

Statens plantepatologiske Forsøg (H. Ingv. Petersen)

Zoologisk afdeling (K. Lindhardt)

Prøveudtagningens teknik og værdi ved undersøgelser af havrenematopopulationer fra markforsøg

Methods and value of soil sampling for the purpose of determining the population size of Heterodera avenae in fields

Jørgen Jakobsen

Indledning

Den foreliggende beretning beskæftiger sig med jordprøveundersøgelser til kvantitativ bestemmelse af havrenematopopulationer i markforsøg. Der gives en kort gennemgang af de vigtigste metoder til kvantitativ bestemmelse af cystedannende nematoder og disse metoders forudsætninger samt en vurdering af værdien af jordprøveundersøgelserne fra markforsøg ved hjælp af statistiske analyser.

Der er foretaget variansanalyse af det foreliggende materiale til vurdering af jordbehandling, kvælstoftilførsel, kornart og årenes indflydelse på populationsstørrelsen samt en korrelationsanalyse til belysning af sammenhængen mellem de fundne populationsstørrelser og udbyttet.

Metoder til kvantitativ bestemmelse af cystedannende nematoder i jord

Metoder til separation af nematodcyster fra jord er fortrinsvis baseret på en udnyttelse af vægtfyldeforskelle mellem cyster og jordpartikler. Men også andre metoder, der udnytter forskelle på partiklernes, henholdsvis cysternes form, er udviklet. Til slemning af jordprøver anvendes vand; til sortering af cyster fra andre organiske partikler anvendes tillige væsker med anden vægtfylde end vand (acetone, opløsning af magnesiumsulfat).

I den senere omtalte metodeundersøgelse

indgik tre forskellige apparater: I. Et af Seinhorst (1964) konstrueret slemningsapparat, II. Fenwick-kande modificeret af Oostenbrink (1950) og III. Fenwick-kande yderligere modificeret af Andersen (1961). Apparaterne er i princippet ens. Seinhorsts apparat kan anvendes til fugtige jordprøver, Fenwick-kanden anvendes til tørre jordprøver.

Efter slemning i ovennævnte apparater, hvor nematodcyster samt andet organisk materiale bliver opsamlet på en sigte med en maskestørrelse på 250 μm , bliver den endelige sortering foretaget under mikroskop jfr. Seinhorst (1964). Cysterne bliver derefter knust og opslemmet i vand. Fraktioner på 1 ml af opslemningen bliver udtaget, og indholdet af æg og larver i disse bliver talt under stereomikroskop. Ud fra disse tal beregnes indholdet af æg og larver for den ønskede enhed jord.

Sammenlignende undersøgelse af metoderne

På Statens plantepatologiske Forsøg blev i 1967 foretaget en sammenligning af de førnævnte apparattyper. Resultaterne fremgår af tabel 1.

Tabel 1

	Gennemsnitstal	Standardafvigelse	Ant. prøver à 250 g jord
Metode I	16.600	5.900	64
» II	19.700	8.800	63
» III	23.600	6.800	62

Gennemsnitstallene er en beregnet størrelse for antal æg og larver pr. kg jord.

Den anvendte jord blev taget fra et areal på Statens plantepatologiske Forsøg, hvor der var opformeret havrenematoder gennem en år-række. Efter tørring og sigtning blev jorden omhyggeligt blandet og delprøverne udtaget. Det samlede antal delprøver blev delt tilfældigt til de tre metoder.

Enkeltresultaterne er testet med en histogram-analyse med en beregning af chi-værdier til vurdering af, om enkeltresultaterne fra de respektive metoder er normalt fordelte. Denne chi-test gav følgende resultat:

chi-værdi: metode I	25,4
— II	38,5
— III	45,1

Konfidensgrænsen for chi med 12 friværdier er 23,3 ved sandsynlighedsgrænse på 97,5 pct.

Ved t-test mellem metode I og II fandtes en t-værdi på 17,9 og mellem I og III på 21,6. $P_{0,001}$ ved $n = 120$ er 3,4.

Dette viser, at sandsynligheden er stor for, at resultaterne fra metodeundersøgelsen er normalfordelte, og at der er forskel mellem de tre sammenlignede metoder.

På grundlag af resultaterne fra ovennævnte undersøgelse anvendes nu metode III på Statens plantepatologiske Forsøg.

Gennemsnitstal, standardafvigelse og chi-test er foretaget ved hjælp af EDB-behandling på forsøgsteoretisk afdeling.

Jordprøvers repræsentative værdi til kvantitativ bestemmelse af nematodpopulationer

Udenlandske undersøgelser

Anscombe (1950) fandt ved anvendelse af den negative binomialfordeling, at den teoretiske standardafvigelse vil være ca. 20 pct. af gennemsnittet, når der undersøges 50 g jord fra en prøve, der består af 25 enkelte udtagninger (stik).

Fenwick (1959-61) kom til det resultat, at for at opnå en bestemt sikkerhed ved bestemmelse af populationsstørrelsen fra et givet areal med heterogen infektion, er det nødvendigt at

udtage jordprøver til en foreløbig bestemmelse, og ud fra de opnåede resultater fra disse prøver kan man, så beregne omfanget af den endelige jordprøveudtagning og analyse. *Fenwick* anslår standardafvigelsen i resultatet fra en jordprøve, der består af 400 enkeltudtagninger (stik), at være ca. 55 pct., hvis analysen er baseret på 4 cyster. Ved analysering af 400 cyster er standardafvigelsen tilsvarende 9 pct.

