

アメダスデータを用いたナシ葉の濡れ継続時間の推定

金子洋平・牛尾進吾

キーワード：ニホンナシ，黒星病，梨病害防除ナビゲーション，アメダス，濡れ継続時間

I 緒 言

千葉県における 2011 年のニホンナシの収穫量は約 38,100 t で全国第一位となっている。主な品種は「幸水」と「豊水」で、それらの最も重要な地上部病害はナシ黒星病(病原菌：*Venturia nashicola*；以下、黒星病とする)であり、近年は多雨によると思われる多発生年が続いている。本病は、3月下旬～4月にかけて芽基部及び被害落葉といった第一次伝染源から飛散した胞子が葉や果実に感染し、その後、病斑上に形成されるすす状の分生子が降雨等により二次伝染を繰り返す。葉ではまず裏面に灰白色の病斑を生じ、ついで黒色のすす状の病斑を生じる。また、果実ではかさぶた上の病斑を生じ、その後にはへこみ、ひび割れを生じるため、直接の減収に至る。このため、3月下旬～7月中旬にかけて、薬剤散布による防除を頻繁に行う必要がある。

これまでに黒星病の感染、発病に対する気象要因(環境要因)に関して、Umamoto (1991) は接種試験により気温、葉の濡れ継続時間と黒星病の発病度の関係を明らかにし、その後、大谷ら (2002) はその関係を Duthie (1997) の報告したモデルに当てはめた。これにより、黒星病の感染危険度(Y)は、気温(t)と濡れ継続時間(w)の2つのデータによって算出できるようになった。なお、この式の中では、黒星病菌の感染適温である15～20℃において、9時間以上濡れ続けることで感染が成立する。その後、この関係式やその他の黒星病の発生生態や防除に関する知見を反映させ、防除要否を判断するための病害防除支援情報システムである「梨病害防除ナビゲーション」が開発された(牛尾ら, 2008)。このシステム中では、前述の2つの時別データから黒星病の感染危険度を日別に算出し、感染好適条件であるか否かを判断している。しかし、濡れ継続時間の観測には専門の高価な装置を必要とする上、ここから随時データを収集して加工することにもコストや時間を要する。このため、「梨病害防除ナビゲーション」の利用は限定的になっている。よって、本システムをより広く普及させるには、濡れ継続時間の観測を要しない簡便なものに改良する必要がある。

気象庁が1974年より提供しているアメダス(AMeDAS: Automated meteorological data acquisition system)は、多くの地点のデータ(降水量(mm)、気温(℃)、風速(m/s)、日照時間(h))をほぼ欠落無しに利用できる。これを用いて「梨病害防除ナビゲーション」を稼働させれば、利便性と普及性が飛躍的に高まるものと予想される。しかし、感染危険度の推定において、気温はアメダスデータをそのまま利用できると推察されるものの、アメダスには濡れ継続時間を推定する上で重要である湿度の観測が無いこと、降雨量は0.5mm刻みであること、ほとんどの場合は観測地点とナシ園はkm単位で離れていることが正確性に影響する。そこで、アメダスの限られた気象データからも、ナシ葉における概ねの濡れ時間を推定する方法が必要となる。

アメダスデータを利用して濡れ時間を推定するモデルとしては、イネいもち病におけるBLASTAM(BLASTとAMeDASの造語)が広く知られている(林・越水, 1988; 越水, 1988)。また、果樹ではリンゴ黒星病について、鈴木ら(2003)が時別の降水量のデータから濡れ時間を推定し、Mills(1951)が作成した感染予測モデルを用い、感染予測をしている。このモデルは、長野県が提供するナシ黒星病の発生予察システムにも応用されている。しかし、長野県と千葉県とは地域間差があることから、本研究では、鈴木ら(2003)のモデルを参考に、千葉地域においてアメダスデータから濡れ時間を推定する「千葉モデル」を考案したので報告する。

II 材料及び方法

1. 濡れ推定モデル

鈴木ら(2003)の報告した濡れ時間推定モデルを「長野モデル」とした。また、これを千葉地域に適合するようにルールを修正、追加したものを「千葉モデル」とし、それぞれ以下に記載した。ただし、いずれのモデルもルールは番号順に適用し、遡らない。

