

Tai, F.L.(1979) Sylloge fungorum sinicorum. Science Press, Academia Sinica, Beiging, p291,p1093 (in Chinese).

高野喜八郎(1999) *Stemphylim* spp.によるスミレ類(パンジー，ビオラ)の葉枯病．北陸病虫研報 47：55 (講要).

武田　悟(2008) 栽培技術と生理生態的特徴とのかかわり(４)土寄せ等栽培管理．ネギの生理生態と生産事例(農耕と園芸編集部編). 誠文堂新光社, 東京, pp.60-66.

棚橋　恵・簑口千鶴・横山和男・尾谷　浩(2008)セイヨウナシに発生した *Stemphylim* sp.による褐色斑点病(新称)について．日植病報 74：183 (講要).

Tehon, L.R. and Daniels, E.(1925) A note on the brown leaf-spot of alfalfa. Phytopathology 15：714-719.

トーホク種苗(2008) ネギ白羽一本太．野菜専科・野菜の種苗カタログ 2007-2008．宇都宮，p.12.

都丸敬一・生越　明・奥田誠一・脇本　哲・羽柴輝良・

平野和弥・加藤　肇・奥　八郎(1992) 新植物病理学. 朝倉書店，東京，pp.9-10.

蔡　竹固・童　伯開(1997) 石蒜科蔬菜黒腐病的発生及防治. 農業世界 176：45-47 (in Chinese).

Uchino, H., Kanzawa, K. and Ui, T.(1986) Stemphylium leaf spot of sugar beet . Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 52：31-38.

Van der Meer (1997) Old and new crops within edible Allium. Acta Hort. 443：17-31.

若生忠幸(2008) 遺伝育種と今後の品種開発の動向. ネギの生理生態と生産事例(農耕と園芸編集部編). 誠文堂新光社，東京，pp.95-102.

Wallroth, F.G.(1833) Flora cryptogamica germaniae, pars post, J. Schrag, Nürnberg, 923pp.

Wang, Y. and Zhang, X.G.(2006) Three new species of *Stemphylium* from China. Mycotaxon 96：77-81.

Wang, Y., Fu, H.B., O'Neill, N.R. and Zhang, X.G.(2009) Two new species of *Stemphylium* from Northwest China. Mycol. Progress：301-304.

渡辺丈吉郎・松田　明(1966) 畑作物に寄生する *Rhizoctonia solani* Kühn の類別に関する研究. 指定試験(病害虫) 7：1-131.

渡部佐知子・森島　裕・香口哲行(2004) 広島県におけるアスパラガス斑点病および褐斑病の発生実態とその薬剤防除法. 広島農技セ研報 76：1-10.

Webster, J.(1985) ウェブスター菌類概論(椿啓介，三浦宏一郎，山本昌木訳). 講談社サイエンティフィック，東京，649 pp.

Wehmeyer, L.E.(1961) A world monograph of the genus *Pleospora* and its segregates. Univ. Michigan Press, Ann Arbor, Michigan, 451pp.

White, T.J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. (1990) Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In PCR protocols: a guide to methods and applications (eds. Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. and White, T.J.) Academic Press, San Diego, pp.315-322.

Wiltshire, S.P.(1938) The original and modern conceptions of *Stemphylium*. Trans. Brit. Mycol. Soc. 21：211-239.

山本和太郎(1961) アルターナリア菌とその類似菌の分類と種属の改変. 植物防疫 15(8)：347-352.

安岡眞二(2004) ネギベと病の発生が収量と品質に与える影響. 北日本病虫研報　55：72-74.

安岡眞二・堀　友子・岩崎暁生・長濱　恵(2004) ねぎの主要病害虫の減農薬防除法. 北海道農業試験会議資料, 66pp.

吉井　甫(1929) 葱の黒斑病(病原菌 *Macrosporium porri* Ellis)に就いて. 病虫雑 16 (8)：466-472.

Yu, S.H.(2001) Korean species of *Alternaria* and *Stemphylium*. Nat. Inst. Agric. Sci. Tech. Suwon, Korea, 212pp.

Zhang, X.G., Wu, Y.M. and Zhang, T.Y.(2003) Taxonomic studies of *Stemphylium* from China. Mycotaxon 85：247-252.

摘　要

ネギの出荷部位である中心葉に発生する黄色斑紋症状は，外観品質を著しく低下させるため，ネギ栽培上の重要な問題となっている．本症状はネギ葉枯病との関係が指摘されているものの,発生原因は未解明である.また,ネギ葉枯病に関する研究知見はこれまでほとんどない.そこで本研究では，黄色斑紋症状の発生原因の解明ならびに同症状およびネギ葉枯病の発生実態，発生生態および防除に関する研究を行なった.