Ved sammenligning med teoretiske værdier baseret på poissonfordelingen finder han, at de faktiske standardafvigelser på resultaterne fra jordprøveanalyserne afviger med en faktor 2,6 fra de teoretiske værdier, når sammenligningen foretages på grundlag af larvetællinger. Ved anvendelse af cystetal er afvigelsen fra de teoretiske værdier 1,8. Den gennemsnitlige standardafvigelse i 11 marker, hvorfra der blev udtaget 1556 delprøver indeholdende havrenematoder, var 39 pct., når beregningerne blev foretaget på grundlag af larvetællinger. Den tilsvarende værdi baseret på cystetællingen var 27 pct.

Resultaterne viste, at den forøgelse af sikkerheden, som kunne opnås ved at udtage flere delprøver end 25-100 fra et givet areal, var meget lille.

Stelter & Ræuber (1962) sammenlignede fundne tal ved undersøgelser af jordprøver, der stammede fra arealer inficeret med kartoffelnematoden (*Heterodera rostochiensis*) med 3 forskellige teoretiske fordelinger: henholdsvis poissonfordelingen, den negative binomialfordeling og neymanfordelingen.

Ved chi-test fandt de, at overensstemmelsen mellem de fundne værdier og de negative binomialfordelinger var størst. Heraf sluttedes, at fordelingen af cyster i jorden var klumpvis, hvilket også er erfaring fra praksis. De fandt, i lighed med *Fenwick*, at det er væsentligere at øge størrelsen af den undersøgte jordmængde end antallet af enkeltudtagninger, hvis en større sikkerhed ønskes.

Widdowson (1962) fandt ved undersøgelse af parallelle prøver udtaget fra et areal på $0,9 \times 0,9$ m en standardafvigelse på 30 pct. eller 3,4 gange større end den teoretiske pois-

sonværdi. Beregningen var foretaget på grundlag af cystetællinger.

Afvigelse af samme størrelsesorden fra poissonværdierne fandt *Fidler, Church & Southey* (1959) ved undersøgelser af forskellige lokaliteter.

Danske undersøgelser

De i denne beretning foretagne statistiske beregninger er baseret på en normal fordeling af havrenematoder i de undersøgte arealer; det er postuleret, at de undersøgte faktorer har additiv effekt. Begge forudsætninger er kun tilnærmet til stede, hvilket indebærer, at de fundne resultater ikke må behandles alt for håndfast.

Bevæggrunden til at anvende normalfordelinger som grundlag for de statistiske beregninger er, at der ved anvendelse af materiale, som indeholder høje gennemsnitsværdier for populationsstørrelsen ikke er nogen væsentlig forskel mellem værdier baseret på poissonfordeling og normalfordeling. De teoretiske modeller repræsenterer altid kun en mere eller mindre god tilnærmelse til de undersøgte fordelinger og kan således kun betragtes som hjælpemidler for en tilnærmet vurdering af det undersøgte forhold.

Siden 1964 er der på zoologisk afdeling, Statens plantepatologiske Forsøg, foretaget undersøgelser af jordprøver til bestemmelse af forekomst af havrenematoden (*Heterodera avenae*). Det har fortrinsvis været jordprøver fra sædskifteforsøg anlagt på statens forsøgsstationer, hvor man ønskede at have mulighed for at vurdere havrenematodens indflydelse på resultaterne fra de pågældende forsøg. Det er resultaterne fra disse prøver, der her vil blive omtalt.

Den anvendte teknik til bestemmelse af kvantitativ forekomst af havrenematoder har været følgende: De indsendte jordprøver blev udtaget efter høst og blev tørret ved ankomsten, senere findelt, hvorefter en repræsentativ prøve på 250 g jord blev udtaget. Der anvendtes et jordbor med en diameter på 1 cm. Hver jordprøve indeholdt ca. 50 enkeltstik. Usik-

kerheden ved undersøgelsen i laboratoriet er, som det fremgår af den tidligere omtalte sammenligning af metoderne, ca. 25-35 pct. af gennemsnittet. Yderligere er populationstætheden af havrenematoder ofte meget varierende inden for samme areal. Angrebsbilledet i marken er jo netop karakteristisk ved den uens vækst. Disse forhold giver med den anvendte teknik begrænsede muligheder for måling af vekselvirkningsforholdet mellem havrenematoder og afgrødeudbytte.

I dette afsnit vises resultaterne af variansanalyser foretaget på grundlag af larvetællinger fra jordprøver udtaget i forsøg med samme kornart hvert år med stigende mængder kalksalpeter. Forsøgene er udført på Ødum, Studsgård og Tylstrup forsøgsstationer. Beregningerne er velvilligst foretaget af afdelingsbestyrer K. Dorph-Petersen, forsøgsteoretisk afdeling.

Fra forsøgsstationen ved Ødum foreligger der resultater fra årene 1963-68 begge år inklusive. Beregningerne omfatter parceller med byg og havre. Fra forsøgsstationen ved Studsgård i årene 1966-68 for byg og havre og fra forsøgsstationen ved Tylstrup i årene 1964, 1966 og 1967 for havre.

