



Examensarbeten i Lantmästarprogrammet 02/04:55

PATOTYPTTEST AV POTATISCYSTNEMATODEN



Av
Jela Krnjić

Handledare: Sanja Mandurić
Examinator: Stig Andersson

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för växtvetenskap
Avdelningen för växtskydd och resistensbiologi

Alnarp, 2004

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
INLEDNING	6
TVÅ ARTER	6
HUR UPPTÄCKS ANGREPP AV POTATISCYSTNEMATODEN?	6
BIOLOGI	6
HUR PÅVERKAR PCN POTATISVÄXTER?	7
HUR SPRIDS POTATISCYSTNEMATODEN?	7
FLERA PATOTYPER	7
BEKÄMPNING	7
MATERIAL OCH METODER	9
FÖRBEREDNING AV ÄGG- OCH JUVENILSUSPENSION	10
RESULTAT	13
DISKUSSION	14
REFERENSER	14

FÖRORD

Jag skulle vilja tacka min examinator, statsagronom Stig Andersson, för att han ställde upp och gjorde det möjligt för mig att göra detta examensarbete.

Ett varmt tack riktas till min handledare, dr. Sanja Manduric, för all hjälp under arbetets gång. Tack Sanja för ditt tålamod och för att du ställde upp när jag behövde din hjälp.

Jag vill även tacka Susanne Andersson, Greta Mårtensson, Jane Landén och Monica Mårtensson för all hjälp och trevligt bemötande.

SAMMANFATTNING

Det finns två olika arter av potatiscystnematoden (PCN), den gula, *Globodera rostochiensis*, och den vita, *Globodera pallida*. Var och en av dem kan vidare differentieras i olika grupper, så kallade patotyper, vilka kan skiljas åt genom att man testar nematodernas förmåga att föröka sig på olika potatissorter med varierande resistensegenskaper. Idag är biotester de enda tillgängliga testerna för undersökning av virulensen. Än så länge finns det således inga molekylära virulens tester.

Avsikten med detta arbete var att undersöka en metod för virulens test av svenska och utländska PCN-populationer. Test gjordes i Alnarp i ett växthus vid institutionen för växtvetenskap, avdelningen för växtskydd och resistensbiologi, mellan maj 2003 och januari 2004. I undersökningen ingick tolv olika PCN-populationer, nio svenska och tre utländska, som testades på sex potatissorter. Den använda metoden med test i krukor i växthus föreföll ge ett säkrare resultat än den s.k. ”closed container”-metoden, som den jämfördes med. En markant skillnad mellan populationer tillhörande samma virulensgrupp förekom i antalet nybildade cystor på alla testade sorter. Det kan förklaras med stor genetisk variation bland PCN-populationer. Även population – sortinteraktioner kan ha haft stort inflytande på slutresultatet.

De i mitt arbete beskrivna patotyp testerna av potatiscystnematoden ingår i ett undersökningsprogram vid nematodlaboratoriet för utformningen av ett system för virulensbestämning av lantbrukarprover i stor skala. Undersökningar som denna kan utnyttjas när man ska ge råd om sortval till lantbrukarna.

SUMMARY

There are two species of potato cyst nematode (PCN), the yellow, *Globodera rostochiensis*, and the white, *Globodera pallida*. Each of them can appear in different pathotypes. These are separated by testing the nematode ability to multiply on a number of potato cultivars with different resistance properties. The aim of this project was to examine the virulence of Swedish and foreign PCN populations and to compare two test methods. Biotests are today the only available tests used to study virulence. Thus, there are so far no molecular tests that have been developed for this purpose.

The investigations were carried out at Alnarp in a greenhouse at the Department of Plant Science, Division of Plant Protection and Resistance Biology, during the period May 2003 - January 2004. They comprised twelve different populations of potato cyst nematodes, nine Swedish and three foreign, tested on six potato cultivars. The used method with pots in a greenhouse seems to give somewhat more reliable results than the "closed container" method. A considerable difference in number of newly developed cysts between populations belonging to the same virulence groups appeared on all tested potato cultivars. This can be explained by a large genetic variation between populations and by the effects of population - cultivar interactions.

