

Virulensundersøgelser af byg- og hvedemeldug i Danmark 1987

Virulence frequencies in powdery mildew populations (Erysiphe graminis f.sp. hordei and Erysiphe graminis f.sp. tritici) in Denmark 1987

Mogens S. Houmøller

Resumé

Nærværende beretning giver et resumé af 1987-resultaterne fra det danske virulens-overvågningsprojekt. Hovedformålet har været at analysere populationer af byg- og hvedemeldug, bl.a. med henblik på varsling af risiko for meldugangreb i de mest dyrkede byg- og hvedesorter. Populationerne er beskrevet ved virulens-frekvenser, som er udregnet på basis af kolonitællinger på småplanter i mobile fangkasser.

Bygmeldug: Der forekom kun mindre populationsændringer i forhold til 1986.

Følgende resistens-grupper havde en god effektivitet, vist ved virulens-frekvenser under 5–10: Ty (Gunnar), Mlo (Apex), Ri (Sewa), Ru (Jenny, Taarn, Romi m.fl.). Desuden havde sorterne Benedicte (MC+?), Hulda (Ly+Kw+?) og Lenka (Ru+?) effektive resistens-kombinationer.

Ri- og Ru-virulens, der har været stigende de seneste par år, viste frekvenser på op til henholdsvis 12 og 13, så der vil i 1988 lokalt være risiko for angreb i sorter med Ri- eller Ru-resistens.

Virulens mod MC, Ar- og Ly-resistens blev fundet med frekvenser, der i gennemsnit varierede fra ca. 20 til ca. 40, hvilket var uforandret i forhold til 1986. La- og We-virulens forekom med de højeste frekvenser, så sorter som Golf og Cerise hører til de mest meldugmodtagelige.

Ved den første registrering i april/maj blev der ikke fundet sikre lokalitetsforskelle, medens der ved undersøgelsen i juni/juli blev konstateret en højere frekvens af Al-, Ar-, og til dels MC-virulens i Jylland sammenlignet med populationerne på Sjælland.

Hvedemeldug: Blandt de dyrkede sorter havde Kosack (Pm 4b), Sleipner (Pm 2+6+8) og Holger (Pm 6) de mest effektive resistensgener, med korresponderende virulens-frekvenser mellem 10 og 15, men med en svagt stigende tendens de sidste par år for de to førstnævnte vedkommende. I år med tidlige og kraftige meldugangreb er der også risiko for angreb i disse sorter, men i de fleste tilfælde først sent i vækstsæsonen.

Sorterne Kraka (Ml-i), Anja (-) og Disponent (Pm 8) var de mest meldug-modtagelige, efterfulgt af Longbow med Pm 2 resistens. Der forekom ingen tydelige regionsforskelle i populationernes sammensætning.

Nøgleord: Meldug, *Erysiphe graminis*, byg, hvede, virulens, resistens.

Summary

The present paper summarizes results obtained in 1987 in the Danish National Virulence Survey. The main object was to analyze the airborne barley and wheat powdery mildew population twice at ten localities. Virulence frequencies were estimated from colony countings on seedlings in mobile nurseries. Results obtained in April/May have been used to forecast early attacks of powdery mildew in commercial varieties during the growth season.

Only minor changes were found in the barley powdery mildew populations from 1986 to 1987.

The following resistances were found to be very effective under Danish conditions: Tu (Ml-a3+Ml-(Tu2)), Ri (Ml-a3), Ru (Ml-a13) and Mlo (ml-o). The varieties Benedicte (Ml-a9+?) and Hulda (Ml-a7+Ml-k+?) also showed quite effective resistances, shown by low corresponding virulence frequencies.

The frequency of Ml-a1 virulence varied on Sjælland from 2-5 and in Jylland from 10-20 in most cases, and this reflects an increase compared to 1986. V-a9, V-a10 and V-a7 were found with frequencies from 20 to 40 on average. V-(La) and V-(ra) were in most cases found with frequencies from 50 to 90.

In April/May there were not seen any significant difference between localities. But later on in June/July, some obvious differences developed between the populations on Sjælland and in Jylland. V-a1, V-a12 and to some extent V-a9, were most frequent in Jylland, and this is in accordance to observations from 1985 and 1986 (4,6).

The wheat varieties Slepner (Pm 2+6+8), Kosack (Pm 4b) and Holger (Pm 6) contained the most effective resistances in wheat varieties on the Danish National List of Varieties. On the other hand, the variety grown most at the moment, Kraka (Ml-i), had corresponding virulence frequencies close to 100, or similar to that of Anja, which was used as susceptible control.

Key words: Powdery mildew, *Erysiphe graminis*, barley, wheat, virulence, resistance.

Indledning

Resistens er betegnelsen for værtplantens evne til af forsvare sig mod angreb af patogener, medens *virulens* er betegnelsen for patogenets angrebs-evne over for en værtplante. Dvs. at begreberne resistens og virulens er to sider af samme sag, og kendskab til patogenernes virulensegenskaber er derfor en forudsætning for en målrettet og effektiv udnyttelse af resistens.

En meldugpopulation består af talrige individer (genotyper), der hver for sig har en ganske bestemt kombination af virulensgener. Fig. 1 viser som eksempel virulens-egenskaberne hos en tilfældig genotype af bygmeldug, og det ses, at dette isolat besidder flere virulensgener samtidig. I praksis betyder det, at hver enkelt genotype af meldug kan angribe flere forskellige sorter, også selv om de besidder forskellige resistensgener.