Som det fremgår af tabel 2 er der signifikante udslag for årenes indflydelse på popula-

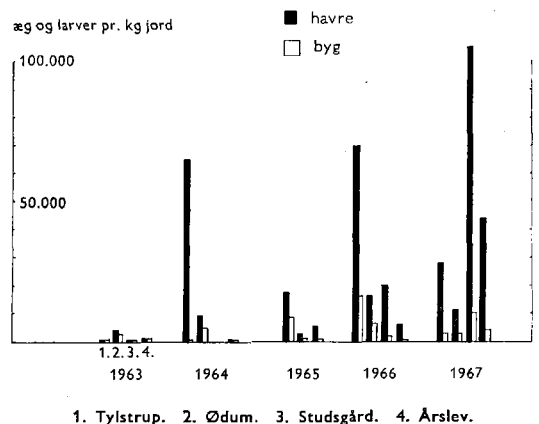


Fig. 1. Havrenematodpopulationens størrelse på arealer med fortsat havre- og bygdyrkning gennem årene 1963-67 på lokaliteterne Tylstrup, Ødum, Studsgård og Årslev.

Tabel 2. Variansanalyse af forskellige faktorer indflydelse på nematodpopulationernes størrelse

Ødum	Havre		Byg	
	s ²	F	s ²	F
Total	84,5		24,83	
Behandling	60,1		3,93	
År - 1963/68	623,2	15,9***	142,91	8,7***
N-mængde 1.2.3	11,7		0,79	
Blokke I-IV	208,8	1,3	48,42	2,95*
Vekselvirkning, par af faktorer	90,8		27,9	
Rest	39,3		16,41	

s = 6,68 ~ 59,0% af gns. 4,05 ~ 90,4% af gns.

Studsgård	Havre		Byg	
	s ²	F	s ²	F
Total	36,2		27,2	
Behandling	3,5			
År - 1966/68	451,6	10,3**	61,1	1,4
N-mængde 1.2.3	11,9	1,4	19,1	1,4
Blokke I-IV	63,0		67,1	1,5
Vekselvirkning, par af faktorer	18,0		30,6	
f-beregnet med beh. × år × blokke	44,0			
Rest	103,5		13,7	

s = 32,2 ~ 56,9% af gns. 11,7 ~ 114,0% af gns.

Tylstrup, havre	s ²	F
Total	15,3	
Behandling	16,3	3,1
År 1964, 66, 67	117,5	22,1***
N-mængde 1.2.3	16,9	3,2
Blokke I-IV	1,6	
Behandling × år	144,4	27,1***
Vekselvirkning, par af faktorer	8,8	
Rest	5,3	

s = 23,04 ~ 43,1% af gns.

tionsstørrelsen. Den eneste undtagelse er i bygparcellerne på Studsgård. Der er her tale om en lav infektion af havrenematoder, hvilket medfører en stigende usikkerhed på analysen. Bemærk den ekstremt høje »s«-værdi på 114 pct. af gennemsnittet. Dette forhold gør sig også gældende for bygparcellerne på Ødum. Tylstrup har et signifikant udslag for vekselvirkning mellem år og behandling. Årsagen til dette kan ikke angives, men der skal henvises til de indledende bemærkninger vedrørende de statistiske forudsætninger.

I figur 1 er populationsudviklingen givet for 4 forskellige lokaliteter gennem årene 1963-67. Det drejer sig om det tidligere nævnte forsøg med samme kornart hvert år med stigende mængde kalksalpeter. Populationstilvæksten ser ud til at have et karakteristisk s-formet forløb, som gælder generelt. Hvilke faktorer, der er årsag til, at populationstilvæksten standser og ofte går tilbage efter at have nået en tilsyneladende optimal størrelse, kan ikke siges. Som det fremgår af figur 1 har populationstilvæksten været forskellig fra lokalitet til lokalitet

det samme år, hvilket tyder på, at det ikke alene er de klimatiske betingelser, der har indflydelse på tilvæksten – jfr. figur 2 og 3, der viser, at forskellene mellem årene i temperatur og nedbørsforhold er større end lokaliteternes indbyrdes forskel det samme år. Det vides ikke, hvilke faktorer, der bevirker den ekstreme nedgang, der har fundet sted f.eks. på Tylstrup fra 1966 til 1967, hvor populationen er gået tilbage med 60 og 80 pct. i henholdsvis havre og byg. Det må antages, at der er tale om en eller flere faktorer, der aktivt virker reducerende på nematodbestanden. Den årlige klækningsrate for havrenematoder er ved flere undersøgelser fundet at være 40-60 pct. af populationen. Da der på den ovennævnte lokalitet også har fundet en »opformering« sted, må en væsentlig større procentdel af initialpopulationen være »brugt«. Lignende forhold er iagttaget for kartoffelnematodens vedkommende, men sammenligningen af disse forhold må tages med forbehold, idet roddiffusat fra kartofler har en direkte klækningsaktiverende virkning – et forhold, der ikke er fundet tilsvarende hos havrenematoden.

Ved gennemgang af beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne for årene 1964 til 1969 (tal for 1965 foreligger ikke) findes følgende resultater fra forsøg med havrenematoder (tabel 3). Det er kun tallene fra parceller med modtagelig bygsort (Pallas), der er anvendt. Som man kunne forvente, er den langt overvejende tendens, at der finder en opformering sted efter dyrkning af modtagelig byg. Det gælder dog også her, at en høj initialpopulation giver større chance for en nedgang på trods af dyrkning af modtagelig sort. Dette forhold er generelt, jfr. de før nævnte resultater fra sædskifteforsøgene.