<長野モデル>

ルール1：降水があると濡れが開始する。

ルール2：降水終了後2時間まで、濡れが継続する。

ルール3：降水終了後2時間以内に再度降雨があった場合、濡れは継続している。

受理日 2014年8月4日

ルール4：20時以降に降水があった場合、翌朝7時まで濡れは継続している。

<千葉モデル>

ルール1：降水があると濡れが開始し、降水が終了すると濡れが停止する。

ルール2：ただし、降水が2時間以上連続した場合、その終了の1時間後まで濡れが継続する。

ルール3：ただし、降水が18時(8月は19時)以降にあった場合、翌朝7時(8月は翌朝6時)まで濡れは継続する。

ルール4：ただし、降水が16~17時(8月は16~18時)にあった場合、16~17時(8月は16~18時)の積算日照時間が0.2時間以下の場合、翌朝7時(8月は翌朝6時)まで濡れは継続する。

ルール5：ただし、当日の降雨が無くても、直近の降雨日から3日以内の22時~翌6時については、直近20時間の最高気温が20℃を超え、かつ直近8時間の平均風速が8m/s未満であれば夜露により濡れる。

2. 散水試験1

供試圃場は千葉県農林総合研究センター(千葉市緑区大膳野町、以下、センターとする)の立木仕立て「長十郎」の圃場とした。2012年4月29日の14時から翌日14時まで(0時を除く)2時間置きに、毎回異なる供試樹に背負い式動力噴霧機を用いて水を500~600ml/樹の割合で散布した。その時に併せて以下の基準により葉の濡れの状態を調査し、「長野モデル」の適合性を検証した。区制は1区1樹、反復無しとした。

＋：葉が濡れている

±：葉がわずかに濡れている(葉の一部のみが明らかに濡れている、あるいは夜露による細かな水滴に濡れている)

－：葉が濡れていない

3. 散水試験2

2012年及び2013年のうち、当日の昼間に全くあるいはほとんど降雨のなかった任意の日の16~22時に、1時間置きに毎回異なる供試樹に背負い式動力噴霧機を用いて500~600ml/樹の割合で散水し、翌朝6~8時に前述の基準で濡れの有無を調査した。また、供試圃場の気象データのうち、気温(地上1.5m)、日照時間、降雨量は、圃場から約30m離れた場所に設置した気象観測装置(Campbell社)を用いて測定し、風速はアメダス千葉のデータを用いた。それらの結果から、翌朝までナシ樹が濡れ続ける散水時刻や夜露の発生状況等に関する時刻(以下のa, b, c, d)を判断した。

a：散水による濡れが翌朝まで継続し始める時刻

b：aから継続した濡れが消失する時刻

c：夜露といった散水によらない濡れが観察され始める

時刻

d：cから継続した濡れが消失する時刻

4. 降雨終了後の濡れ継続時間

2007年4月1日~8月31日の8~17時(ただし8月は7~18時)に終了した降雨を調査対象とし、降雨と濡れのデータを比較することで、降雨継続時間と降雨終了後から降雨によって生じた濡れが解消するまでに要した時間(降雨終了後濡れ継続時間)を調査した。降雨の有無の判定には、散水試験2と同じ気象観測装置の特別の雨量データ(mm/時)を用いた。降雨量が0mmを超える場合を降雨があったと判断し、その時間数を降雨継続時間とした。濡れの有無の判定には、前述の気象観測地点からおよそ200m離れたナシ圃場(11号圃)内に設置した気象観測装置(Campbell社)の濡れセンサーを用いた。センサーの特別の濡れ値(濡れた状態である程値が高くなる0~100の値)が80以上を濡れた状態であると判断し、その状態が続いた時間数を濡れ継続時間とした。

5. モデルの濡れ一致時間率

「長野モデル」、 「千葉モデル」の適合性を評価するため、2004年~2007年の各年の3月16日~8月31日(2006年8月8日~31日は除く)の期間内において、前述のナシ圃場(11号圃)内に設置した気象観測装置の実測による濡れの有無と、推定モデルによる濡れの有無について、以下の各状態になった時間数を計数した。

状態1：実測で濡れかつ推定モデルも濡れた状態

状態2：実測で濡れかつ推定モデルで濡れてない状態

状態3：実測で濡れていないかつ推定モデルで濡れた

状態

状態4：実測で濡れていないかつ推定モデルでも濡れていない状態

続いて、以下の式により総時間に対する一致時間率及び実測濡れ時間に対する一致時間率を算出した。

総時間に対する一致時間率 =

$$(\text{状態1} + \text{状態4}) / (\text{調査時間数}) \times 100$$

実測濡れ時間に対する一致時間率 =

$$(\text{状態1}) / (\text{状態1} + \text{状態2}) \times 100$$

6. 「千葉モデル」の日別感染危険度の精度

「千葉モデル」の実用性を検証するため、2006年の3月16日~6月22日のデータを比較した。供試アメダス地点としてアメダス千葉を用い、そのデータを「長野モデル」及び「千葉モデル」に基づいて特別に濡れた状態か否か推定し、大谷ら(2002)及び牛尾ら(2008)の関係式に基づいて日別の黒星病感染危険度を算出した。なお、対照の日別感染危険度は、前述のナシ圃場(11号圃)内に設置した気象観測装置の観測値(気温、濡れの有無)により算出し、比較した。