Alle bygsorter, og de fleste hvedesorter, på den danske sortliste indeholder »specifik« resistens. Ved specifik resistens forstås en resistens, som er effektiv over for visse genotyper af patogenet, men ikke over for andre jf. fig. 1. De genotyper, der kan vokse på en sort med specifik resistens, siges at have virulens over for det pågældende resistens-anlæg. Effektiviteten af en kornsorts meldugresistens bestemmes derfor i høj grad af, hvor hyppigt de forskellige genotyper forekommer, eller mere præcist, med hvilken hyppighed de enkelte virulensgener forekommer i populationen. Denne hyppighed betegnes i det følgende som *virulens-frekvens*.

Ud over den specifikke resistens besidder alle dyrkede kornsorter et niveau af uspecifik (partiel) resistens, der f.eks. kan være betinget af ydre faktorer som plantens bladstilling, behåring,

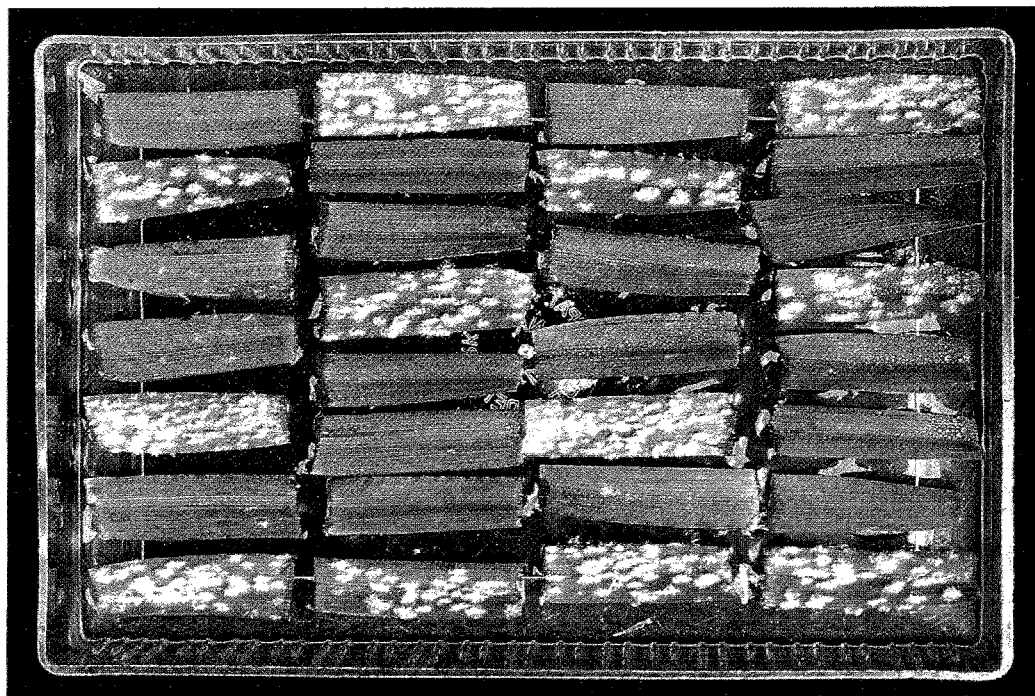


Fig. 1. Virulens-egenskaber hos et isolat af bygmeldug. De viste bladstykker indeholder forskellig specifik resistens.

Virulence spectrum for an isolate of barley powdery mildew. The leaf segments represent different specific resistance genes.

vokslagets tykkelse, eller af helt andre, indre genetisk betingede faktorer. Dvs. at to sorter, som har samme specifikke resistens, godt kan have forskelligt niveau af modtagelighed under markforhold, men i de fleste tilfælde har den specifikke resistens størst betydning.

Forsøgenes udførelse

Populationen af byg- og hvedemeldug blev undersøgt på ti lokaliteter. For bygmelduggens vedkommende som hovedregel på to tidspunkter i vækstsæsonen, medens hvedemelduggen blev analyseret én gang pr. lokalitet.

Sorter af byg og hvede blev sået i kasser i væksthush, hvor planterne fremspirede under meldugfri forhold. Da det første grønne blad netop var fuldt udviklet, blev kasserne placeret på de udvalgte lokaliteter. Kasserne stod ude 4-8 dage, og planterne blev her udsat for naturlig meldugsmitte.

Efter yderligere ca. 10 dage under isolerede forhold i væksthush blev antal meldugkolonier med infektionstype 4 (virulente kolonier) optalt på første blad på hver plante. Virulens-frekvenserne er beregnet på følgende måde:

Virulens-frekvens = det gennemsnitlige antal kolonier på første blad på den enkelte sort, i procent af det gennemsnitlige antal kolonier på de modtagelige kontrolsorter, henholdsvis Pallas (byg) og Anja (hvede).

I tabel 1 ses en oversigt over lokaliteter, eksponeringstidspunkter og smittetryk for både byg- og hvedemeldug. Smittetrykket svarer til det gennemsnitlige antal kolonier pr. plante på første blad på kontrolsorten. Men i øvrigt vil byg- og hvedemeldug i det følgende blive omtalt hver for sig.

Tabel 1. Oversigt over lokaliteter, eksponeringstidspunkter og smittetryk i 1987.

Localities, exposure periods, and average number of powdery mildew colonies per leaf on the susceptible controls. Control variety of barley: Pallas (108 plants), and control variety of wheat: Anja (60 plants).