Året 1968 udgør dog en undtagelse fra det generelle billede. Af de 15 forskellige lokaliteter, hvorfra der foreligger tællinger af havrenematodbestanden før og efter dyrkning, er der fundet en nedgang i havrenematodbestanden efter dyrkning af modtagelig bygsort på de 9 lokaliteter. Dette forhold gør sig gældende både, hvor der har været en høj og en lav

Tabel 3. Antal havrenematoder i arealer med modtagelig bygafgrøde før og efter høst i årene 1964-68. Tallene angiver 1.000 æg og larver pr. kg jord

1964			1966		
før høst	efter høst	diff.	før høst	efter høst	diff.
8,2	65,5	+53,3	60,0	52,0	÷ 8,0
36,0	46,0	+10,0	5,5	9,7	+ 4,2
3,2	13,0	+ 0,8	2,0	13,0	+11,0
8,0	68,5	+60,5	13,0	15,0	+ 2,0
9,0	18,0	+ 9,0	5,1	8,6	+ 3,5
7,8	31,0	+23,2	33,0	35,0	+ 2,0
4,2	15,3	+11,1	20,0	17,0	÷ 3,0
4,0	8,2	+ 4,2	19,0	21,0	+ 2,0
5,9	26,0	+20,1	24,0	21,0	÷ 3,0
56,0	27,0	÷29,0	23,0	35,0	+12,0
31,0	13,0	÷18,0			
2,9	1,2	÷ 1,7			
6,3	13,6	+ 7,3			
13,0	36,0	+23,0			
6,9	5,2	÷ 1,7			
1967			1968		
før høst	efter høst	diff.	før høst	efter høst	diff.
1,0	2,0	+ 1,0	68,0	19,5	÷48,5
14,0	12,4	÷ 1,6	46,0	16,0	÷30,0
4,0	11,9	+ 7,9	37,0	23,5	÷13,5
10,0	18,0	+ 8,0	24,0	22,0	÷ 2,0
14,0	27,5	+13,5	24,0	8,8	÷15,2
1,5	3,5	+ 2,0	13,0	17,5	+ 4,5
2,8	20,0	+18,2	11,0	59,5	+48,5
1,4	17,5	+15,1	8,2	6,4	÷ 1,8
3,4	8,5	+ 5,1	7,2	6,9	÷ 0,3
2,6	6,3	+ 3,7	5,9	2,5	÷ 3,4
25,0	38,0	+13,0	5,4	4,3	÷ 1,1
2,0	11,1	+ 9,1	4,8	8,1	+ 3,3
5,4	8,0	+ 2,6	1,3	3,3	+ 2,0
29,0	30,0	+ 1,0	1,3	1,3	0
8,0	8,3	+ 0,3	0,6	7,1	+ 6,5
4,3	8,3	+ 4,0			
47,0	26,0	÷21,0			
12,0	25,5	+13,5			
1969					
før høst	efter høst	diff.			
42,0	15,0	÷37,0			
31,0	8,7	÷22,3			
13,0	6,4	÷ 6,6			
8,7	14,0	+ 5,3			
5,8	9,4	+ 3,6			
2,2	6,7	+ 4,5			
1,6	13,0	+11,4			

