

Efecte de la solarització sobre la producció de patata de Prades (IGP) en un sòl infestat amb *Globodera* spp.

Serra, O.¹, Casals, C.², Ornat, C.¹, Sorribas, F. X.¹

¹ Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia (DEAB) ESAB. Campus Baix Llobregat-UPC, Edifici ESAB, Av. Canal Olímpic, 15, 08860, Castelldefels.

² Delegació Territorial del DAR. Av. Catalunya, 50, 43002-Tarragona

Resum

La patata de Prades és un producte de qualitat amb denominació geogràfica. Els nematodes del quist (*Globodera* spp.) es troben presents a la majoria de les parcel·les i poden causar importants pèrdues de producció. El control es realitza mitjançant l'aplicació de fumigants i nematicides. L'any 2005 es va dissenyar un assaig per determinar l'efecte de la solarització sobre les densitats de població del nematode i en aquest estudi es presenta el seu efecte sobre la producció de patata comparat amb el tractament químic habitual a base de Cadusafos. Les parcel·les solaritzades, van produir entre un 27% i un 45% més que les parcel·les no solaritzades i que les tractades amb Cadusafos. Les densitats de població del nematode, després del conreu de patata, seguien sent inferiors en les parcel·les solaritzades.

Introducció

La patata és una de les principals hortalisses conreades arreu del món ocupant 19 milions d'hectàrees, amb una producció de 3 000 milions de tones. Les principals àrees productores són el centre i l'est d'Europa. A Espanya, es conreen 100 000 ha amb una producció de 3 milions de tones (FAO, 2007). La superfície de conreu i producció de patata a Catalunya representen un 4% i 3%, de la de l'estat espanyol, respectivament, sent Barcelona i Tarragona les principals províncies productores (MAPA, 2006). Dins la província de Tarragona es produeix la "Patata de Prades", inscrita en el registre Comunitari de les Denominacions d'Origen Protegides (DOP), i a la Indicació Geogràfica Protegida (IGP), del reglament CE nº 148/2007. A nivell europeu, la patata de Prades queda reconeguda a través de l'ORDRE ARP/283/2007. La normativa de producció (IGP) inclou com a requisit sembrar patates de la varietat Kennebec. Aquesta varietat és susceptible a *Globodera pallida* i *G. rostochiensis*, els principals nematodes fitoparàsits limitants de la producció de patata arreu del món, inclosos en la llista A2 de quarantena (EPPO, 2004). El nematode provoca un creixement anormal de la planta, que mostra símptomes de nanisme, esgrogueïments, produint una reducció del nombre, mida i pes dels tubercles. Aquests símptomes, es veuen més accentuats depenent de la densitat de la població del nematode, del tipus de sòl i de la producció potencial en les àrees de cultiu (Trudgill, 1991). Les principals pèrdues de producció es produeixen en regions de clima temperat i fred (Smith, *et al.*, 1997). La tolerància del conreu s'estima en 190 ous/100 g sòl (Greco & Crozzoli, 1995). La tolerància de la varietat Kennebec a *Globodera rostochiensis* a Veneçuela, és de 1 ou/cm³ sòl, assolint pèrdues màximes de producció del 73% a densitats de població del nematode de 128 ous/cm³ sòl a l'inici del cultiu (Crozzoli, 2002).

A Prades, el nematode del quist es va detectar a principis dels anys 80 i actualment s'hi troba present en la majoria de parcel·les conreades. Fullaondo *et al.* (1999) van determinar la presència de les dues espècies en mostres de sòl procedents de Prades. Les densitats de població del nematode són variables, arribant a densitats de fins a 175 ous/cm³ de sòl. El control de *Globodera* es realitza mitjançant l'aplicació de nematicides en presembra. No obstant, la inclusió de les Muntanyes de Prades dins el Pla d'Espais d'Interès Naturals (PEIN), aprovat per la Generalitat de Catalunya per donar resposta a la problemàtica de conservació i ús sostenible dels valors naturals i de desenvolupament socioeconòmic, obliga a buscar alternatives de maneig de baix impacte ambiental en l'àmbit de l'agricultura sostenible. A les muntanyes de Prades, la patata es conrea cada dos anys en la mateixa parcel·la. El sistema de rotació habitual és patata-cereal. L'any 2005, Sacristan *et al.* (2006) van realitzar un assaig en una parcel·la per avaluar l'efecte del cultiu trampa i la solarització, amb un disseny factorial 2x2, sobre les densitats de població del nematode de quist de la patata. Els resultats de l'assaig van mostrar que només el factor solarització (57 dies des de mitjans de juliol a setembre, amb una temperatura mitjana de 34°C a 15 cm de profunditat) era significatiu.

El present treball és una continuació del de Sacristan *et al.* (2006) per a determinar l'efecte de la solarització, realitzada l'any 2005, sobre la producció de patata de l'any 2006, i estimar el benefici econòmic de la solarització respecte al tractament químic habitual.