Lokalitet <i>Locality</i>	Eksponeringstidspunkt <i>Periods of exposure</i>	Smittetryk <i>No. of colonies</i>	
		Pallas	Anja
Abed	28/4-4/5	4,9	-
Abed	17/7-22/7	0,1	2,9
Borris	28/4-4/5	3,5	-
Borris	29/6-3/7	3,3	1,1
Foulum	28/4-4/5	4,3	-
Foulum	4/7-9/7	17,0	5,1
Nr. Åby	28/4-4/5	6,4	-
Nr. Åby	30/6-5/7	-	1,0
Risø	13/7-20/7	3,4	1,3
Roskilde	28/4-4/5	15,1	-
Roskilde	29/6-3/7	45,3	6,2
Rønhave	28/4-4/5	0,4	-
Rønhave	1/7-8/7	1,2	5,3
Sejet	21/4-28/4	2,3	-
Sejet	1/7-6/7	12,0	29,0
Silstrup	28/4-4/5	0,2	-
Silstrup	4/7-8/7	4,0	5,9
Tystofte	29/4-4/5	0,5	-
Tystofte	29/6-3/7	*3,5	1,9

* Optalt på 2. blad/ counted on 2nd leaf

Bygmeldug

Materialer og metoder

I 1987 blev meldugpopulationerne testet på op til 52 forskellige bygsorter og -linier, hvoraf de 30 vigtigste er anført i tabel 2. Symboler for specifik meldugresistens er nævnt i parentes umiddelbart efter hver sort, og de tilsvarende resistensgener er anført i kolonne 2. Der blev benyttet nær-isogene Pallas-linier (11), suppleret med sorter, som enten er eller har været i dyrkning herhjemme.

Pallas-linierne afviger kun fra hinanden mht. deres specifikke resistensgener, medens de dyrkede sorter er forskellige mht. til såvel specifik som uspecifik resistens. Begge kategorier af sorter blev anvendt for at sikre et sammenligningsgrundlag mellem resultater opnået vha. Pallas-linier, med resistens-effektiviteten hos de til enhver tid mest aktuelle sorter i dyrkning. Pallas-li-

nierne blev udsået med seks planter pr. gentagelse i seks gentagelser, medens de øvrige sorter blev udsået i tre gentagelser. Kontrolsorten Pallas blev sået i 18 gentagelser.

I 3. kolonne i tabel 2 ses en »korrektionsfaktor«, som viser forskelle i sorterens areal af 1. blad. Korrektionsfaktorerne kan benyttes, såfremt virulens-frekvensen ønskes angivet pr. bladareal, og i så fald ganges talværdierne i tabel 3, 4, og 5 med de viste faktorer. Det skal understreges, at værdierne er vejledende, idet bladarealet kan variere som følge af forskellige vækstbetingelser, kernestørrelser eller planternes alder.

Bygmelduggen blev ved alle lokaliteter på nær Risø, undersøgt på to forskellige tidspunkter i vækstsæsonen. Den første eksponering i april/maj blev foretaget i vinterbygmarker med sorter uden effektive resistensgener. Ved den anden eksponering (juni/juli) blev der tilstræbt en afstand af mindst 200 m til nærmeste bygmark.

Resultater og diskussion

Som det fremgår af tabel 1, varierede smittetryk- ket meget mellem lokaliteter og tidspunkter. Det kan skyldes forskellige vejrforhold, men også, at angrebsniveauet af meldug i 1987 varierede ganske meget i de forskellige egne af landet.

De viste virulens-frekvenser er et mål for den overordnede risiko for angreb i sorter med korresponderende resistensgener. En høj frekvens indebærer størst risiko for angreb, men er dog ikke nødvendigvis ensbetydende med kraftige angreb. Omvendt vil en frekvens under fem kun undtagelsesvis medføre alvorlige angreb under markforhold.

Effektiviteten hos de specifikke resistensgener

Som det fremgår af tabel 3 og 4 blev der fundet frekvenser varierende fra 0-100 svarende til, at der findes sorter, som har en meget effektiv resistens, mens andre i praksis er fuldt modtagelige for de danske meldugpopulationer. Den mest effektive resistens var også i 1987 Tyrkisk (Ty), som findes i sorten Gunnar. Desuden var Ricardo (Ri) og Rupee (Ru) resistens effektiv i de fleste tilfælde, men der forekommer dog efterhånden lokale

Tabel 2. Oversigt over testsorter, deres specifikke meldugresistensgener, korrektionsfaktorer for forskelligt bladareal, samt sorter med lignende resistens.

Differential varieties of barley, resistance genes, and multiplication factors for difference in leaf area.