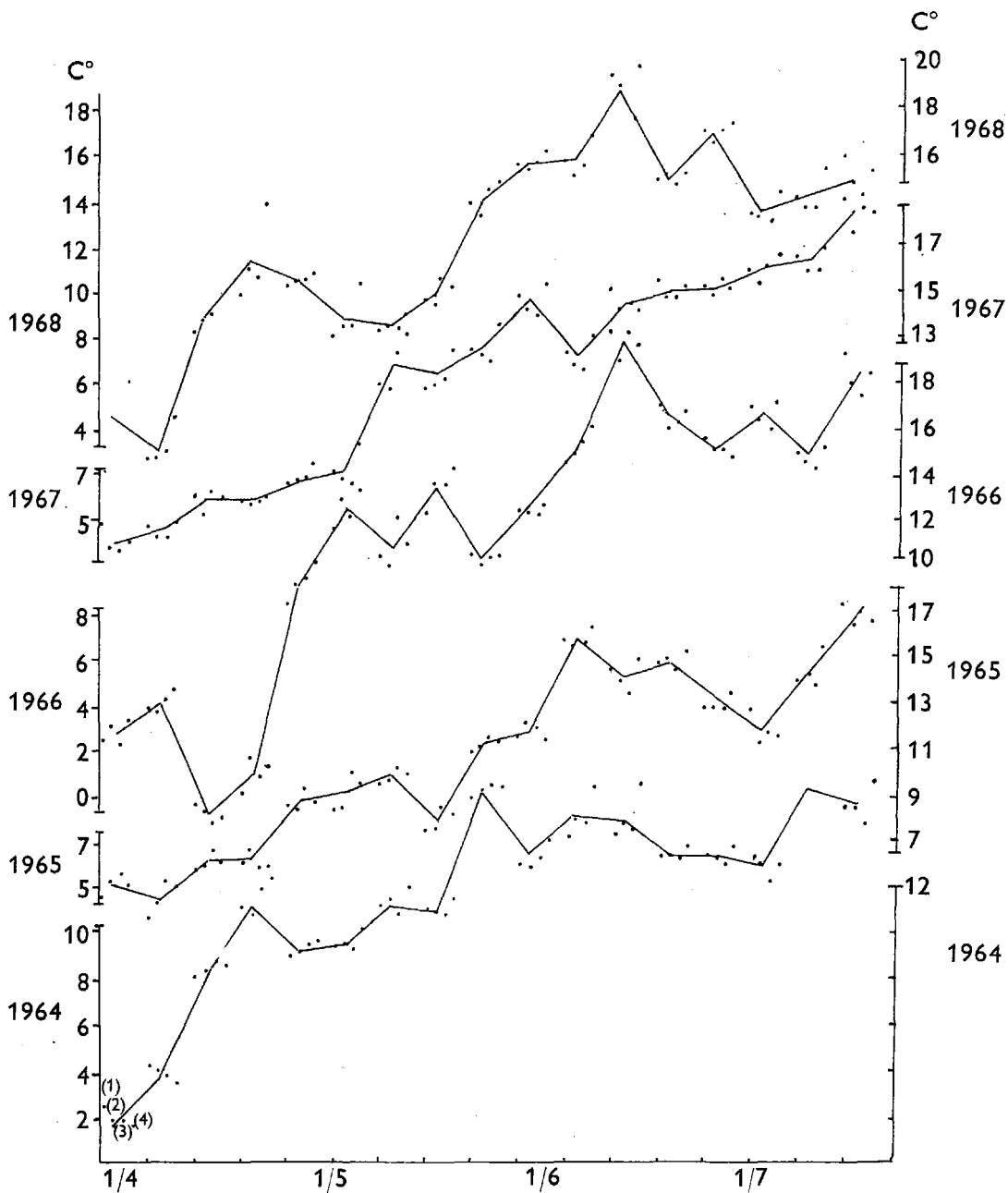


Fig. 2. Temperaturen i perioden april-august i årene 1964-68 på lokaliteterne (1) Tylstrup, (2) Ødum, (3) Studsgård og (4) Årslev.

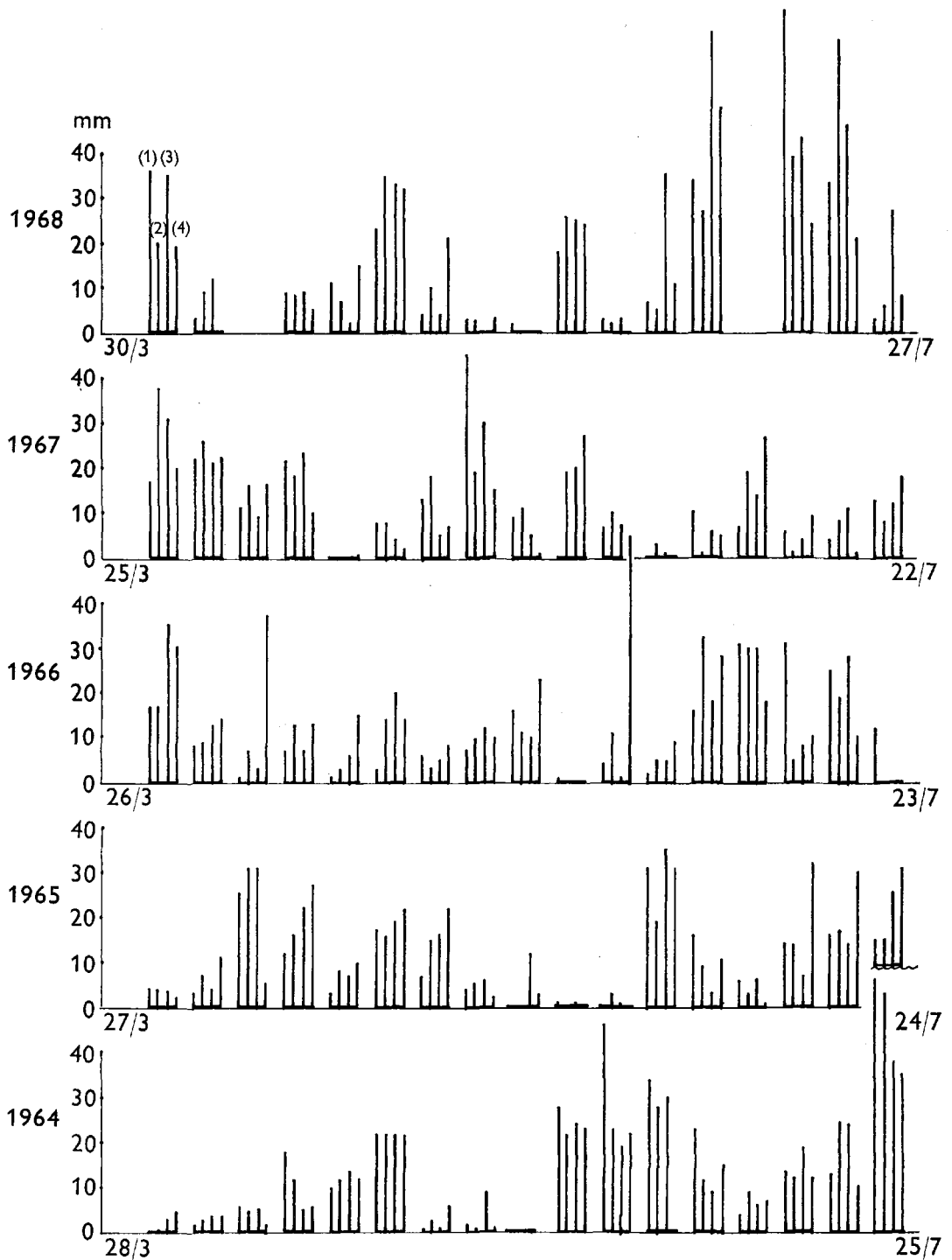


Fig. 3. Nedbørmængde pr. uge i perioden april-august for lokaliteterne (1) Tylstrup, (2) Ødum, (3) Studsgård og (4) Årslev i årene 1964-68.