1. 発生実態と被害

2007 年に全道のネギ主産地 32 圃場において葉枯病(従来から発生が知られている褐色楕円形病斑)および黄色斑紋症状の発生実態を調査した結果，いずれの圃場でも褐色楕円形病斑および黄色斑紋症状の発生が確認された．また，両病斑は明確に区分でき，両者の中間的な病徴を示す病斑は認めらなかった．黄色斑紋症状の発病度は 3.1～61.3 であり，本症状による被害が全道的に発生している実態が明らかとなった．また，褐色楕円形病斑は，葉身先端部に発生する先枯れ病斑と葉身中央部に発生する斑点病斑の 2 種類に類別されることおよび同病斑と黒斑病は病徴が酷似し，病徴観察では識別できないことが明らかとなった．両病害を病斑上に形成した分生子の顕微鏡観察により識別した結果，先枯れ病斑では 100%，斑点病斑では 98.3%の病斑で葉枯病菌が確認され，道内のネギに発生している褐色で楕円形の病斑のほぼすべてが葉枯病であることが明らかとなった.

2005～2007 年に実施した発生推移調査の結果，先枯れ病斑は収穫期までに大半の圃場で発病株率 70%以上に達した．斑点病斑は，べと病，さび病，黒斑病が発生したあとに二次的に葉枯病菌が感染して発生し，なかでもべと病発生の影響が大きかった．黄色斑紋症状は平均気温 15～20℃で曇雨天時に発生が増加し，9 月どり作型において 9 月中旬～10 月上旬にもっとも発生が多くなった．また，収穫時期が遅れるほど発生が増加した．黄色斑紋症状が褐色楕円形病斑に変化することはなかった.

斑点病斑は主に外葉に発生するため出荷葉にまで発生することは稀であった．また，葉枯病菌の単独感染による同病斑の発生により収量が減少することはなかった.黄色斑紋症状は，第 1~3 葉に発生するため，発病の大半が出荷部位であり，発生が即被害につながった．同症状が出荷前後の保存中に増加することはなかった.

2. 病原菌の同定と病原性

分離菌の完全世代は，黒色・球形でくちばしを有する偽子のう殻，無色・棍棒状・二重壁の子のう，その内部に長楕円形～スリッパ形・黄褐色で縦横に隔壁を有する子のう胞子を 8 個形成した．これらの形態的特徴より分離菌を *Pleospora* sp.と同定した．不完全世代は，分生子柄および分生子を形成した．分生子柄は先端が膨潤し，貫生により再伸長し，その先端には分生子を単生した.分生子は縦横に石垣状に隔壁を有した．分生子が長方形～長楕円形，縦横比が 1.8~1,9，1～3 個の横隔壁でくびれた菌株を *Stemphylium vesicarium* (Wallroth) Simmons，分生子が俵形，縦横比が 1.4，中央の横隔壁でくびれた菌株を *S.botryosum* Wallroth と同定した.

黄色斑紋症状および褐色楕円形病斑よりそれぞれ分離した *S.vesicarium* をネギ葉に接種したところ,いずれの菌株も中心葉には黄色斑紋症状，外葉には褐色楕円形病斑を形成し，接種菌が再分離され，黄色斑紋症状がネギ葉枯病の一病徴であることが明らかとなった.そのため,本症状を黄色斑紋病斑と呼称することを提案した.

北海道内のネギ主要産地の 23 圃場から採取した罹病葉より褐色楕円形病斑由来 21 菌株，黄色斑紋病斑由来 23 菌株の合計 44 菌株を得，同定した結果，41 菌株が *S.vesicarium*，3 菌株が *S.botryosum* であり，前者が優占種であった.

3. 葉枯病菌の諸性質

ネギ，ニラ，アスパラガスから分離した *S.botryosum* およびネギから分離した *S.vesicarium* は,いずれもネギ,タマネギ，アスパラガスに病原性を示し，寄生性の分化は認められなかった.ネギ葉枯病菌 *S.vesicarium* および *S.botryosum* の培地上における生育適温は 25℃であった．分生子の形成適温は *S.vesicarium* が 15℃，*S.botryosum* が 20℃であった．子のう胞子の形成適温は，両種とも 10℃であった.