Testsorter ^{a)} <i>Differential varieties</i>	Resistens-gener ^{b)} <i>Resistance genes</i>	Korrektions faktor <i>Multiplication factor</i>	Sorter med lignende resistens (Sortsliste 1987) <i>Corresponding varieties on national list of varieties in DK</i>
Pallas	–	1,0	–
P-01 (Al)	MI-a	1,0	Fleet
Tyra (Al)	MI-a, MI-k	0,9	–
Caja (Al+La)	MI-a, MI-(La)	1,0	Vista, Regatta
P-02 (Ri)	MI-a3	0,9	–
Sewa (Ri)	MI-a3, MI-g	0,9	–
Gunnar (Ty)	MI-a3, MI-(Ty 2)	1,1	–
P-03 (Sp)	MI-a6, MI-a14	0,9	Hasso, Mammut
P-04A (Ly+Kw)	MI-a7, MI-k, MI-(No 3)	0,9	{ Akta, Abed, Canor Carlsberg Bente, Catrin Carlsberg Galant Carlsberg
Nordal (Ly+Kw)	MI-a7, MI-k, MI-(No 3)	1,0	
Triumph (Ly+Ab)	MI-a7, MI-(Ab)	1,0	
Lina (Mu+La)	MI-a7, MI-(La)	0,8	
Hulda (Ly+Kw+?)	MI-a7, MI-k, ?	1,1	
P-08A (MC+Kw)	MI-a9, MI-k	0,9	Birka, Toga, Torkel
Welam (MC)	MI-a9	0,9	Roland
Ida (MC+We+Kw)	MI-a9, MI-g, MI-k	1,0	–
Benedicte (MC+?)	MI-a9, ?	1,2	–
P-10 (Ar)	MI-a12	0,9	{ Formula
Grit (Ar)	MI-a12	0,9	
Hockey (Ar+We+La)	MI-a12, MI-g, MI-(La)	0,8	
P-11 (Ru)	MI-a13, MI-(Ru 3)	0,9	{ Anker Sejet, Taarn, Romi Abed Keti
Jenny (Ru)	MI-a13, MI-(Ru 3)	1,0	
Lenka (Ru+?)	MI-a13, ?	0,9	
P-14 (Ra)	MI-(ra)	0,9	Igri, Gerbel, Tapir
P-16 (Kw)	MI-k	0,9	–
P-21 (We)	MI-g, MI-(CP)	0,9	Corgi
P-23 (La)	MI-(La)	1,0	{ Gorm Sejet, Jarl Sejet, Lami Sejet Nery Sejet Cerise, Koru
Vega (La)	MI-(La)	0,9	
Golf (La+We)	MI-(La), MI-g, MI-(CP)	0,9	
Apex (Mlo)	ml-o	1,0	–

a) Symboler for specifik meldugresistens: Ab = Abyssinian, Al = Algerian, Ar = Arabische, Kw = Kwan, La = Laevigatum, Ly = Lyallpur, MC = Monte Christo, Mlo = ml-o, Mu = Multan, Ra = Ragusa, Ri = Ricardo, Ru = Rupee, Sp = Spontaneum, Ty = Tyrkisk, We = Weihenstephan

b) (3, 11, 14) og *H. P. Jensen*, pers. medd.

Table 3. Virulens-frekvenser i bygmeldugpopulationer ved seks lokaliteter i april-maj 1987 (ikke korrigeret for forskelle i bladareal).

Virulence frequencies in barley powdery mildew populations at six localities in Denmark, April-May 1987. The figures are not corrected for differences in leaf area.

		Testsorter af byg/differential varieties of barley												
Lokaliteter/ Localities	Lands- del/ Region	Pallas (+)	P-01 (Al)	P-02 (Ri)	P-04A (Ly + Kw)	P-08A (MC + Kw)	P-10 (Ar)	P-11 (Ru)	P-23 (La)	P-03 (Sp)	P-14 (Ra)	P-16 (Kw)	P-21 (We)	Apex (Mlo)
Foulum	Jylland	100	15	0	34	34	38	2	59	64	80	52	57	0
Borris		100	16	0	13	49	32	8	54	38	86	40	79	3
Sejet		100	5	10	18	25	29	5	71	29	71	34	91	0
Nr. Åby	Fyn	100	3	1	24	24	18	1	45	71	81	39	79	8
Roskilde	Sjælland	100	8	3	19	20	32	3	53	76	109	27	75	4
Abed	Lolland	100	13	19	30	57	49	8	43	90	88	42	59	6
<i>Gns./average</i>		100	10	5	23	35	33	5	54	61	86	39	73	4

populationer med korresponderende virulens-frekvenser op til mellem 10 og 15. Det betyder, at der lokalt kan være risiko for angreb i sorter som Sewa (Ri+We), Jenny (Ru) eller Taarn (Ru), som er nogle af de mest dyrkede sorter med de pågældende resistenser.

Mlo-resistensen var også effektiv, selv om der i enkelttilfælde blev fundet temmelig høje korresponderende virulens-frekvenser. Mlo findes i Danmark kun i sorten Apex, men den vil sandsynligvis være at finde i flere bygsorter i fremtiden. Mlo-resistensen har en speciel virkemekanisme i forhold til øvrige specifikke resistensgener (8), idet resistensen har nogenlunde samme effektivitet over for alle genotyper af meldug. Normalt medfører Mlo-resistensen en reduktion af angrebsniveauet til nogle få procent i forhold til sorter uden specifik resistens.

Desuden havde en række resistenskombinationer en god effektivitet, bl.a. i sorter som Benedicte (MC+?), Hulda (Ly+Kw+?) og Lenka (Ru+?), men som det fremgår, hersker der stadigvæk tvivl om, hvilke resistensgener der eksakt er tale om.

I øvrigt er der kun tale om mindre ændringer i populationernes sammensætning i forhold til 1986. Frekvensen af Ly-virulent meldug varierede i juni/juli generelt fra 30-60, hvilket var nogenlunde uforandret, men det kan dække over betydelige variationer i løbet af perioden. Et eksempel på sådanne variationer ses i tabel 5, hvoraf det fremgår, at frekvensen af Ly-virulens ved Roskilde faldt markant fra sommer til efterår 1986, og endnu et fald frem til foråret 1987, hvorefter der indtrådte en stigning i frekvensen i løbet af vækstsæsonen 1987.

Tabel 4. Virulens-frekvenser i bygmeldugpopulationen ved otte lokaliteter i juni-juli 1987, samt gennemsnitstal for 1985, 1986 og 1987 (ikke korrigeret for forskelle i bladareal).

Virulence frequencies in barley powdery mildew populations at eight localities in Denmark, June-July 1987, compared to results obtained in 1985 and 1986. The figures are not corrected for differences in leaf area.