III 結 果

1. 散水試験 1

2012年4月29日において、14, 16時あるいは翌朝8, 10時に散布したナシ樹は、散水後2時間以内に乾いた(第1表)。一方、18時以降に散布したナシ樹は夜間濡れた状態が継続し、翌朝8時まで濡れていた。また、散水しなかったナシ樹も、20時から翌朝6時までには、わずかな濡れが観察された。

2. 散水試験 2

散水により濡れた状態が翌朝まで続く時刻 a は、概ね17~19時であった(第2表)。また、その濡れが解消する時刻 b は、翌朝6~7時であった。また16時に散水した場合、ナシ樹が乾くまでに要する時間は多くの場合は1時間以内で、1例を除き、1, 2時間で乾いた(データ略)。なお、試験日のうち幾日かは夜間の濡れ継続が観察されない日もみられた。夜露については、発生した日としなかった日があったが、発生した場合は主に22~6時までみられた。

3. 降雨終了後の濡れ継続時間

2007年4月~8月において、8~17時(8月は7~19時)に終了した降雨は40回であった(第3表)。このうち、降雨継続時間が1時間である事例は15例であり、うち降雨中も濡れが生じなかった事例を含めて降雨終了後濡れ継続時間が0時間であった事例は9例、1時間であった事例は3例、2時間以上であった事例は3例であった(うち1例は翌朝まで濡れが継続した)。降雨継続時間が2時間以上である事例は25例であり、うち濡れが生じなかった事例と降雨終了後濡れ継続時間が0時間であった事例は9例、1時間であった事例は9例、2時間以上であった事例は7例であった(うち4例は翌朝まで濡れが継続した)。

4. 各モデルの濡れ一致時間率

2004年~2007年の3月16日~8月31日における各モデルの濡れの適合について、総時間に対する一致時間率は「長野モデル」では90.5%、「千葉モデル」では74.5%であった(第4表)。一方、実測濡れ時間に対する濡れ一致時間率を算出すると「長野モデル」では63.8%、「千葉モデル」では76.2%であった。

5. 「千葉モデル」の感染危険度の精度

2006年3月16日~6月22日における日別感染危険度を比較したところ、4月28日や5月3日等、「千葉モデル」から算出された日別感染危険度は、「長野モデル」から算出された日別感染危険度よりも、圃場内の観測値で算出した対照に近い動きを示した(第1図)。一方、5月

29日は対照の感染危険度が73.8であるにも関わらず、「長野モデル」、「千葉モデル」での感染危険度がそれぞれ0及び1.4である等、大きな誤差が生じる日もみられた。以上のことは、2004~2007年の3月16日~8月31日において、概ね同様の傾向であった(データ略)。

IV 考 察

1. 降雨が夜間の濡れ継続に繋がる時刻とそれにより濡れが終了する時刻

散水試験1において、14, 16時あるいは翌朝8, 10時に散水したナシ樹は2時間以内に乾いた一方で、18時以降に散水したナシ樹は翌朝8時まで濡れた状態が継続し、昼間よりも夜間の濡れが乾きにくい状況がみられた。このことから、昼間の濡れよりも夜間が乾きにくい状況を表現する「長野モデル」は、本試験の結果と概ね適合していた。しかし、「長野モデル」においては「ルール4:20時以降に降水があった場合、翌朝7時まで濡れが継続している」とされているが、本試験の結果、18時以降に降水があった場合、翌朝8時まで濡れている可能性が示唆された。

散水試験2において、散水により濡れた状態が翌朝まで続く時刻 a は概ね17~19時であり、その最頻値は18時であった(第2表)。また、その濡れが解消する時刻 b は翌朝6~7時であった。これらの時刻は、第2表に示した気象要素よりも調査月と関連があると思われる。4~7月は時刻 a, b がそれぞれ18時, 7時, 8月はそれぞれ19時, 6時であると考えられる。以上の結果から、「長野モデル」のルール4を、「千葉モデル」ではルール3(ただし、降水が18時(8月は19時)以降にあった場合、翌朝7時(8月は翌朝6時)まで濡れは継続する)のとおり修正した。