The results of the tests will be used by the Nematology Laboratory at Alnarp in establishing a system to be used in a large scale testing of farmers' samples. Based on the testing results, advice may be given of the choice of potato cultivars.

INLEDNING

TVÅ ARTER

Det finns två olika arter av potatiscystnematoden (PCN), den gula, *Globodera rostochiensis*, och den vita, *Globodera pallida*. Den gula är den mest förekommande arten i Sverige (Andersson, 1997). *G. rostochiensis* upptäcktes första gången under en inventering av betcystnematoder i Tyskland (Kühn, 1881). I Sverige upptäcktes förekomsten först 1922 på ett potatisfält i Högsjö i Södermanland (Kemner, 1927). PCN-arterna är svåra att skilja åt morfologiskt.

HUR UPPTÄCKS ANGREPP AV POTATISCYSTNEMATODEN?

Fläckar med svagväxande potatisplantor och mycket ogräs kan vara tecken på att potatisen har blivit angripen av PCN. Angrepp uppträder alltid ojämnt i fälten. Nematodskadorna ses från och med högsommaren som gulnande fläckar i beståndet. Symptomen kan förväxlas med vatten- eller mineralbrist. Om man odlar potatis på samma plats år efter år blir skadan värre. Från midsommartid och framöver ser man på potatisrötterna först vita och sedan efter hand hos den gula arten gula små honor, som framåt skörden blir bruna cystor med nematodägg inuti. Cystorna stannar kvar i marken vid skörden och ägg kan bevaras inne i dem upp till 20 år. Antal kläckta ägg blir större om man odlar värdväxter än om man odlar ett annat växtslag eller träda. Det säkraste sättet att inte förbise PCN-angrepp är att skicka jordprover till nematodlaboratoriet för undersökning.

BIOLOGI

Den döda honan, cystan, är vanligen 0,4-0,7 mm i diameter och innehåller 200-600 ägg. Substanser som utsöndras från potatisrötterna stimulerar kläckning av äggen. Juveniler tar sig ur äggen och tränger in i rötterna, sätter sig fast, tar upp näring, börjar svälla och utvecklas till hannar och honor. Efter några veckor tar sig fullbildade hannar som har återfått maskformen ut och letar upp och befruktar fastsittande honor, som nu är så stora att kroppen trängt ut genom rotens yta. Framåt skörden dör honorna och lossnar från rötterna (Andersson 1977).

HUR PÅVERKAR PCN POTATISVÄXTEN?

Potatiscystnematoden påverkar potatisväxten på följande sätt:

- vatten och näringsupptagningen begränsas
- känsligheten för torka ökar
- avkastning och kvalitet minskas
- inkörsportar och möjligheter för andra patogener (bakterier, svampar) ökar.

Växten försöker att kompensera tillväxthämningen genom att bilda nya sidorötter. Angripen potatis får ett buskigt och grunt rotsystem, så kallade hungerrötter, där jorden gärna häftar vid.

Nematodtätheten och infektionens storlek i marken, brukar uttryckas i antal ägg per gram jord. Toleransgränsen eller skadetröskeln är vanligen 2-3 ägg/g jord. Avkastningen kan variera mycket under olika förhållanden. Den är högre på bördiga jordar med god vattenhållande förmåga än på sämre jordar (Andersson, 1983).

HUR SPRIDS POTATISCYSTNEMATODEN?

Potatiscystnematoden sprids mest med jord, som häftar vid sättpotatisen. Nematodcystor kan också överföras med maskiner, bevattningssystem, redskap, lagringslådor mm. Mycket vanligt är att egendomar blivit infekterade när brukarna med sina maskiner har hjälpt till i hemträdgårdar i närheten. Spridning kan ske genom vind, vid jordflykt och med vatten vid översvämningar (Andersson 1979).

BEKÄMPNING

Vid bekämpningen av potatiscystnematoder skall särskild uppmärksamhet fästas vid hygien, eftersom nematoderna sprider sig lätt med jordpartiklar. Förebyggande bekämpning går ut på att använda certifierat utsäde, eftersom jordprov har testats och potatiscystnematoden inte påträffats i de officiella utsädespotatisodlingarna. Maskiner och utrustning som använts utanför gården bör rengöras och sköljas av så att de är fria från jord. Man skall likaså rengöra utrustning som använts för att hantera skörd i andra odlingar.