4. 葉枯病菌の感染・発病好適条件と伝染環

褐色楕円形病斑の発生好適温度は 10~15℃で生育ステージと発生程度の間に明瞭な関係は認められなかった.一方，黄色斑紋病斑の発生好適温度は 15~20℃で生育が進んだ株ほど発病が多くなる傾向があった．褐色楕円形病斑の形成には 6 時間以上の葉の濡れ時間が必要であり，6~48 時間の間では濡れ時間の増加にともなって発病程

度も増加した．ネギ葉枯病菌をポット栽培ネギの全葉に接種したところ，第 1~4 葉に黄色斑紋病斑，第 4~7 葉に褐色楕円形病斑を形成した．ネギ葉枯病菌は噴霧接種法では発病が認められず，病原性は極めて弱かった．

圃場観察，胞子トラップ，病原菌の分離等の手法により，ネギ葉枯病菌 *S.vesicarium* の伝染環を調査した結果，ネギの生育期間中である 7 月~10 月中旬は褐色楕円形病斑上に多量の分生子を形成し，二次伝染を繰り返した．これが中心葉に感染すると黄色斑紋病斑を形成した．偽子のう殻の形成は生育期間の終盤あるいは収穫終了直後にあたる 10 月下旬に始まった．葉枯病菌は，罹病葉上のみならず外観健全葉上にも偽子のう殻を形成し，土壌表面および土壌中で越冬した．偽子のう殻からは翌春の 3 月中旬～6 月上旬に子のう胞子が飛散し，これが本病の一次伝染源になっていると考えられた．本病の伝染環はネギ圃場内だけで完結していると推察された．

5. 防除対策

10 薬剤の葉枯病，べと病およびさび病に対する防除効果を明らかにした．シメコナゾール・マンゼブ水和剤(×600)は，斑点病斑および黄色斑紋病斑に対して防除価 87 以上の高い防除効果を示した．同剤は，べと病およびさび病に対しても 92～100 の高い防除価を示した．TPN フロアブル(×1000)は，斑点病斑に対して 48～62，黄色斑紋病斑に対して 63～79 の防除価を示したが，べと病およびさび病に対する防除効果は低かった．アゾキシストロビンフロアブル(×2000)は，斑点病斑に対して 78～85，黄色斑紋病斑に対して 37～62 の防除価を示した．また，同剤はべと病に対して 75～82，さび病に対して 99～100 の防除価を示した．いずれの薬剤も先枯れ病斑に対する防除効果は認められなかった．その他の 7 薬剤も斑点病斑および黄色斑紋病斑に対して防除効果を示した．

シメコナゾール・マンゼブ水和剤，TPN フロアブル，アゾキシストロビンフロアブルを用いて葉枯病，べと病およびさび病の発生を抑制できる薬剤散布体系を確立した．すなわち，8 月どり作型では 6 月中旬，9 月どり作型では 7 月上旬，10 月どり作型では 8 月中旬からシメコナゾール・マンゼブ水和剤を 2 週間間隔で 3 回散布したのち，9 月どり作型では収穫 3～2 週間前に TPN フロアブルを 2 回，収穫 1 週間前にアゾキシストロビンフロアブルを 1 回，10 月どり作型では収穫 3～2 週間前にアゾキシストロビンフロアブルを 2 回散布する薬剤散布体系を構築した．

ネギ品種間の黄色斑紋病斑の発病差異を検討し，「北の匠」および「元蔵」では発生が多く，「白羽一本太」では中程度であり，「秀雅」で発生が少ないことを明らかにした．また，窒素の過剰施用および土壌 pH の低下が，黄色斑紋病斑の発生を助長することを明らかにした．

以上のように，本研究ではネギの中心葉に発生する黄色斑紋症状の発生原因，病原菌の諸性質，発病好適条件，病原菌の伝染環を解明するとともに，薬剤散布および耕種的防除対策を確立した．

Studies on the Epidemiology and Control of Welsh Onion Leaf Blight Caused by *Stemphylium vesicarium*

by

Tomoo MISAWA

Summary

Yellow mottle symptoms that form on the inner leaves of Welsh onion (*Allium fistulosum* L.) cause considerable economic damage in the Welsh onion production area of Hokkaido, the northernmost island of Japan, because the symptoms significantly reduce product quality. Some researchers observed that the leaf blight pathogen was involved in the symptoms; however, the cause of the symptoms remains unknown. Furthermore, little information was available on Welsh onion leaf blight. Therefore, the objectives of this study were to reveal the cause of the yellow mottle symptoms, investigate the incidence of Welsh onion leaf blight, elucidate the epidemiology of the pathogen and develop a chemical and cultural control method for the disease.