2. 降雨終了後濡れ継続時間

降雨終了後濡れ継続時間について、「長野モデル」では昼間は一律に降雨終了後2時間濡れているとされているが、2時間置きに散水した散水試験1では、より短い時間で濡れが解消すると推定された。また、降雨終了後濡れ継続時間について調査したところ、昼間の降雨時間が1時間である場合、降雨中も濡れが生じないか、濡れ継続時間が0時間である事例が大半であった。このことから、昼間は降雨継続時間が1時間である場合、降雨終了後に濡れは継続しないと仮定するのが妥当と判断した。一方、降雨時間が2時間以上である場合、降雨終了後も濡れが継続する事例が25例中16例と多く、このうち夜間まで濡れが継続した4例を除くと、降雨終了後濡れ継続時間の平均値及び最頻値がともに1時間であった(第3表)。これらの結果を踏まえて、「長野モデル」のルール2(降水終了後2時

間まで、濡れが継続する)を、「千葉モデル」ではルール1(降水があると濡れが開始し、終了すると1時間未満で濡れが停止する)及びルール2(ただし、降水が2時間以上連続した場合、その終了の1時間後まで濡れが継続する)と修正した。

3. 夜露の推定

散水試験1では、18時までに乾いたナシ樹も、20時から翌朝6時までには、散布によらないわずかな濡れが観察されたが(第1表)、これは夜露によるものと考えられた。その一方で、散水試験2では試験日のうち、幾日かは夜露が観察されない日があった他、夜間の濡れ継続が中断した日もみられた(第2表)。

第1表 ナシ樹に対する散水時刻とその後の濡れ状態の推移(2012年)

散水時刻	観察時刻										
	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00
4月29日 14:00	○	-	-	±	±	±	±	±	-	-	-
16:00		○	-	±	±	±	±	±	-	-	-
18:00			○	+	+	+	+	+	+	-	-
20:00				○	+	+	+	+	+	-	-
22:00					○	+	+	+	+	-	-
4月30日 2:00						○	+	+	+	-	-
4:00							○	+	+	-	-
6:00								○	+	-	-
8:00									○	-	-
10:00										○	-
無散布	-	-	-	±	±	±	±	±	-	-	-

注)○:水散布,+:葉が濡れている,±:葉がわずかに濡れている,-:葉が乾いている
2012年4月29日~30日(最高気温27.9℃,最低気温13.7℃,総降水量0mm)にかけて行った。

第2表 散水試験における事例検証(2012年~2013年)

日付	a	b	c	d	16~18時 日照 (時)	翌6,7時 日照 (時)	昼最高 気温(℃)	夜最低 気温(℃)	日較差	直近降雨 からの 経過日数	20~7時 平均風速 (m/s)	備考
2012年												
5月23日	18	7	-	-	0.2	1.0	23.7	13.5	10.2	0(1)	2.8	
7月4日	17	7	20△	7	0.5	0	29.0	21.9	7.1	0(1)	2.9	夜間に小雨,翌朝曇天
7月15日	-	-	-	-	1.3	0.6	31.6	25.1	6.5	1	8.8	夜間,乾いた風が強い
7月19日	-	-	-	-	1.1	0	33.8	19.4	14.4	5	4.9	夜間,乾いた風が強い
8月7日	19	6	21△	6	0.8	0	32.2	22.2	10.0	1	4.0	前日大雨,昼間の気温が低い
8月21日	19	6	22△	6	1.1	1.3	33.3	24.0	9.3	3	4.9	
9月15日	18	×	22	×	0.2	0	30.5	22.1	8.4	3	2.2	翌朝,6:30より降雨,b,d欠調
10月7日	17	7	22	7	0.4	0	28.6	19.0	9.6	2	2.5	昼間,短時間の降雨あり
10月9日	18	7▽	22	7▽	0.1	0	21.8	11.7	10.1	2	3.2	6時の調査なし
10月13日	18	6	-	-	0.5	0	24.9	14.2	10.7	2	2.3	
11月2日	-	-	-	-	0	0	18.7	6.5	12.2	4	2.4	雲無し 乾いた風あり
11月3日	-	-	-	-	0.5	0	18.1	5.1	13.0	5	4.0	雲ほぼ無し 乾いた風あり
2013年												
4月19日	-	-	-	-	0	0	12.3	6.8	5.5	8(12)	2.6	昼間低温で夜間は乾燥した
4月22日	18	7	-	-	0.4	1.1	16.7	1.9	14.8	1	2.3	昼間晴れ
5月5日	18	7	22△	6	1.0	1.1	25.0	11.3	13.7	3	4.2	晴れ
5月14日	17	7	22	6	1.5	0	31.0	14.7	16.3	2	2.8	晴れ
5月23日	18	7	22△	6	1.5	1.5	26.3	12.4	13.9	2(3)	1.6	晴れ
6月5日	17	7	22△	6	0	0	28.8	15.7	13.1	5	4.1	晴れ
6月10日	16	6▽	-	-	×	×	26.3	18.3	8.0	2(10)	2.2	夕方に非常に厚い雲がある
6月22日	17	8	22	7	×	×	26.2	17.4	8.8	0(1)	2.2	夕方曇天 夜晴天 翌朝霧
7月1日	17	7	21	7	×	×	25.5	16.4	9.1	1	2.3	夕方曇天
7月9日	18	6▽	-	-	×	×	35.9	23.8	12.1	4	4.0	晴れ
7月13日	19	7	22△	6	×	×	35.3	23.6	11.7	8	2.1	曇天
7月30日	18	6▽	-	-	×	×	31.4	23.0	8.4	2	2.7	晴れ
8月2日	-	-	-	-	×	×	29.3	20.9	8.4	1(4)	2.7	晴れ
8月3日	19	6	22△	6	×	×	31.2	21.1	10.1	2(5)	3.0	晴れ
8月8日	18	6	22△	6	×	×	34.4	24.9	9.5	2	3.4	晴れ
8月20日	19	6▽	-	-	×	×	33.8	25.9	7.9	7	5.0	21時以降 曇天
8月29日	-	-	-	-	×	×	32.1	25.4	6.7	4	7.1	晴れ