När man odlar mottagliga sorter bör man ha en viss växtföljd. Ett komplement till växtföljdsåtgärderna är att odla nematodresistent sorter. Om man växlar mellan mottagligt och resistent kan man utan problem odla potatis vart 4:e år i de sydligaste delarna av landet och vartannat i de nordligare regionerna. På så sätt kan man hindra eller fördröja spridning av nematoder mellan områden, gårdar och mellan skiften.

FLERA PATOTYPER

Beroende på populationernas förmåga att föröka på vissa sorter men inte på andra klassas de i patotyper. I Europa har man hittat fem patotyper av den gula

potatiscystnematoden, Ro1-5, och tre av den vita, Pa1-3 (Kort *et al.*, 1977). På grund av oskarpa gränser mellan olika patotyper, är klassificering i virulensgrupper att föredra (Trudgill, 1985). Patotyper av *G. rostochiensis* förs till tre (Ro1,4; Ro2,3 och Ro5) och *G. pallida* till två (Pa1 och Pa2,3) virulensgrupper.

Man säger att en potatissort är resistent när nematoderna inte kan föröka sig på den. Resistensen kan vara av olika grad och olika kraftfull (Fogelfors, 2001). En sort är partiellt resistent om en nematodpopulation har dålig förökning. Den vanligaste virulensgruppen i Sverige är Ro1,4. Resistenta sorter förädlade från *S. tuberosum* ssp. *andigena*, innehållande en gen kallad H1, används effektivt mot resistensen i denna grupp eftersom resistensen är fullständig. Samma typ av gen för gen-resistens hittar man i *S. multidissectum*, effektiv mot virulensgruppen Pa1. Resistenskällor mot resterande virulensgrupper av potatiscystnematoden kommer oftast från olika kloner av *Solanum vernei* eller *S. kurtizanium* och här är resistensen vanligen mindre fullständig. Tabell 1 visar ett schema sammanställt av Kort (1977), med vars hjälp man bestämmer vilken patotyp en nematodpopulation tillhör.

Tabell 1. PCN-patotypschema enligt Kort *et al.* (1977)

Solanum värdväxt	Patotyper							
	Ro1	Ro2	Ro3	Ro4	Ro5	Pa1	Pa2	Pa3
<i>S. tuberosum</i>								
ssp. <i>tuberosum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> CPC 1673	-	+	+	-	+	+	+	+
<i>S. kurtizanium</i> 60.21.19	-	-	+	+	+	+	+	+
<i>S. vernei</i> 58.1642/4	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>S. vernei</i> 62.33.3	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>S. vernei</i> 65.346/19	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>S. multidissectum</i> P55/7	+	+	+	+	+	-	+	+
<i>S. vernei</i> 69.1377/94	-	-	-	-	-	-	-	-

Eftersom det internationella testsortimentet är svårt att upprätthålla, använde Manduric (2004) testsortiment av sorter tillgängliga i Sverige (tabell 2). I hennes undersökningar användes den s.k. closed container-metoden (potatis odlas mörkt i en burk). Det visade sig då att den mottagliga sorten Bintje föll ut som nästan resistent mot vissa utländska nematodpopulationer. Man var också tveksam till om alla de använda sorterna behövde vara med i ett test.

Avsikten med denna undersökning var att se hur olika potatissorter uppträdde vid odling i krukor i växthus. Vidare ville man se om det gick att använda ett mindre antal testsorter än vad Manduric använt.

Tabell 2. Potatissorter använda av Manduric (2004) jämte mottaglighet/resistensdata

Sorter	Mottagliga för							
	Ro1	Ro2	Ro3	Ro4	Ro5	Pa1	Pa2	Pa3
Bintje	+	+	+	+	+	+	+	+
Saturna	-	+	+	-	+	+	+	+
Danva	-	+	-	+	+	+	±	+
Kardal	-	-	-	±	+	+	±	+
Folva	-	-	-	-	-	+	+	+
Producent	-	-	-	-	-	+	-	+
Rocket	+	+	+	+	±	-	+	±
Florijn	-	-	-	-	+	+	-	-
Seresta	-	-	-	-	-	+	-	-