initialpopulation, jfr. tabel 3. Sammenholder man temperatur- og nedbørskurver (figur 2 og 3) for året 1968, vil man lægge mærke til, at nedbørsmængden i april måned har været lav, og temperaturen har været over normal. Temperaturen i juni måned har også været over normal, og nedbøren i juli har været meget stor. Hvorvidt det er temperatur og nedbørsforløbet i hele perioden, der er udslagsgivende, eller det kun er i begyndelsen af vækstperioden kan ikke afgøres; hvis det overhovedet er disse faktorer, der er udslagsgivende.

Sammenhængen mellem havrenematodpopulationens størrelse og udbytte

Andre undersøgelser

Andersen (1961) skriver: »Der eksisterer formentlig et meget kompliceret forhold mellem ål (nematoder) og plante, og påvirkning af en enkelt faktor behøver ikke altid at give samme synlige virkning.«

Ligeledes finder *Southey* (1956) det vanskeligt at finde sammenhæng mellem skadebillede på kornafgrøder og størrelsen af havrenematodpopulationen, fordi andre faktorer, såsom andre skadedyr og sygdomsangreb, jordbundsforhold og gødningstilstand forstyrre billedet.

Fidler & Bevan (1963) har iagttaget en sammenhæng mellem rumfanget af porer i jorden i størrelsen mellem 30 og 100 μm og skadevirkning af nematodangreb. Denne fandtes at være størst, hvor rumfanget var mindst.

På grund af to års undersøgelser af havrenematoders indflydelse på udbytte af bygafgrøder konkluderer *Stone* (1956), at det ikke er muligt at forudsige skadevirkningen af en given nematodbestand på bygafgrøder, fordi en række andre faktorer øver indflydelse.

På samme måde skriver *Oostenbrink* (1950) om angreb af kartoffelnematoder, at gødnings-tilførsel, årsvariation og jordbehandling har betydelig indflydelse på skadevirkningen. Ved dårlige vækstforhold kan der iagttages symptomer på angreb af kartoffelnematoder ved en populationsstørrelse på 2-3 infektionsdygtige

cyster pr. 20 cm^3 jord, hvorimod der under gunstige vækstforhold kan være den ti-dobbelte population, uden at der kan iagttages udprægede symptomer.

Ved bestemmelse af udbytte og havrenematodpopulationens størrelse har *Dixon* (1969) regnet nogle regressionsligninger for henholdsvis havre, hvede og byg. Han finder en signifikant nedgang i udbytte for alle tre kornarter ved nematodangreb. For henholdsvis havre, hvede og byg er nedgangen i udbyttet efter hans beregninger på 376, 188 og 75 kg pr. ha, hver gang nematodpopulationen øges med 10.000 æg og larver pr. kg jord. Disse resultater opnår *Dixon* kun, fordi mere end halvdelen af hans resultater er fra arealer, der har en population på over 20.000 æg og larver pr. kg jord. Populationer af denne størrelsesorden er i praksis endnu kun undtagelser.

Egne undersøgelser

I forlængelse af de omtalte variansanalyser er der på larvetællinger og udbyttetal fra havreparcellerne på Ødum forsøgsstation i 1963 foretaget en regressionsanalyse. Variationen mellem de enkelte parceller lå mellem 500 og 17 400 æg og larver pr. kg jord, jfr. tabel 4.

Som det fremgår af tabel 4 er der ingen

Tabel 4. Regressionsanalyse Ødum 1963 (havre)

300 kg ks. pr. ha		450 kg ks. pr. ha		600 kg ks. pr. ha	
kg	æg +	kg	æg +	kg	æg +
kerne	larver	kerne	larver	kerne	larver
pr.	pr. kg	pr.	pr. kg	pr.	pr. kg
parcel	jord	parcel	jord	parcel	jord
9,7	1.000	11,5	5.200	10,6	2.900
10,1	6.800	11,3	4.100	12,7	3.600
10,4	17.400	12,7	1.000	13,3	8.800
10,2	6.600	12,2	4.800	12,2	2.300
8,8	1.500	11,5	14.600	10,5	3.800
10,6	1.300	12,3	2.200	12,0	3.900
8,6	8.000	9,6	2.400	11,9	6.000
9,1	3.500	10,2	0.500	11,2	1.000
b	= 1,59		0,43		1,44
e _b	= 2,68		1,72		0,81
t	= 0,59		0,25		1,77
P _{0,1}	= 1,9				

signifikant sammenhæng mellem antal havrenematoder og udbytte i det analyserede forsøg. Dette eksempel understreger, at sammenhængen mellem nematodbestand og udbyttetab er af meget sammensat natur.

Diskussion

Værdien af jordprøver til undersøgelser for *Heterodera avenae* i sædskifteforsøg er i det foregående søgt vurderet.

Motiveringen til at undersøge sædskifteforsøgsarealerne for forekomst af havrenematoder var at kunne korrigere for de udslag i sædskifteforsøgene, som er betinget af angreb af havrenematoden. En sådan korrektion kan ikke foretages direkte på grundlag af resultaterne fra jordprøveundersøgelserne, fordi der ikke findes nogen direkte korrelation mellem populationstal og udbyttetab.