注1) 調査は18時~22時まで,翌6時~8時まで行った。ただし,一部20時までと7時から行った。

a:散水による濡れが翌朝まで継続し始める時刻,b:aから継続した濡れが消失する時刻,

c:夜露といった散水によらない濡れが観察され始める時刻,d:cから継続した濡れが消失する時刻

2) -,a,bでは夜間に濡れ続けることが無かったことを示し,c,dでは夜露が調査時間の範囲で観察されなかったことを示す。

3) 時刻に△が付してある場合は,その時刻以降を示し,時刻に▽が付してある場合はその時刻以前であることを示す。

4) 網掛けで示した箇所は夜間の濡れ時間に影響したと判断した事象を示す。

5) 直近降雨からの経過日数における()内は,軽微な降雨(積算2mm未満)を除去した場合の経過日数を示す。

6) ×は欠調を示す。

第3表 2007年4～8月における8～17時までに終了した降雨の状況

月日	降雨			降雨終了後 濡れ継続時間 (時間) ^{注1)}	備考
	開始時刻	終了時刻	継続時間		
4月2日	9	9	1	0	
4月3日	6	14	9 ²⁾	1	11, 13時に降雨中断
4月9日	14	16	3	0	
4月16日	18	翌9	16	1	
4月18日	15	翌9	18	2	
4月23日	11	12	2	1	
4月25日	0	8	9	1	
	14	14	1	0	
5月1日	13	16	4	—	
5月15日	15	15	1	1	
5月17日	4	11	8	1	
	14	15	2	2	
5月30日	8	11	4	1	
6月1日	9	9	1	1	
6月10日	12	13	2	1	
6月11日	10	12	3	0	
6月12日	11	11	1	—	
6月14日	13	13	1	—	
6月24日	13	17	5	夜間継続 (b=9) ³⁾	更に22～0時まで降雨あり
6月26日	10	10	1	—	
6月29日	14	16	3	—	その後、18時～翌7時濡れ
7月3日	9	9	1	1	前日夕方の降雨より濡れ継続
7月4日	15	15	1	—	
7月10日	11	11	1	0	
	16	17	2	夜間継続 (b=10)	更に20, 22～翌8時まで降雨あり
7月11日	16	16	1	5	夜間濡れ 21時で終了
7月12日	15	17	3	夜間継続 (b=8)	
7月15日	9	14	6	0	
7月17日	7	10	4	1	
	16	16	1	夜間継続 (b=11)	更に21, 23, 翌1, 4, 6, 7時に降雨あり
7月21日	6	8	3	3	
7月22日	2	14	13	1	
7月23日	8	8	1	6	前夜2, 4～6時に降雨
7月30日	12	14	3	3	
8月3日	10	11	2	0	
8月20日	17	18	2	夜間継続 (b=6)	
8月23日	9	11	3	0	
8月29日	14	15	2	1	
8月30日	7	7	1	—	
8月31日	11	11	1	—	