+ = mottaglig; - = resistent, ± = delvis resistent

MATERIAL OCH METODER

För undersökningen användes delar av Mandurics (2004) testsortiment, tabell 2. De sorter som uteslöts var Kardal, Producent och Florijn. Sorten Rocket, som användes i Mandurics undersökningar som indikator för Pa1, byttes mot en klon av *Solanum multidissectum* eftersom man trodde att denna klon skulle skilja Pa1 bättre från Pa2,3 än vad Rocket gjorde. I testet ingick tolv olika PCN-populationer, varav nio svenska och tre utländska. Det gjordes fyra upprepningar på alla potatissorter förutom *Solanum multidissectum*, där antalet upprepningar var två. Art- och virulensgruppstillhörigheten och ursprungslandet är presenterade i Tabell 3. Det geografiska ursprunget för de svenska populationerna visas i Figur 1.

Tabell 3. Testade populationer med art- och virulensgruppstillhörighet och ursprungsland

Nr.	Population	Art	Virulensgrupp	Ursprungsland
1	Gringelstad	<i>G. rostochiensis</i>	Ro2,3	Sverige
2	Lörby	<i>G. rostochiensis</i>	Ro2,3	Sverige
3	Mårtorp	<i>G. rostochiensis</i>	Ro1,4	Sverige
4	Kiaby	<i>G. rostochiensis</i>	Ro2,3	Sverige
5	Våxtorp	<i>G. rostochiensis</i>	Ro1,4	Sverige
6	G 1510	<i>G. rostochiensis</i>	Ro5	Holland
7	Delmsen	<i>G. pallida</i>	Pa2,3	Tyskland
8	Hörvik	<i>G. pallida</i>	Pa2,3	Sverige
9	Löttorp	<i>G. pallida</i>	Pa2,3	Sverige
10	Nymö	<i>G. pallida</i>	Pa2,3	Sverige
11	Sundsvall	<i>G. pallida</i>	Pa2,3	Sverige
	Glaryford	<i>G. pallida</i>	Pa1	Storbritannien
12				



Figur 1. Geografiskt ursprung för de svenska populationerna.

Testet utfördes i ett växthus vid institutionen för växtvetenskap på avdelningen för växtskydd och resistensbiologi i perioden maj 2003 - januari 2004. Cystmaterialet som användes i testet hade förökats i samma växthus ett år tidigare på Bintje.