1. Incidence of Welsh onion leaf blight in Hokkaido and its damage

In the 2007 cropping season, the incidence of Welsh onion leaf blight (brown oval lesions) and yellow mottle symptoms were surveyed in 32 fields located in various regions of Hokkaido. Brown oval lesions and yellow mottle symptoms were found in all fields surveyed. These lesions were distinct, and there were no intergrades between them. Disease severity of yellow mottle symptoms ranged from 3.1 to 61.3, indicating that the symptoms cause considerable damage throughout Hokkaido. Brown oval lesions were divided into two types, leaf tip blight and leaf spot, that form at the tip and center of the leaf, respectively. It was revealed that these brown oval lesions are difficult to distinguish from those of Alternaria leaf spot caused by *Alternaria porri*. Microscopic observations of conidia formed on diseased leaves revealed that almost all the brown, oval lesions that occurred in Hokkaido were leaf blight.

During the cropping seasons from 2005 to 2007, the seasonal incidence of major Welsh onion diseases, i.e. leaf blight, downy mildew and rust disease, were surveyed in ca. ten day intervals. The incidence of leaf tip blight reached up to 70 % prior to harvest. Leaf spots occurred from a secondary infection of the leaf blight pathogen, after the primary occurrence of downy mildew, rust disease and Alternaria leaf spot. In particular, the incidence of downy mildew was greatest among leaf blight affected Welsh onions.

Yellow mottle symptoms increased under cloudy, rainy weather conditions with an average temperature range from 15 to 20 °C, and the symptoms were observed more frequently between mid September and early October just before and during harvest. The symptom incidence increased with a delayed harvest. The symptoms did not progress to brown oval lesions.

Spot lesions rarely occurred in shipping leaves because the lesions are formed mainly on the outer leaves. The yield of Welsh onions did not decrease by the occurrence of spot lesions when formed by infection of leaf blight pathogen only. Most of the yellow mottle symptoms occurred in shipping leaves because the symptoms are formed on the inner leaves. The location of these symptoms significantly reduces product quality. The symptoms did not increase during the storage periods before and after shipping.

2. Identification and pathogenicity of the causal fungus

The perfect state of the isolates formed pseudothecia that were black and globe-like with short beaks, and formed bitunicate asci that were transparent and clavate. They contained eight ascospores that were yellowish brown, and oblong or slipper-shape with

transverse and longitudinal septa. The isolates were identified as *Pleospora* sp. based on their morphology.

The imperfect state of the isolates formed conidiophores and conidia. Conidiophores were mononematous without branches, with swelling at distal ends, developing perccurent proliferation. Conidia were singly formed at the apices of conidiophores, not chained, multiseptate to look muriform with transverse and longitudinal septa. Isolates with oblong or oval conidia, a length / width ratio of 1.8 to 1.9, and constricted at 1 to 3 of the major transverse septa, were identified as *Stemphylium vesicarium* (Wallroth) Simmons. An isolates with subspherical or broadly ovoid conidia, a length / width ratio of 1.4, constricted at the median transverse septum, was identified as *Stemphylium botryosum* Wallroth.

Two *S. vesicarium* isolates, one obtained from a brown oval lesion and one from a sample with yellow mottle symptoms, formed both yellow mottle symptoms on the inner leaves of Welsh onion and brown oval lesions on the outer leaves by inoculation. The inoculated fungus was reisolated, indicating that the yellow mottle symptom is another lesion of Welsh onion leaf blight. I proposed that the symptoms be called ‘yellow mottle lesions’.

Forty-one of 44 isolates obtained from 23 fields located in the main Welsh onion production area of Hokkaido were identified as *S. vesicarium* and the remaining three isolates were *S. botryosum*, indicating that the former is the dominant species.

3. Characteristics of leaf blight pathogen

S. botryosum isolates obtained from Welsh onion, Chinese chives, and asparagus, and *S. vesicarium* isolates obtained from Welsh onion showed pathogenicity to Welsh onion, Chinese chives and asparagus, indicating that there is no parasitic specialization among these isolates.

The optimal temperature for mycelia growth of *S. vesicarium* and *S .botryosum* isolated from Welsh onion was 25 °C. For conidium sporulation the optimal temperature was 15 °C for *S. vesicarium* and 20 °C for *S .botryosum*. The optimal temperature for ascospore sporulation in both species was 10 °C.

4. Optimal conditions for infection and disease and life cycle of the causal agent of Welsh onion leaf blight

The optimal temperature for brown oval lesion formation was between 10 and 15 °C. There was no relationship between the growth stage of the test plants and the severity of the brown oval lesions. The optimal temperature for yellow mottle lesion formation was between 15 and 20 °C, and older plants were more susceptible than young plants to the lesions.

Conidia required more than 6 h of continuous leaf wetness to cause brown oval lesions by inoculation on Welsh onion, and severity of the lesions increased with increasing leaf wetness between 6 and 48 h. Inoculation with *S. vesicarium* conidia on all leaves of potted Welsh onions, caused yellow mottle lesions to form on inner leaves and brown oval lesions to form on outer leaves. Symptoms of leaf blight on Welsh onion leaves were not observed by spray inoculation with the fungal conidia, indicating that the fungal virulence was weak.