注1) —は降雨中も濡れセンサーによる濡れ値が閾値 (=80) 未満であったことを示す。

2) 11, 13時は降雨が中断した。

3) bの数値は翌日に濡れが終了した時刻を示す。

第4表 各モデルの濡れ時間推定率

モデル名	年	各状態の時間数(時間) ^{注1)}					総時間に対する 一致時間率 (%) ²⁾	実測濡れ時間に対する 一致時間率 (%) ³⁾
		状態1	状態2	状態3	状態4	合計		
長野モデル	2004	482	226	66	3,338	4,112	92.9	68.1
	2005	510	284	83	3,235	4,112	91.1	64.2
	2006	536	316	78	2,589	3,519	88.8	62.9
	2007	422	281	174	3,235	4,112	88.9	60.0
	合計	1,950	1,107	401	12,397	15,855	90.5	63.8
千葉モデル	2004	544	164	900	2,504	4,112	74.1	76.8
	2005	593	201	858	2,460	4,112	74.2	74.7
	2006	644	208	617	2,050	3,519	76.6	75.6
	2007	548	155	940	2,469	4,112	73.4	78.0
	合計	2,329	728	3,315	9,483	15,855	74.5	76.2

注1) 調査期間は2004年～2007年の各年の3月16日～8月31日 (2006年8月8日～31日は除く)

状態1 : 実測で濡れかつ推定モデルも濡れた状態

状態2 : 実測で濡れかつ推定モデルで濡れてない状態

状態3 : 実測で濡れていないかつ推定モデルで濡れた状態

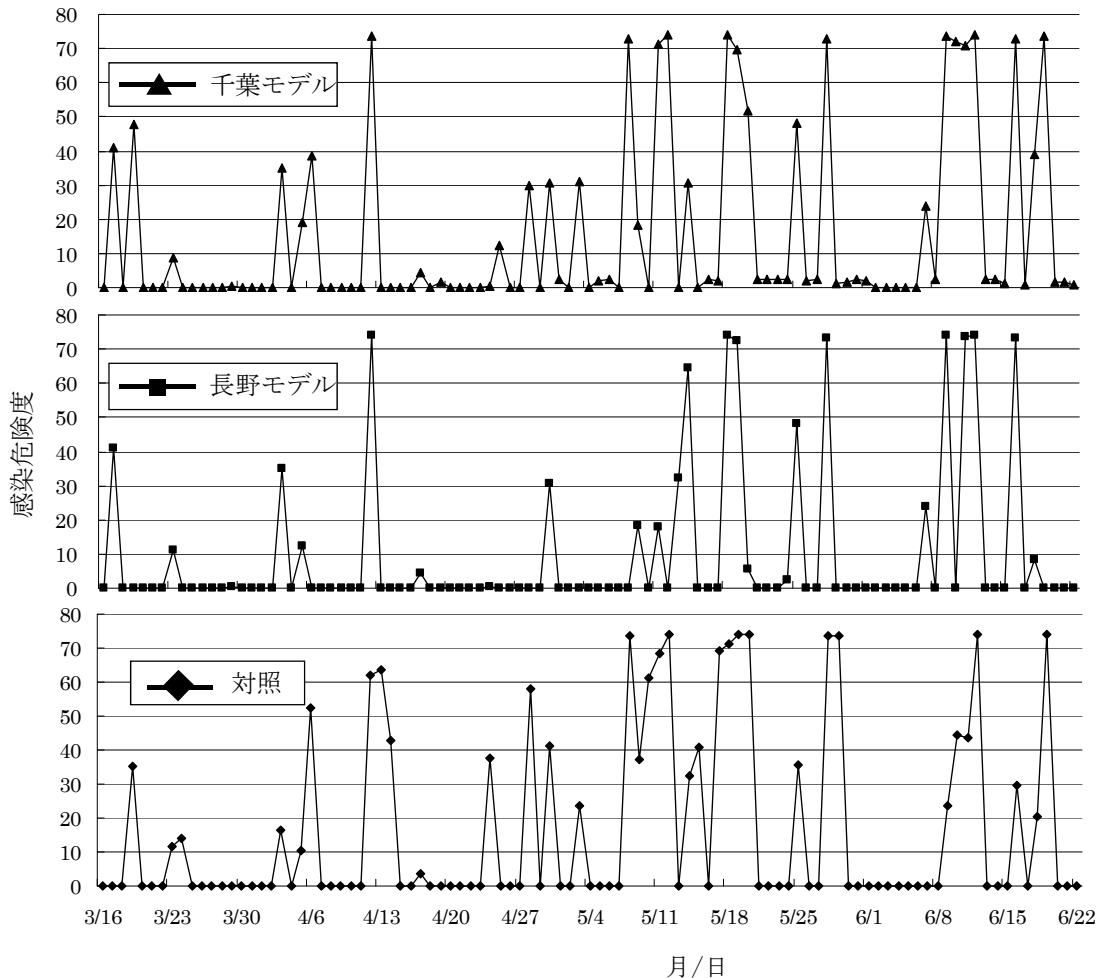
状態4 : 実測で濡れていないかつ推定モデルでも濡れていない状態

2) 調査時間のうち、実測とモデルの濡れの有無が一致した時間の割合。

3) 実測で濡れた時間のうち、モデルで濡れた時間の割合。

一般には、夜露は晴れた日の夜に放射冷却が起きて温度
が下がっている葉に接触している空気の温度が下がり、相

対湿度が上がって結露する現象である。また、風や雲は放
射冷却を妨げるため夜露の発生には負に働く。これらの要



第1図 各濡れ時間推定モデルを用いての日別黒星病感染危険度の比較 (2006年)