		Testsorter af byg/Differential varieties of barley																													
Lokaliteter/ Localities	Lands- del/ Region	Pallas (+)	P-01 (Al)	Tyra (Al)	Caja (Al + La)	P-02 (Ri)	Sewa (Ri)	Gunnar (Ty)	P-04A (Ly + Kw)	Nordal (Ly + Kw)	Triumph (Ly + Ab)	Lina (Mu + La)	Hulda (Ly + Kw + ?)	P-08A (MC + Kw)	Welam (MC)	Ida (MC + Kw + We)	Benedicte (MC + ?)	P-10 (Ar)	Grit (Ar)	Hockey (Ar + La + We)	P-11 (Ru)	Jenny (Ru)	Lenka (Ru + ?)	P-23 (La)	Vega (La)	Golf (La + We)	P-03 (Sp)	P-14 (Ra)	P-16 (Kw)	P-21 (We)	Apex (Mlo)
Silstrup	Jylland	100	26	22	10	12	11	-	62	70	31	48	(10)	29	19	23	0	69	37	43	(14)	0	0	68	82	81	50	88	68	82	17
Foulum		100	12	21	21	7	11	0,2	63	96	20	57	(30)	43	74	60	(26)	49	46	46	8	3	1	68	117	100	71	96	82	90	10
Borris		100	12	10	16	2	2	-	32	32	12	59	0	16	28	11	3	22	41	26	2	2	4	73	62	44	57	91	26	65	1
Sejet		100	11	15	14	11	15	0,5	16	32	13	34	2	21	21	18	2	48	50	50	3	2	0	52	70	28	65	76	(16)	(38)	2
Rønhave*		100	21	-	-	9	-	0	27	-	27	-	-	21	0	-	-	55	-	-	13	-	-	76	-	-	72	79	76	84	0
Tystofte**	Sjælland	100	3	5	3	2	8	0	39	69	84	18	2	8	13	5	0	28	43	32	0	4	0	45	83	82	52	86	28	55	1
Roskilde		100	1	1	0,1	3	4	0	48	98	81	9	0,4	3	3	4	0	21	25	9	0,1	0,4	0	38	90	19	93	75	58	97	1
Risø		100	2	4	6	0	0	0	43	31	31	20	0	16	39	20	0	21	23	5	3	0	0	22	56	13	75	46	45	(35)	0
Gns./average	1985	100	21	-	7	0,8	-	0,5	24	-	14	4	-	30	-	14	-	34	-	-	0,4	0,2	-	65	55	-	85	92	46	90	1
Gns./average	1986	100	4	18	3	7	4	0	47	41	32	47	-	30	28	36	-	40	33	39	4	7	-	51	-	63	94	117	70	84	1
Gns./average	1987	100	11	11	10	6	7	0,1	41	61	37	35	1	20	28	20	0,8	39	38	30	4	2	0,7	55	80	53	67	80	50	79	4

* Smittetryk < 2 / No. of colonies below 2 per leaf on Pallas

- Manglende observation / Missing observation

() Usikre / Not verified

** Optalt på 2. blad / Counted at 2nd leaf

Tabel 5. Virulens-frekvenser i bygmeldugpopulationer ved Roskilde forsøgsstation 1986–87.
Virulence frequencies in barley powdery mildew populations at Roskilde during 1986–87.

Tidspunkt/ Period	Smittetryk/ No. colonies (Pallas)	Testsorter og meldugresistens/Differential varieties					
		P-01 Al	P-02 Ri	P-04a Ly+Kw	P-08a MC+Kw	P-10 Ar	P-23 La
1/7–4/7 86	5,3	1	2	74	21	19	21
6/11–15/11 86	4,7	7	2	44	18	41	64
28/4–4/5 87	15,1	8	3	19	20	32	53
29/6–6/7 87	45,3	0,9	3	48	3	21	38
29/7–5/8 87	26,3	0,6	3	57	2	22	11

Der var igen en tendens til stigende frekvens af Al-virulens, efter et fald fra 1985 til 1986. MC-, Ar- og La-virulens var af samme størrelsesorden som i det foregående år, med gennemsnitlige frekvenser på ca. 20 for MC-virulens, ca. 40 for Ar-virulens, og omkring 50 for La-virulens. Sorter med La-resistens alene, eller La- i kombination med We-resistens er derfor stadigvæk de mest meldug-modtagelige i dyrkningen.

Tendensen i disse resultater er i god overensstemmelse med, hvad der tidligere er fundet i nabolande som Storbritanien (17), Vest-Tyskland og Frankrig (12) samt Sverige (15). De mest iøjnefaldende forskelle er en højere frekvens af Al-, og navnlig MC-virulens, i Nord-Tyskland, Danmark og Skåne i forhold til det øvrige nordvest-europæiske område.

Lokalitetsvariationer

Der blev i såvel 1985 som 1986 konstateret betydelige lokalitetsforskelle mellem de sjællandske og de jyske populationer (4,6,12). Bl.a. var Ly-virulens mest udbredt på Sjælland, mens Al- og Ar-virulens forekom hyppigere i Jylland. Noget tilsvarende kunne *ikke* iagttages i det tidlige forår 1987, hvor kun Abed havde en population, som afveg markant fra gennemsnittet, tabel 3. De øvrige lokaliteter havde en overraskende ensartet populations sammensætning.

Senere i vækstsæsonen indtrådte der igen en række markante forskelle mellem lokaliteterne.

Bl.a. var Al- og Ar-virulens igen mest almindelig i Jylland, men i en række andre tilfælde var der også betydelige forskelle inden for regionerne.