The life cycle of the pathogen in terms of the seasonal fluctuation of spore dispersal and its relationship with disease development, pseudothecia formation and pathogen overwintering were investigated using field surveys, spore trappings and fungal isolations. Conidia were trapped throughout the cropping season except before mid June when no ascospores were trapped. Brown oval lesions, which contained a large number of conidia, usually occurred in July followed by yellow mottle lesions with an increased number of trapped conidia. These observations suggest that the conidia released from the brown oval lesions play an important role as a secondary inoculum source of the disease and lead to the development of yellow mottle lesions. Pseudothecia on leaves were first observed at the end of the cropping season or immediately after harvest (late October). The pathogen overwintered as pseudothecia produced on leaves with or without symptoms. Ascospores failed to be trapped in the field immediately before and at the beginning of the cropping season in April to May. However, pot experiments demonstrated that ascospores were released from leaf debris in November and rapidly increased in number after snow melt. This evidence suggests that the ascospores of *Pleospora* sp. are the primary inoculum source of Welsh onion leaf blight.

5. Chemical and cultivated control of Welsh onion leaf blight

The control effectiveness of ten fungicides against leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion were evaluated.

Simeconazol・manzeb wettable powder (×600) was highly effective, with a protective value of more than 87, against spot lesions and yellow mottle lesions. The fungicide was also highly effective, with a protective value of 92-100, against downy mildew and rust disease. Tetrachloroisophthalonitrile (TPN) flowable (×1000) was effective, with a protective value of 48-62, against spot lesions and it had a protective value of 63-79 against yellow mottle lesions. However, its effectiveness against downy mildew and rust disease was low. Azoxystrobin flowable (×2000) was effective, with a protective value of 78-85, against spot lesions and had a protective value of 37-62 against yellow mottle lesions. In addition, the fungicide was highly effective, with a protective value of 75-82, against downy mildew and had a protective value of 99-100 against rust disease. No fungicide was effective against leaf tip blight. The other seven fungicides tested were also effective against spot lesions and yellow mottle lesions.

In Hokkaido, Welsh onion plants are harvested in August, September and October, which are cropping seasons 1, 2 and 3, respectively. The application schedule of three fungicides in each cropping season for the suppression of leaf blight, downy mildew and rust disease of Welsh onion was established. Simeconazol・manzeb wettable powder was sprayed three times at 2-week intervals from mid June, early July and mid August in cropping seasons 1, 2 and 3, respectively. Then, in cropping season 2, TPN flowable was sprayed two times in the second and third weeks prior to harvest and Azoxystrobin flowable was sprayed once a week before harvest. In cropping season 3, Azoxystrobin flowable was sprayed two times in the second and third weeks prior to harvest.

The severity of yellow mottle lesions on four Welsh onion cultivars were evaluated in the field. Among the tested cultivars, disease severity in cv. Kitano-takumi and Motokura was high, in cv. Shirahane-ipponbuto the severity was average and in cv. Syuga it was low. Excess nitrogen applications and a decrease in soil pH encourage the occurrence of yellow mottle lesions.

This study revealed the cause of yellow mottle symptoms and characterized the leaf blight pathogen. The optimal conditions for infection and the life cycle of the leaf blight pathogen were also determined. In addition, a chemical and cultural control method for Welsh onion leaf blight was established.