注1) 千葉モデルと長野モデルは、アメダス千葉の気象データから推定した濡れ時間を基に感染危険度を算出した。

2) 対照は、ナシ園場内で観測した気温と濡れの有無から感染危険度を算出した。

素のうち、湿度と雲の状況はアメダスデータから得ることができないが、我々は直近の降雨からの経過日数、日最高気温、夜間風速を総合的に判断することで、夜露の発生 の推定を試みた。

まず、散水試験2では、夜露の発生が22～翌6時の時間帯に多かったので、この時間帯を夜露発生の対象とみなした。このような中で、直近降雨からの経過日数が4日以上経過したことで夜露が発生しなかったと推定される日があった(2012年7月19日、11月2、3日、2013年4月19日、6月10日、7月9日、8月20、29日)。また、昼最高気温が20℃以下であることで、夜露が発生しなかったと推定できる日があった(2012年11月2、3日、2013年4月19、22日)。一方、風についてはBLASTAMの場合、風速4 m/s以上を境に濡れの継続を妨げる設定になっている(越水, 1988)。今回の散水試験2では、2012年8月21日(アメダス千葉の夜間風速4.9 m/s)は夜露が観察されたが、2012年7月15日(同風速8.8 m/s)及び2013年8月29日(同風速7.1 m/s)は夜間の濡れ継続

が中断された(第2表)。そこで、ナシ樹ではこのような濡れ の中断が起こる風速の境を8 m/sと推定した。これらの知見から、「千葉モデル」では新たにルール5(直近の降雨からの経過日数が3日以内、かつ昼最高気温20℃を超え、かつ夜間風速8m/s未満では夜露が発生する)を設定した。この夜露の設定では、夜露のみによる最大濡れ継続は9時間であるため、9時間以上の濡れ時間で変動する黒星病感染危険度への影響は少ないが、早朝から降雨があった場合、前夜からの夜露の有無は大きな影響を与える。

4. 各モデルの濡れ一致時間率

2004～2007年の3月16日～8月31日における「千葉モデル」と「長野モデル」の濡れの適合について、総時間に対する一致時間率は「千葉モデル」の方が低かった。「千葉モデル」では、「長野モデル」よりも濡れの可能性を高く推定するため、状態3(実測で濡れていないかつ推定モデルで濡れた状態)となる時間が多いためである(第4表)。この誤差のうち多くは、ルール5による夜露が推定されたことによる(データ略)。しかし、前述の「千葉モデル」

における夜露の濡れ最大継続時間が 9 時間であることから、夜露に連続する降雨が無い限り、状態 3 の誤差は黒星病感染危険度の推定に大きな影響を与えないと考えられた。一方、実測濡れ時間に対する濡れ一致時間率は「千葉モデル」の方が高かった。このことから、千葉地域における黒星病感染危険度の算出には、実測で濡れた時間をより高感度に推定できる「千葉モデル」が適すると考えられた。

5. 「千葉モデル」の感染危険度の精度

アメダスデータを用いて「千葉モデル」で算出した日別感染危険度の推移は、「長野モデル」で算出したものよりもナシ園に設置した気象観測装置から求めたものと近い挙動を示し、十分に実用的であると考えられた。しかし、誤差のみられる日もみられ、その原因としては 2 つが考えられた。

一方は 5 月 29 日のように、まとまった濡れ時間が日付を跨いだか否かによる誤差と思われた。時別の感染危険度から日別の感染危険度を求めるに当たり、最大値を採用しているため、例えば、まとまった濡れが当日の 23 時に終了したか翌 1 時に終了したかで、翌日の感染危険度は大きく異なる。しかし、システムを利用する際に前後の日の感染危険度の推移を総合的に見れば、防除要否を判断する上での支障は無いと判断した。他方に原因不明の誤差が生じる日があった。これは局所的な降雨といったアメダス地点と圃場内の観測地点との気象の相違によるものと思われた。

これまで述べたように、「千葉モデル」では「長野モデル」のルールを千葉地域に適合するように改良したことで、アメダスデータから比較的高い精度でナシ葉の濡れ継続時間を推定できた。今後、他地域においても利用可能か検証する必要があるものの、「千葉モデル」により圃場ごとに気象観測を行わなくても黒星病感染危険度を算出することが可能となり、「梨病害防除ナビゲーション」の利用が増え、防除要否の判断に役立つことが期待される。