Sammenhængen mellem udbyttedepression og populationsstørrelse er, som det fremgår af det foreliggende materiale, også bestemt af en vekselvirkning med andre faktorer, der er uafhængige af nematodpopulationens størrelse.

De vigtigste af disse faktorer er formentlig temperatur, nedbør og næringstilførsel, men også jordboende organismer (bl.a. rovsvampe), jordtype og jordstruktur synes at spille en rolle.

Denne vekselvirkning kan iagttages, men ikke defineres, d.v.s. man kan ikke finde en sikker systematisk relation under varierende forhold.

Ved anvendelsen af den beskrevne teknik til undersøgelse af jordprøver for indhold af cystedannende nematoder tilføjes der yderligere et ret stort usikkerhedsmoment i vurdering af populationsstørrelsen på et givet areal. Standardafvigelse ligger her på 25-50 pct. af jordprøvens gennemsnitsværdi.

Denne værdi vil selv med langt mere arbejdskrævende metoder ikke kunne nedbringes væsentligt. I forvejen er den anvendte teknik temmelig arbejdskrævende: ca. 2-3 arbejdstimer pr. prøve ved et indhold på 10.000 æg og larver pr. kg jord.

Konklusion

Konklusionen af ovenstående må være, at undersøgelser for havrenematoder i markforsøg kun bør udføres, hvor særlige omstændigheder taler for det. Ved fremtidige undersøgelser af havrenematoden må det derfor anbefales at øge udslagene for de faktorer, der ønskes undersøgt, d.v.s. at arbejde med mindre enheder end markarealer, så man herved har større mulighed for at påvirke og kontrollere de faktorer, der ønskes undersøgt.

Denne baggrund giver anledning til en vurdering af jordprøveudtagningens værdi i praktisk landbrug, når det gælder havrenematoder. Det foranstående kunne måske give anledning til den opfattelse, at disse jordprøver er praktisk taget uden værdi. Det er rigtigt, for så vidt man ønsker eksakte værdier for det ventede udbyttetab ved bestemmelse af populationsstørrelsen. Noget andet er, hvis man i stedet anvender begrebet skaderisiko. Herved får landmanden mulighed for at vælge mellem risikostørrelse og mulighed for gevinst. Her gælder det generelt, at risikoen for udbyttetab og omfanget af dette er stigende med populationsstørrelsen. Man kan eksempelvis sige, at risikoen for udbyttetab kun er lille, næppe over 10-15 pct. ved dyrkning af byg på arealer, der har en populationsstørrelse på 1.000-3.000 æg og larver pr. kg jord. Men samtidig er chancen for et merudbytte ved anvendelse af ikke resistente sorter i forhold til de resistente sorter højst på 5-8 pct. Hertil kommer hensynet til næste års afgrøde, der kan være af afgørende betydning, når det gælder kornafgrøder (havre, hvede, byg).

Ved indsættelse af risiko og gevinstværdier for varierende populationsstørrelser vil landmandens muligheder øges for at foretage en mere økonomisk vurdering af sit afgrødevalg og dermed være i en økonomisk mere effektiv situation.

Sammendrag

Tre forskellige metoder til udvinding af havrenematocyster fra jordprøver er sammenlignet. Det største antal cyster fandtes ved anvendelse

af Fenwick-kande modificeret af Oostenbrink og Andersen. Selv med dette apparat var standardafvigelsen mere end en fjerdedel af gennemsnittet.

Ved hjælp af variansanalyse er forskellige faktorer indflydelse på havrenematodpopulationens størrelse undersøgt i sædskifteforsøg.

Der fandtes udslag for årsvariationen, hvorimod der ikke fandtes udslag for forskellige former for jordbehandling og tilførsel af stigende mængder kalksalpeter.

Ved regressionsanalyse af udbytte- og nematotal på en enkelt lokalitet fandtes ingen sikker korrelation mellem udbytte og havrenematodpopulationens størrelse. Største og mindste population i de analyserede parceller var på henholdsvis 17.400 og 500 æg og larver pr. kg jord.

Jordprøveudtagning til kvantitativ bestemmelse af havrenematodpopulationer i markarealer er af ringe værdi, dels fordi usikkerheden ved bestemmelsen af populationsstørrelsen er stor, og dels fordi der ikke findes en entydig korrelation mellem populationsstørrelse og udbyttenedgang.

Summary

Methods and value of soil sampling for the purpose of determining the population size of Heterodera avenae in fields,

Three different methods of extracting cereal cyst nematode cysts from soil were compared: 1) Seinhorst's elutriator (Seinhorst 1969), 2) Modified Fenwick-can (Oostenbrink 1950) and 3) Remodified Fenwick-can (Andersen 1961).

The greatest number of cereal cyst nematode was obtained by method No. III (cf. table I). This method is now practiced at the State Plant Pathology laboratory to ascertain the presence of cereal cyst nematodes in soil samples.

The value of soil sampling as a method of determining the population size in a field was tested by repeated sampling.

The material was collected during 1963-68 and was from a number of experiments involving crop rotations. The results from 456 samples were analysed statistically. Standard deviation in the number of eggs and larvae varied between 43 and 114%. Different methods of cultivation and different amount of nitrogen did not significantly effect population size.