図版説明

Explanation of plates

Plate Ⅰ

Symptoms of Welsh onion leaf blight

A. Brown oval lesions formed in the tip of outer leaves(Leaf tip blight)

B. Brown oval lesion formed in the center of outer leaf (Spot lesion)

C. Yellow mottle lesions formed in the inner leaf

Plate Ⅱ

Fungi observed on diseased leaves

A. Conidia and conidiophores of *Stemphylium vesicarium* on brown oval lesions *Bar* ：50μm

B. Conidia of *S. vesicarium* on yellow mottle lesions *Bar* ：50μm

C. Conidia of *S. vesicarium* and *Puccinia allii* on spot lesions *Bar* ：50μm

D. Conidia of *S.vesicarium* and *Peronospora destructor* on spot lesions *Bar* ：50μm

Plate Ⅲ

A. Spot lesions of leaf blight disease formed in the center of Welsh onion leaves after the occurrence of downy mildew

B. Spot lesions caused by *S.vesicarium* and *Alternaria porri*

C. Spot lesions of leaf blight disease formed in the center of Welsh onion leaves after the occurrence of rust disease

Plate Ⅳ

Morphology of the pathogen of Welsh onion leaf blight on V8 juice agar cultures

A. Pseudothecium of *Pleospora* sp. *Bar* ：100μm

B. Asci of *Pleospora* sp. enclosing eight ascospores. *Bar* ：30μm

C. Ascospores of *Pleospora* sp. *Bar* ：10μm

D. Conidiophore of *S.vesicarium* *Bar* ：10μm

E. Conidia of *S.vesicarium* *Bar* ：10μm

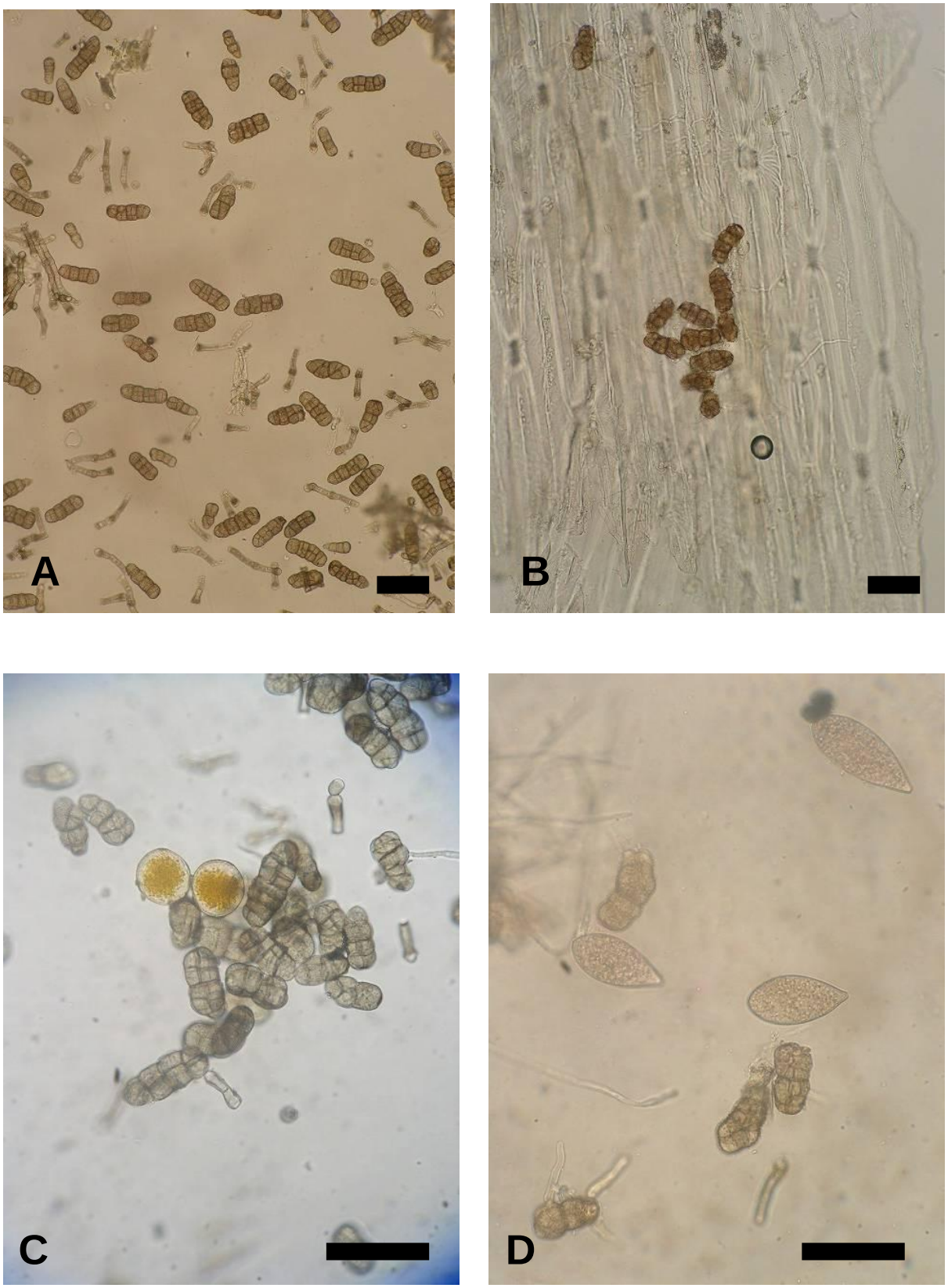
F. Conidium of *S.botryosum* *Bar* ：10μm

Plate Ⅴ

The life cycle of *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of Welsh onion leaf blight