V 摘 要

「梨病害防除ナビゲーション」（牛尾ら，2008）は圃場の気象データを用いて運用するため、生産者が利用しにくい問題がある。そこで、本システムを利便的に稼働させるため、アメダスデータ（気温、降水量、日照、風速）からナシ葉の濡れを推定する方法を探索した。鈴木ら（2003）の報告したモデルを基に、散水試験や気象データの検証を行い、アメダスデータから濡れ時間を推定する以下の「千葉モデル」を作成した。

- 1：降水があると濡れが開始し、降水が終了すると濡れが停止する。
- 2：ただし、降水が 2 時間以上連続した場合、その終了の 1 時間後まで濡れが継続する。
- 3：ただし、降水が 18 時（8 月は 19 時）以降にあった場合、翌朝 7 時（8 月は翌朝 6 時）まで濡れは継続する。
- 4：ただし、降水が 16～17 時（8 月は 16～18 時）の場合については、16～17 時（8 月は 16～18 時）の積算日照時間が 0.2 時間以下の場合、翌朝 7 時（8 月は翌朝 6 時）まで濡れは継続する。
- 5：ただし、当日の降雨が無くても、直近の降雨日から 3 日以内の 22 時～翌 6 時については、直近 20 時間の最高気温が 20℃を超え、かつ直近 8 時間の平均風速が 8 m/s 未満であれば夜露により濡れる。

VI 引用文献

- Duthie, J.A. (1997) Models of the response of foliar parasites to combined effects of temperature and duration of wetness. *Phytopathology*. 87: 1088–1095.
- 林 孝・越水幸男（1988）葉いもち発生予察のコンピュータプログラム（BLASTAM）の開発。東北農試研報。78:123–138.
- 越水幸男（1988）アメダス資料による葉いもち発生予察法。東北農試研報。78:67–121.
- Mills, W. D. and A. A. Laplante (1951) Diseases and insects in the orchard. *Comell Exten. Bull.* 711:21–27.
- 大谷 徹・田中 慶・菅原幸治・M. Laurenson・渡邊朋也・梅本清作・竹内妙子（2002）ニホンナシ黒星病感染予測モデルの検証。日植病報。68:200（講要）。
- 鈴木剛伸・岩波靖彦・川合康充・小池英彦・松尾悦雄・藤巻健（2003）AMeDAS 気象情報を利用したリンゴ黒星病感染予測システム。長野県農総試報。6:19–28.
- Umemoto, S. (1991) Relationship between Leaf Wetness Period, Temperature and Infection of *Venturia nashicola* to Japanese Pear Leaves. *Ann. Phytopath. Soc. Japan*. 57:212–218.
- 牛尾進吾・金子洋平・大谷 徹・菅原幸治・田中 慶・梅本清作・竹内妙子（2008）ナシ黒星病防除支援情報システム「梨病害防除ナビゲーション」の開発。関東東山病虫研報。55:55–60.

Using AMeDAS Data to Estimate the Duration of Leaf Wetness of Japanese Pear

Youhei KANEKO and Shingo USHIO

Key words: AMeDAS, Japanese pear, Japanese pear disease control navigation, scab, wetness duration

Summary

For accessible operation of the Japanese pear scab control–support information system known as “Japanese pear disease control navigation”, we estimated the duration of leaf wetness of Japanese pear by using hourly AMeDAS data (temperature, amount of rainfall, hours of sunshine, and wind speed). On the basis of the model reported by Suzuki (2003), as well as the results of an examination of precipitation in an orchard and backtesting of previous data, we constructed the “Chiba model” described below.

1. When a precipitation event starts, a wetness event also starts. The wetness event stops an hour after the precipitation event stops.
2. If the precipitation event continues for over 2 h, wetness continues for an additional hour after the precipitation event stops.
3. If the precipitation event starts between 6 PM and 7 AM the next morning (or, in August, between 7 PM and 6 AM the next morning), wetness continues until 7 AM the next morning (in August, until 6 AM the next morning).
4. If the precipitation event stops between 4 PM and 5 PM (or, in August, between 4 PM and 6 PM), but there is less than 0.2 h of sunshine within this time period, then wetness continues until 7 AM the next morning (or, in August, until 6 AM the next morning).
5. From 10 PM to 6 AM within 3 days of the last precipitation, if the maximum temperature in the last 20 h exceeds 20 °C and the average wind speed in the last 8 h is less than 8 m/s, wetness events will occur as a result of evening mist.