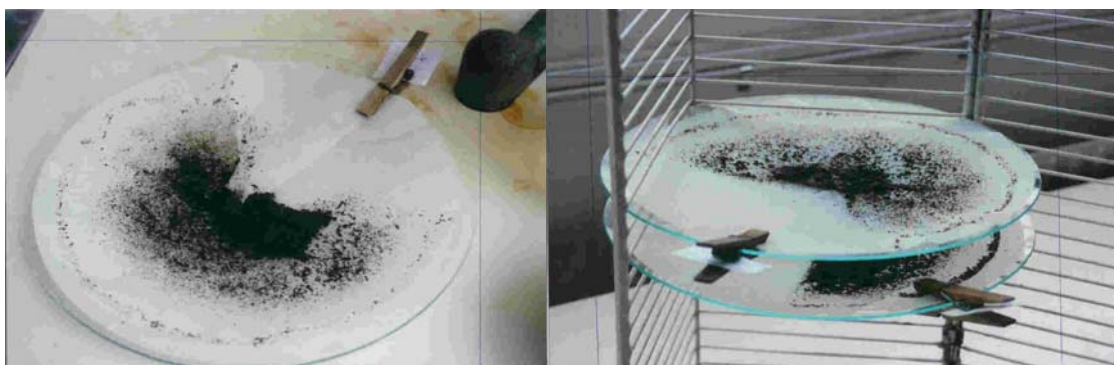
FÖRBEREDNING AV ÄGG- OCH JUVENILSUSPENSION

Jordextraktion utfördes i en automatiserad version av Seinhorsts (1964) cysteluriator genom att jord processades i omgångar om 500 g. Organiskt material inklusive cystor skildes ut från mineralpartiklar med hjälp av en vattenström. För att underlätta den fortsatta provundersökningen gjordes en rening av proven enligt Anderssons (1970) metod. Tratten som visas i Fig. 2 stängdes, ett filterpapper las i och tratten fylldes med etanol till ungefär 1,5-2 cm från filtrets kant. Cystor uppblandade med växt- och jordrester som var kvar efter extraktionen hölls försiktigt i vätskan. Översta skiktet rördes om varvid cystorna förflyttades till filtrets kant. Trattventilen öppnades och etanolen i tratten släpptes ut i en glasbägare. Filtret lyftes ur tratten, vecklades ut och lades på ett urglas (diam.25 cm) som sedan placerades på en diskställsliknande hylla för att etanolen skulle avdunsta (högra bilden). Processade prover visas i Fig. 3.

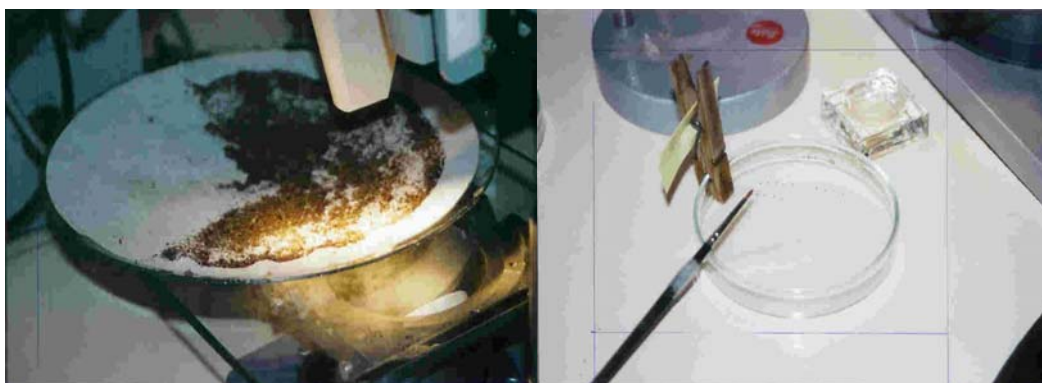
Cystorna plockades upp under mikroskop och sparades på filterpapper i petriskålar (Fig. 4).



Figur 2. Vaskning av cystor.



Figur 3. Filterpapper med processade prov på urglas.



Figur 4. Undersökning och upplöckning av cystor.

De torra cystorna stoppades sedan i ett provrör med lite kranvatten i och krossades med cystkrossare-homogenizator (Seinhorst, opublicerat). På detta sätt framtagna suspensioner hälldes upp i räknecammare för beräkning av antalet ägg och juveniler. Bara livsdugliga ägg och juveniler räknades. Suspensionen justerades och förbereddes för inokulering av krukor fyllda med sand (initialt täthetsvärde 3-4-ägg/g sand).

Förgrodda potatis ögonsticklingar sattes i icke-infekterad silversand i lerkrukor (12 cm; 500g sand) presenterade i Fig.5. Krukorna etiketterades med uppgifter om potatissorten och den använda nematodpopulationen.



Figur 5. Icke-infekterad silversand i lerkrukor (12 cm; 500g).

Efter ca två veckor inokulerades sanden med ägg- och juvenilsuspension. 8 ml ägg- och juvenilsuspension sprutades in i varje kruk (fyra instick x 2 ml). Potatisen (Fig. 6) vattnades regelbundet och gödslades en gång med NPK 11-5-18. Temperaturen i växthuset var ca 20°C.



Figur 6. Potatis i krukorna efter ca 2 veckor.

Efter tre månader, då potatisblasten hade vissnat bort, gjordes extraktioner av nybildade cystor i en Seinhorst cystelutriator på samma sätt som ovan. Efter extraktionen upprepades samma procedur som vid förberedning av juvenilsuspensionerna (se ovan). För uträkning av medelvärden och standardavvikelsen användes Excel statistiskt program.

RESULTAT

I de flesta krukor var det en god och jämn rotutveckling. Medeltalet och standardavvikelsen för antalet nybildade cystor visas i Tabell 4.