Plate I

Plate Ⅱ



PlateⅢ

PlateⅣ

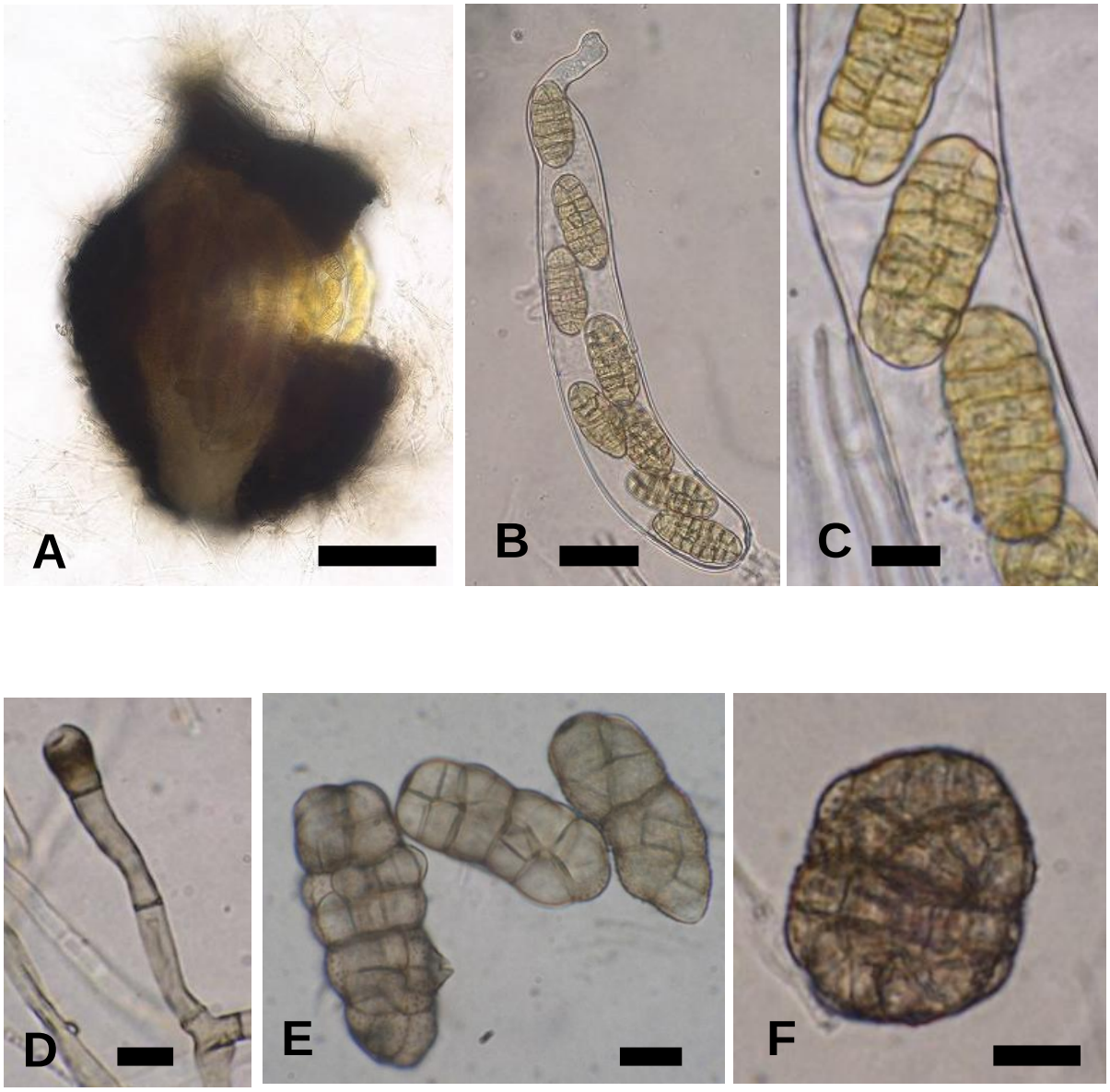
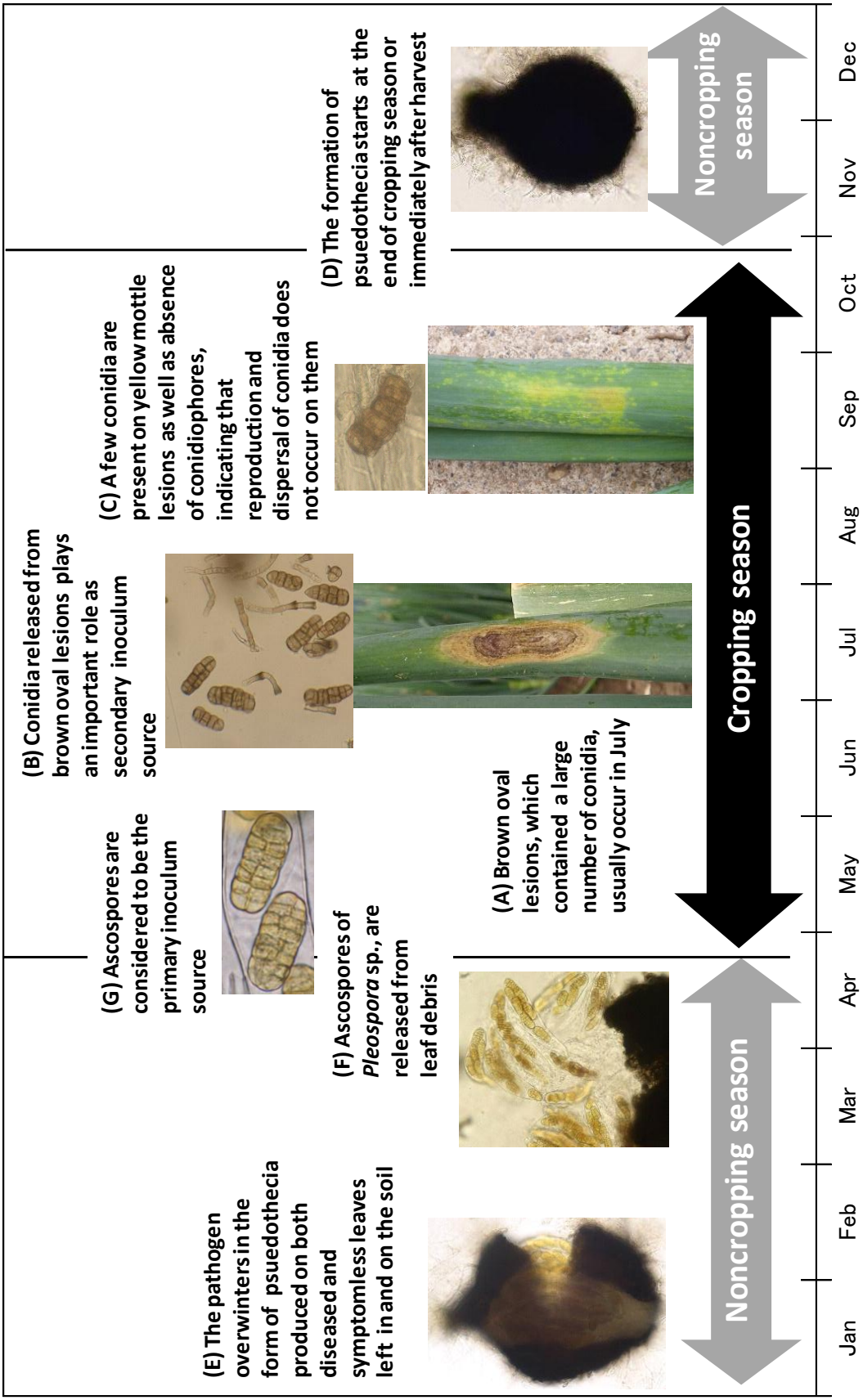