Populationsændringer over tid

Ved Roskilde forsøgsstation blev den lokale population undersøgt på fem tidspunkter fra sommeren 1986 til sommeren 1987 med henblik på at registrere en evt. årsvariation. Resultatet fremgår af tabel 5.

Som det ses, skete der betydelige ændringer i løbet af perioden, mest markant fra juli til november 1986. I dette tidsrum undergår populationen kolossale ændringer i størrelse, idet epidemien »topper« midt i juli, medens den når et minimum i august–september, hvor antallet af værtplanter (levende bygplanter) normalt er stærkt begrænset. Desuden optræder meldugsvampens kønnede stadium i denne periode, og det kan give anledning til nye virulenskombinationer.

Fra november 1986 til april 1987, hvor svampen overlevede på vinterbygssorten Igri, skete der færre markante ændringer. Det kan skyldes, at Igri, der kun besidder We-resistens, ikke medfører nogen nævneværdig selektion pga. en korreponderende virulens-frekvens nær 100.

I løbet af forsommeren begynder der igen at opstå ændringer, navnlig stiger Ly-virulens i frekvens. Det skyldes sandsynligvis, at der i en afstand af ca. 100 m både nord og øst for eksponeringsstedet, blev dyrket Triumph-byg, der bl.a.

har Ly-resistens, og sådanne marker vil medføre en stærk lokal selektion i retning af en øget frekvens af Ly-virulens.

En øget frekvens af et virulensgen medfører undertiden lavere frekvens af andre virulensgener. Wolfe (17) påviste under engelske forhold en sådan negativ korrelation mellem Ly-virulens og henholdsvis Ar- og La-virulens. Noget tilsvarende kunne være forklaringen på de markante fald i frekvensen af Al-, MC- og La-virulens i løbet af sommeren 1987 ved Roskilde.

Populationen er således uhyre dynamisk, og påvirkes kraftigt af de sorter, der dyrkes i omegnen. En afstand af 100–200 m til nærmeste byg- eller hvedemark er nok i underkanten af det nødvendige for at sikre en stikprøve, som repræsenterer populationen i et større område. Det gælder specielt i juni-juli hvor epidemiske meldugangreb ofte forekommer i kornafgrøder, med en kraftig selektion til følge.

Hvedemeldug

Materialer og metoder

Til brug for undersøgelser af hvedemeldug-populationerne benyttedes 20 sorter, der bestod af en række internationale differentialsorter, som var suppleret med sorter fra den danske sortliste. De fremgår alle af tabel 6, hvor mulige resistensgener tillige er anført. Alle sorter blev udsået med seks planter pr. gentagelse i fem gentagelser, med undtagelse af kontrolsorten Anja, der blev udsået i ti gentagelser. Den engelske sort Hobbit, der blev anvendt som kontrolsort i 1985 og 1986, har undertiden vist nogen variation i modtagelighed for meldug, men var for sammenligningens skyld også inkluderet i sortimentet i 1987.

Resultater og diskussion

Resultatet af sommerens undersøgelser fremgår af tabel 7, vist ved virulens-frekvenser. Ingen af de undersøgte sorter havde helt effektive resistenser, selv om der blev fundet store forskelle hos de dyrkede sorter.

Der forekom ingen markante ændringer i populationen i forhold til de foregående år (5,7). Der var en svag, men ikke signifikant tendens til sti-

Tabel 6. Oversigt over testsorter, deres meldug-resistensgener, samt korrektionsfaktorer for forskelle i bladareal.

Differential varieties of wheat, resistance genes and multiplication factors for difference in leaf area.

Testsorter <i>Differential varieties</i>	Resistensgener* <i>Resistance genes</i>	Korrektionsfaktor <i>Multiplication factor</i>
Anja	–	1,0
Hobbit	–	0,9
Axminster/Cc8	Pm 1	0,8
Longbow	Pm 2	0,9
Asosan/Cc8	Pm 3a	0,8
Chul/Cc8	Pm 3b	0,8
Sonora/Cc8	Pm 3c	0,8
Khapli/Cc8	Pm 4a	0,8
Armada	Pm 4b	1,0
Kosack	Pm 4b	0,9
Holger	Pm 6	1,0
Disponent	Pm 8	1,0
Kraka	MI-i	1,1
Bert	Pm 6, MI-i	1,0
Brigand	Pm 2, Pm 6	0,9
Kronjuwel	Pm 4b, Pm 8	0,9
Sappo	Pm 4b, ?	0,9
Sleipner	Pm 2, Pm 6, Pm 8	1,2
Timmo	Pm 2, Pm 4b, Pm 6, ?	1,1
Apollo	Pm 2, Pm 4b, Pm 8	–

Cc8 = tilbagekrydset otte gange til Chancellor/eight times backcrossed to 'Chancellor'

* (2) samt Houmøller, 1987 (upubl.)

gende virulens mod Pm 4b (Armada og Kosack) og Pm 2+6+8 (Sleipner). Der var ingen generelle tendenser i retning af lokalitetsforskelle for populationernes sammensætning.

I lighed med tidligere år, forekom (MI-i)-virulens med frekvenser nær 100. Det betød, at den mest dyrkede danske sort gennem de senere år, Kraka, i praksis var lige så meldug-modtagelig som kontrolsorten Anja, der ikke besidder specifik resistens. Virulens mod Pm 8 (Disponent), var ligeledes høj (80–90), medens (Pm 2)-virulens varierede fra 40–90, med en svag tendens til de højeste frekvenser i landets sydlige egne. Dvs. at sorter som Longbow og Citadel efterhånden kan angribes kraftigt af meldug.