Tabell 4. Antal nybildade cystor på de olika populationer som ingick i testet (medelvärde och standardavvikelse)

Nr	Population	Potatissort											
		Bintje		Danva		Folva		<i>Solanum multidissectum</i>		Saturna		Seresta	
		medel	st.av.	medel	st.av.	medel	st.av.	medel	st.av.	medel	st.av.	medel	st.av.
1	Gringelstad	152,00	±29,89	1,50	±1,73	3,25	±2,75	78,00	±33,94	98,80	±16,78	0,25	±0,00
2	Lörby	71,50	±22,16	2,00	±1,41	1,25	±1,50	65,50	±6,36	33,80	±8,88	0,00	±0,00
3	Mårtorp	103,00	±43,55	2,50	±1,91	1,75	±1,26	29,00	±1,41	0,50	±1,00	0,00	±0,00
4	Kiaby	56,50	±19,28	2,00	±1,83	11,80	±20,05	51,50	±23,34	32,80	±13,18	0,00	±0,00
5	Våxtorp	252,00	±130,60	0,25	±0,50	1,00	±0,82	25,00	±24,04	0,50	±0,58	0,50	±1,00
6	G15 10	30,30	±17,20	1,75	±1,26	3,50	±2,38	14,50	±2,12	12,80	±2,36	0,00	±0,00
7	Delmsen	66,50	±14,27	42,00	±13,14	85,00	±37,88	32,50	±6,36	74,50	±20,63	1,25	±1,50
8	Hörvik	158,00	±50,21	73,80	±22,69	123,00	±45,24	0,00	±0,00	155,00	±27,20	0,25	±0,58
9	Löttorp	88,80	±24,60	53,50	±14,39	54,00	±46,21	0,00	±0,00	82,50	±6,24	0,25	±0,50
10	Nymö	258,00	±34,73	85,50	±58,07	135,00	±61,00	0,00	±0,00	297,00	±60,47	0,75	±0,96
11	Sundsvall	279,00	±88,20	63,60	±22,35	86,00	±26,56	0,00	±0,00	179,00	±75,27	0,25	±0,50
12	Glaryford	51,50	±37,71	42,50	±37,37	64,00	±33,14	0,00	±0,00	79,30	±16,78	0,00	±0,00

Av tabellen framgår, att det också i detta test var skillnad mellan antalet nybildade cystor på den mottagliga sorten Bintje i relation till nybildningen på andra sorter. Skillnaderna var dock mycket mindre än de som erhöles i Mandurics (2004) test.

Endast någon enstaka cysta utbildades på Saturna av två av populationerna, Mårtorp och Våxtorp. Detta visar att dessa populationer var av virulensgruppen Ro1,4, vilket stämmer med uppgifterna i Tabell 3. Populationerna Gringelstad, Lörby, Kiaby och G1510 utbildade få cystor på Danva, vilket visar att de skulle tillhöra virulensgrupp Ro2,3. G1510 som enligt Tabell 3 var en Ro5, urskiljdes alltså inte. Övriga populationer utbildade många cystor på Danva och Folva och var därför Pa-populationer. Glaryford, som enligt Tabell 3 var en Pa1, skiljdes dock inte ut av *Solanum multidissectum*, som visade sig vara resistent mot alla Pa-populationer utom Delmsen.

DISKUSSION

Man kan konstatera, att det inte var några problem att skilja ut virulensgrupp Ro1,2. Testsorten Saturna var här säkert differentierande. När det gäller övriga populationer av *G. rostochiensis*, så gick det inte att skilja Ro2,3 från Ro5. Den holländska populationen G1510, som enligt uppgift var en Ro5, visade liknande värden som de tre svenska Ro2,3-populationerna Gringelstad, Lörby och Kiaby (som, kommer från stärkelsepotatisodlingar där så kallade resistensbrytande populationer var vanligt förekommande under början av 1980-talet). Danva, som antogs vara mottaglig för Ro5 (Tabell 3) visade således resistens också mot den holländska populationen. I Mandurics (2004) test var Danva mottaglig mot en annan Ro5-population, Hamertz. Det är tydligt att det förekommer ett stort sort-population-samspel, och att Danva troligen inte är en så bra differentierande sort, som man trott. Man kan tänka sig, att det är bättre att föra ihop Ro2,3 och Ro5 till en grupp, Ro2,3,5. Detta har föreslagits av Trudgill (1985).