In one of the experiments mentioned no significant correlation was found between yield and number of cereal cyst nematodes. The experiment

used as the basis of the analysis had 500 eggs and larvae per kg soil as the smallest and 17 400 eggs and larvae per kg soil as the largest content of cereal cyst nematode (table II).

The samples examined showed great variation in the reproductive value of cereal cyst nematodes within a given area in different years (table III and figure 1).

It is impossible to determine the cause of this variation on the basis of the present result.

Conclusion

Quantitative determination of cereal cyst nematode populations in fields is subject to great error. This fact impedes a biological examination of the cereal cyst nematode under these conditions. Therefore one must aim at getting smaller area units under more easily defineable conditions (greenhouses, phytotrons etc.) for future investigations.

The uncertainty with which cereal cyst nematodes are quantitatively determined also limits the value of results from soil samples as a basis for advice to the farmer.

Litteraturliste

- Andersen, S., 1956: Collection of cysts of *Heterodera major* and estimation of the cyst content. *Nematologica* 1: 303-306.
- Andersen, S., 1961: Resistens mod havreål, *Heterodera avenae*. Meddelelse nr. 68 fra den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles afdeling for Landbrugets Plantekultur. 179 pp.
- Anonym, 1963-68: Beretning om Fællesforsøg i Landbo- og Husmandsforeningerne 1963-68.
- Anscombe, F. J., 1950: Soil sampling for potato root eelworm cysts. *Ann. Appl. Biol.* 37:286-295.
- Dixon, G. M., 1963: The effect of spring rainfall on the host-parasite relationship between the cereal root eelworm (*Heterodera avenae* Woll.) and the oat plant. *Nematologica* 9: 521-526.
- Dixon, G. M., 1969: The effect of cereal cyst eelworm on spring-sown cereals. *Plant Pathology* 18: 109-112.
- Duggan, J. J., 1958: Population studies on cereal root eelworm (*Heterodera major*). *Econ. Proceed. of the Royal Dubl. Society* 4: 1-118.
- Duggan, J. J., 1960: Effect of soil drying on the viability of *Heterodera major* cysts. *Nature* 185: 554-555.

- Duggan, J. J.*, 1961: The effect of cereal root eelworm (*Heterodera major*) on its hosts. Irish Journ. Agric. Res. 1:7-16.
- Duggan, J. J.*, 1961: Seasonal variation in the activity of cereal root eelworm. The scientific Proceedings of the Royal Dublin Society. Bull. No. 3. 1:21-24.
- Duggan, J. J.*, 1963: Relationship between intensity of cereal root eelworm (*Heterodera avenae*) infestation and pH value of soil. Irish Journ. Agric. Res. 2:105-110.
- Fenwick, D. W.*, 1961: Estimation of Field Populations of Cyst forming nematodes of the Genus *Heterodera*. Journ. of Helminth. R. T. Leiper suppl., 63-76.
- Fidler, J. H., Church, B. M. and Southey, J. F.*, 1959: Field sampling and laboratory examination of cereal root eelworm cysts. Plant Pathology 8:27-34.
- Fidler, J. H. and Bevan, W. J.*, 1963: Some soil factors influencing the density of cereal root eelworm (*Heterodera avenae*) populations and their damage to the oat crop. Nematologica 9: 412-420.
- Hesling, J. J.*, 1957: *Heterodera major* on cereals – a population study. Nematologica 2:285-299.
- Hesling, J. J.*, 1958: The efficiency of certain grasses as hosts of cereal root eelworm. Plant Pathology 7:141-143.
- Hesling, J. J.*, 1959: Some observations on the cereal root eelworm population of field plots of cereals with different sowing times and fertilizer treatment. Ann. Appl. Biol. 47:402-409.
- Jones, F. G. W.*, 1955: Quantitative methods in nematology. Ann. Appl. Biol. 42:372-381.
- Jones, F. G. W. and Moriarty, F.*, 1956: A preliminary experiment on the effect of various cereals on the soil population of cereal root eelworm, *Heterodera major*. Nematologica 1: 326-330.
- Oostenbrink, M.*, 1950: Het Aardappelaaltje (*Heterodera rostochiensis*, Woll.) een gevaarlijke parasiet voor de eenzijdige aardappelcultuur. Versl. Meded. v. d. Plantenziektenkundige Dienst te Wageningen no. 115. 230 pp.
- Oostenbrink, M.*, 1960: Estimating nematode populations by some selected methods, in J. N. Sasser and W. R. Jenkins: Nematology, 85-108. The University of North Carolina Press, Chapel Hill.
- Seinhorst, J. W.*, 1964: Methods for the extraction of *Heterodera* cysts from not previously dried soil samples. Nematologica 10: 87-94.
- Southey, J. F.*, 1956: National survey work for cereal root eelworm. Nematologica 1: 64-71.
- Stelter, H. und Rauber, A.*, 1962: Untersuchungen über Methoden der Bodenprobeentnahme zur Feststellung der Verseuchung mit dem Kartoffelnematoden, *Heterodera rostochiensis* Woll. Zeitsch. für Pflanzenkrankheiten 69: 577-586.
- Stone, L. E. W.*, 1956: Cereal root eelworm: A farm survey. Plant Pathology 5: 24-25.
- Widdowson, E.*, 1962: The estimation of soil population of *Heterodera rostochiensis* in: Progress in soil Zoology P. W. Murphy 1962. p. 59-64 Butterworths, London.