Plate V


(E) The pathogen overwinters in the form of psuedothecia produced on both diseased and symptomless leaves left in and on the soil
(G) Ascospores are considered to be the primary inoculum source
(B) Conidia released from brown oval lesions plays an important role as secondary inoculum source
(F) Ascospores of *Pleospora* sp., are released from leaf debris
(C) A few conidia are present on yellow mottle lesions as well as absence of conidiophores, indicating that reproduction and dispersal of conidia does not occur on them
(A) Brown oval lesions, which contained a large number of conidia, usually occur in July
(D) The formation of psuedothecia starts at the end of cropping season or immediately after harvest
Noncropping season
Cropping season
Noncropping season
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec

ISSN　2186-1064

北海道立総合研究機構　農業試験場報告
第 132 号

ネギ葉枯病の発生生態と防除に関する研究

著者　三　澤　知　央

平成 24 年 10 月　発行

発行者　北海道立総合研究機構　農業研究本部
道南農業試験場
〒041-1201　北海道北斗市本町 680

印刷所　道活印刷

ISSN 2186-1064

REPORT
OF
HOKKAIDO RESEARCH ORGANIZATION
AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION
No.132

Studies on the Emidemiology and Control of Welsh Onion Leaf Blight Caused by *Stemphylium vesicarium*

---

by
Tomoo MISAWA

Published by Hokkaido Research Organization
Agricultural Research Department
Donan Agricultural Experiment Station
Hokuto, Hokkaido, Japan

October, 2012