Af de dyrkede vinterhvedesorter havde Ko-

Table 7. Virulens-frekvenser i hvedemeldugpopulationer i juni-juli 1987, samt gennemsnitstal for 1985, 1986 og 1987 (ikke korrigeret for forskelle i bladareal).
Virulence frequencies in populations of powdery mildew of wheat at ten localities in Denmark, June-July 1987, compared with results from 1985 and 1986. The figures are not corrected for differences in leaf area.

Testsorter af hvede/Differential varieties of wheat																					
Lokaliteter/ Localities	Landsdel/ Region	Anja +	Hobbit +	Axminster/Cc8 Pm 1	Longbow Pm 2	Asosan/Cc8 Pm 3a	Chul/Cc8 Pm 3b	Sonora/Cc8 Pm 3c	Khapli/Cc8 Pm 4a	Armada Pm 4b	Kosack Pm 4b	Holger Pm 6	Disponent Pm 8	Kraka MI-i	Bert Pm 6, MI-i	Brigand Pm 2, Pm 6	Sleipner Pm 2, Pm 6, Pm 8	Sappo Pm 4, ?	Timmo Pm 2, Pm 4b, Pm 6, ?	Apollo Pm 2, Pm 4b, Pm 8	Kronjuvel Pm 4b, Pm 8
Silstrup		100	98	32	66	-	5	5	36	30	17	22	79	101	37	39	35	3	4	17	24
Foulum	Jylland	100	160	(88)	38	-	9	16	(92)	27	23	11	115	181	6	11	5	3	4	5	1
Borris*		100	95	43	42	-	3	7	20	31	6	17	77	145	11	16	0	3	0	23	37
Sejet		100	69	33	45	10	3	16	26	31	22	33	67	97	33	18	17	5	5	6	10
Rønhave		100	105	48	73	-	0	13	30	28	13	13	77	63	16	24	8	3	9	2	16
Nr. Åby*	Fyn	100	137	72	91	-	15	28	25	8	12	20	77	161	0	13	10	5	0	15	0
Tystofte*	Sjælland	100	50	34	21	-	0	14	13	26	19	15	(36)	80	0	2	7	10	13	10	17
Roskilde		100	41	48	49	8	0	12	32	30	8	4	95	119	7	4	6	2	1	4	6
Risø*		100	102	32	40	3	0	6	22	44	25	3	85	(28)	5	3	16	14	3	0	8
Abed	Lol- land	100	125	30	98	22	3	20	37	27	14	4	82	87	18	12	12	0	1	10	18
Gns.laverage 1985		100	142	-	34	-	-	-	-	20	11	-	114	123	26	17	6	4	-	-	-
Gns.laverage 1985		100	83	45	50	8	3	21	28	16	13	-	86	96	22	9	7	9	-	-	-
Gns.laverage 1987		100	98	41	56	11	4	14	27	28	16	14	84	103	13	14	12	5	4	9	14

* Smittetryk < 2 / No. of colonies below 2 per leaf on Anja

- Manglende observation / Missing observation

() Usikre / Not verified

sack, Sleipner og Holger de mest effektive resistenser, med korresponderende virulens-frekvenser varierende fra 10–20. De tre sorter kan derfor angribes af meldug under markforhold, men et eventuelt angreb vil komme senere, og langt svagere end hos modtagelige sorter.

Endvidere var der en række kombinationer af resistensgener, som havde en god effektivitet, navnlig hvor Pm 4b eller Pm 6 indgik, som f.eks. hos sorterne Bert, Brigand, Sappo, Timmo, Apollo og Kronjuwel.

Der blev fundet virulens mod Pm 1 og Pm 4a med frekvenser fra 20–40, på trods af, at der ikke i Vesteuropa dyrkes sorter med korresponderende resistensgener (1). Der blev tilsvarende fundet virulens mod Pm 3a, Pm 3b og 3c, hvor de samme forhold gør sig gældende, men de blev fundet med lavere frekvenser.

En sammenligning af de danske populationer, med populationerne i Storbritanien, viser markante forskelle. Ifølge *Kints* (10) var virulens mod Pm 2+6 ganske hyppig i Storbritanien i 1986, men også virulens mod Pm 4b var væsentlig mere almindelig, end hvad der er fundet i Danmark. Omvendt forekom virulens mod Pm 8 forholdsvis sjældent, hvor den i Danmark findes i frekvenser nær 100.

Forsøgsusikkerhed

Der er ofte en relativ stor statistisk usikkerhed forbundet med registrering af biologiske data. Ved nærværende forsøg er der en usikkerhed forbundet med udtagning af en repræsentativ stikprøve fra meldugpopulationen. Det skyldes især, at meldug kan spredes over store afstande, så populationen er svær at afgrænse, og samtidig påvirkes den stærkt af selektion pga. resistensgener i de dyrkede sorter. Der kan heller ikke ses helt bort fra såfejl eller tællefejl.

Desuden vil et lavt smittetryk medføre øget usikkerhed. Virulens-frekvenserne i tabel 3, 4 og 7 er derfor kun udregnet i de tilfælde, hvor smittetrykket var højere end 1. De tilfælde, hvor smittetrykket lå mellem 1 og 2, er i tabel 3, 4 og 7 markeret med »*« ud for lokaliteten som udtryk for en større usikkerhed end ellers.

Såfremt det antages, at antallet af meldugkolonier på de forskellige sorter er Poisson-fordelt, vil et smittetryk på 2 i forsøgene med bygmeldug medføre nedenstående 95% konfidensintervaller: (1) Virulens-frekvens $< 5: \pm 2$ procentenheder, (2) virulens-frekvens 25–30: ± 10 procentenheder, (3) virulens-frekvens 45–50: ± 13 procentenheder, og (4) virulens-frekvens 100: ± 20 procentenheder.