Ett annat sort-population-samspel tycks gälla Folva. Denna sort antogs vara resistent mot alla *G. rostochiensis*-populationer, men så tycks inte vara fallet, för det blev en hel del cystor på population Kiaby.

När det gäller *G. pallida*-populationerna, så gick det som nämnts inte att skilja Pa1 från Pa2,3. Klonen *Solanum multidissectum* P55/7, som användes i stället för Rocket, medförde således ingen förbättring. Frågan om det reducerade antalet sorter i detta test i förhållande till Mandurics var tillräckligt, kan inte besvaras.

Vad gäller övrig jämförelse mellan Mandurics test i ”closed container” och detta i växthus kan man dra vissa generella slutsatser, trots att det inte har använts exakt samma material:

- variationen i antalet nybildade cystor är stor i båda testerna, men mindre i testet som gjordes i växthus,
- arbetsinsatsen och kostnaderna är mycket större i testet som gjordes i växthus än i ”closed container”-testet

Båda dessa faktorer måste tas i beaktande innan beslut om vilket test som skall användas framgent skall fattas.

Trots alla nackdelar (lång testtid, ojämn rottillväxt, etc.) är biotester de enda tillgängliga testerna för undersökning av virulensen. Än så länge finns det således inga molekylära tester utvecklade för detta ändamål.

REFERENSER

Andersson, S. 1970. A method for the separation of *Heterodera* cysts from organic debris. *Nematologica* 16, 222-226.

Andersson, S. 1987. Den gula potatiscystnematodens (*Globodera rostochiensis*) populationsminskning vid odling av icke- värdväxt och nematodresistent potatis - några preliminära resultat. *Växtskyddsnotiser* 5-6, 145-150.

- Andersson, S. 1997. Potatiscystnematoderna. *Fakta blad om växtskydd, jordbruk* 79 J.
- Andersson, S. & Eriksson, B. (2001). Nematoder världens vanligaste varelser. *Faktablad om växtskydd* 56 T. SLU Publikationstjänst. Uppsala. 8 pp
- Bakker, J. 2002. Durability of resistance against potato cyst nematodes. *Euphytica* 124, 157-162.
- Bingefors, S. 1971. Potatiscystnematod. I: *Nematoder på växter. LTs* 57-60
- Bingefors, S. 1971. Odlingstekniska åtgärder. I: *Nematoder på växter. LTs*. 113-116.
- Fogelfors, H. 2001. Växtproduktion i jordbruket (*Växters försvar – resistensbiologi*), 294.
- Ireholm, A. 1987. Patotypinventering av potatiscystnematoden (*Globodera rostochiensis* och *G. pallida*) 1980-1982 *Växtskyddsnotiser* 51, 155 – 159.
- Kemner, N. A. 1927. Nematodfaran för vår potatis odling och medlen att förekomma den. *Centralanstalt. F. jordbruksförsök. Flygbl.* Nr.125, Stockholm, 1-4.
- Kort, J. Ross, H. Rumpfenhorst, H. J. & Stone, A. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* 23, 333-339.
- Kühn, J. 1881. Die Ergebnisse der Versuche zur Ermittlung der Ursache der Rübenmüdigkeit und zur Erforschung der Natur der Nematoden. *Berichte Physiologischen Laboratorium und der Versuchsanstalt des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Halle* 3, 1-153. Citerad av Turner, S.J. & Evans, K. 1998. The origins, global distribution and biology of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* (Woll.) and *Globodera pallida* (Stone). I: Marks, R.J. & Brodie, B.B. (eds.). *Potato Cyst Nematodes*. CAB International Wallingford.
- Manduric, S. 2004. Some potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*, issues related to Swedish potato production, Doktorsavhandling, SLU Alnarp, 80 sidor.
- Seinhorst, J. W. 1964. Methods for the extraction of *Heterodera* cysts from not previously dried soil samples. *Nematologica* 10, 84-94.
- Trudgill, D. L. 1985. Potato cyst nematodes: a critical review of the current pathotyping scheme. *EPPO Bulletin* 15, 273-279.