I tabel 4 og 7 er manglende observationer markeret med -. Tal omgivet af parantes er endvidere behæftet med betydelig usikkerhed, idet resultatet ikke har kunnet verificeres ved en sideløbende genotypetest (anden testmetode). Det gælder f.eks. den lave frekvens af We-virulens ved Sejet og Risø, eller det store antal kolonier på Hulda og Benedicte ved Silstrup. Tal omgivet af parantes indgår ikke i gennemsnitsberegningerne.

Afsluttende bemærkninger

Sammensætningen af byg- og hvedemeldug populationerne i midten og slutningen af vækstsæsonen 1987 (tabel 3, 4 og 7) kan give en prognose for risikoen for meldugangreb i dyrkede sorter i vækstsæsonen 1988. Der kan, og vil sandsynligvis forekomme nogle ændringer i løbet af efterårs- og vinterperioden, men disse søges kortlagt ved supplerende virulensanalyser 1987/88, og vil løbende blive publiceret i »Planteværnsmeddelelser«.

I løbet af det seneste år er der kun sket mindre ændringer i virulens-frekvenserne i byg- og hvedemeldug populationerne i Danmark. I sådanne situationer kan meldugregistreringer i markforsøg i en vækstsæson give et klart fingerpeg om sorterens modtagelighed i den følgende vækstsæson. En sådan stabil periode kan imidlertid *ikke* forudsiges, hvad situationen i 1970'erne viste (13, 9). Da konstaterede man pludselige og voldsomme populationsændringer over kort tid, hvilket medførte kraftige meldugepidemier. En løbende virulens-overvågning afslører hurtigt og effektivt sådanne ændringer, så der evt. kan tages forholdsregler, inden skaden opstår (16).

Til slut skal fremhæves, at hverken erfaringer fra meldugregistreringer i markforsøg i 1987 eller

virulens-undersøgelser i 1987 kan forudsige styrken af meldugangreb i 1988, da de lokale vækst- og vejrforhold har den afgørende indflydelse på angrebets styrke.

Litteratur

1. Bennett, F. G. A. 1984. Resistance to powdery mildew in wheat: A review of its use in agriculture and breeding programmes. *Plant Path.* 33, 279-300.
2. Briggie, L. W. 1969. Near-isogenic lines of wheat with genes for resistance to *Erysiphe graminis f. sp. tritici*. *Crop Sci.* 9, 70-72.
3. Christensen, E. 1987. Specifikke meldugresistensgener i byg. Risø rapport I-276, 78 s.
4. Houmøller, M. S. 1986a. Undersøgelse af bygmeldug ved virulensanalyser i Danmark 1985. Meddelelse nr. 1865, Statens Planteavlsvforsøg, 4 s.
5. Houmøller, M. S. 1986b. Undersøgelse af hvedemeldug ved virulensanalyser i Danmark 1985. Meddelelse nr. 1866, Statens Planteavlsvforsøg, 4 s.
6. Houmøller, M. S. 1987a. Bygmeldug: Virulensanalyser 1986. Meddelelse nr. 1894, Statens Planteavlsvforsøg, 4 s.
7. Houmøller, M. S. 1987b. Hvedemeldug: Virulensanalyser 1986. Meddelelse nr. 1895, Statens Planteavlsvforsøg, 4 s.
8. Jørgensen, J. H. 1986. Three kinds of powdery mildew resistance in barley. *Proc. 5th Int. Barley Genetic Symp.*, Okayama (in press).
9. Jørgensen, J. H. & Torp, J. 1978: The distribution of spring barley varieties with different powdery mildew resistences in Denmark from 1960 to 1976. *Kgl. Vet.- og Landbohøjskole, Årsskr.* 1978, 27-44.
10. Kints, T. M. S. van 1987. Mildew of wheat. U. K. Cereal Pathogen Virulence Survey, Annual Report 1986, 7-14.
11. Kølster, P.; Munk, L.; Stølen, O. & Løhde, J. 1986. Near-isogenic barley lines with genes for resistance to powdery mildew. *Crop Sci.* 26: 903-907.
12. Limpert, E. 1987. Frequencies of virulence and fungicide resistance in the European barley mildew population in 1985. *J. Phytopath.* 119, 298-311.
13. Stapel, C. & Hermansen, J. E. 1972. Om »den fortabte« meldugresistens med særlig henblik på bygsorterne Emir og Lofa. *Landbonyt* 26, 279-285.
14. Torp, J.; Jensen, H. P. & Jørgensen, J. H. 1978. Powdery mildew resistance genes in 106 northwest European spring barley varieties. *Kgl. Vet.- og Landbohøjskole Årsskr.* 1978, 75-102.
15. Wiik, L. 1987. Cultivars of spring barley and powdery mildew (*Erysiphe graminis f. sp. hordei*) in Sweden. I: Integrated Control of Cereal Mildews: Monitoring the Pathogen. M. S. Wolfe & E. Limpert (eds). *Martinus Nijhoff Publ.*, 103-110.
16. Wolfe, M. S. & Schwarzbach, E. 1975. The use of virulence analysis in cereal mildews. *Phytopath. Z.*, 82, 297-307.
17. Wolfe, M. S.; Slater, S. E.; & Minchin, P. N. 1987. Mildew of barley. U. K. Cereal Pathogen Virulence Survey, Annual Report 1986, 26-33.