Materials i mètodes

L'assaig es va dur a terme en la mateixa parcel·la on Sacristan *et al.* (2006) van realitzar l'assaig per determinar l'efecte del cultiu trampa i la solarització envers les poblacions de *Globodera spp.* La parcel·la estava localitzada al terme municipal de Prades, Baix Camp, a 950 m sobre el nivell del mar. La seqüència de rotació seguida a la parcel·la durant els últims 10 anys era patata-cereal, sent el cultiu de patata biennal. Es va mantenir el disseny experimental (factorial 2x2, cultiu trampa x solarització) i es van mostrejar parcel·les addicionals, situades a la mateixa finca, per a incloure en l'assaig el tractament control químic habitual, consistent en Cadusafos 10% a una dosi de 110 kg/ha. Cada tractament constava de 8 parcel·les elementals de 6 m d'amplada per 6 m de llargària (36 m²).

La patata es va sembrar l'abril de 2006 i es va collir el mes de setembre de 2006 seguint les indicacions de les normes IGP. L'estimació de la producció total es va fer a partir del pes de les patates procedents de la part central (2 fileres x 1,8 m) de cadascuna de les parcel·les. També es va realitzar una estimació visual del percentatge de les que presentaven símptomes de sarna comuna (*Streptomyces scabies*) i el pes de patates no comercials per estar afectades per la sarna en més del 33% de la seva superfície, tal com indica la norma IGP de les patates de Prades.

La densitat de població del nematode es va determinar just abans de sembrar la patata i abans de collir els tubercles. Es van prendre les mostres de sòl de cada parcel·la per determinar les densitats de població del nematode a l'inici (Pi) i al final (Pf) del conreu, respectivament. Cada mostra consistia en 8 submostres dels primers 30 cm de sòl preses en ziga-zaga amb una sonda tipus Auger de 2,5 cm de diàmetre. Les mostres de sòl es van homogeneïtzar i secar a temperatura ambient, i els quists es van extreure de 100 cm³ de sòl mitjançant el mètode de Southey (1974) modificat. Els quists, es van trencar amb un homogeneïtzador per alliberar els ous i juvenils i es van comptabilitzar amb una cambra de recompte tipus Hawksley al microscopi òptic.

La determinació de les espècies de *Globodera* es va realitzar mitjançant mètodes moleculars (Bulman & Marshall, 1997), tant al laboratori de Sanitat Vegetal de la Generalitat de Catalunya, com al del DEAB. La determinació es va realitzar de mostres procedents de les diferents parcel·les, tan al inici com al final del conreu.

Les dades de producció total de patata, producció de rebuig, percentatge de patates afectades per sarna, i densitat de població de nematodes, van ser sotmeses a anàlisi de variància. Quan l'anàlisi era significatiu, la separació de mitjanes es va fer mitjançant la prova de rang múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$). Previ

a l'anàlisi, les dades de densitats de població van ser transformades a $\text{Log}(x+1)$, i el percentatge de patates afectades per sarna a $\arcsin(\sqrt{x})$.

La comparació del cost del tractament químic respecte la solarització es va realitzar sobre una superfície d'una hectàrea, considerant els preus aproximats de mercat i tenint en compte només els costos diferencials, es a dir, no es van comptabilitzar el costos propis del cultiu que eren iguals per als dos tractaments.

Resultats i discussió

Globodera rostochiensis va ser la única espècie infestant de la parcel·la. Donat que en l'assaig realitzat per Sacristan et al. (2006) tant sols l'efecte del factor "Solarització" era significatiu sobre les densitats de població del nematode, les dades d'aquest assaig es van tractar considerant el factor "Solarització" versus "No Solarització". Les densitats de població del nematode en presembra de patata eren inferiors a les densitat de població de l'any anterior (Sacristan et al., 2006), independentment del tractament rebut, degut a la davallada natural quan no hi a cultiu. No obstant, es van mantenir les diferències ($P \leq 0,05$) entre "Solarització" i "No Solarització" (**Error! No s'ha trobat l'origen de la referència.**). La densitat de població del nematode en les parcel·les del tractament "Químic" no diferien ($P \leq 0,05$) de les parcel·les del tractament "No Solarització" (Taula 1).

Taula 1 Densitat de població de *G. rostochiensis* en presembra de patata 2006.

Tractament	Ous i juvenils /100 cm ³ de sòl
Solarització	192± 98 A
No Solarització	554± 241 B
Químic	531± 258 B

Les dades són mitjanes ± desviacions estàndards de 16 repeticions per els tractaments. Valors a la mateixa columna seguits de diferents lletres són significativament diferents d'acord amb la prova de Tukey ($P \leq 0,05$)

Al final del conreu, la densitat de població de *G. rostochiensis* va ser inferior ($P \leq 0,05$) en les parcel·les del tractament "Solarització" que en la resta de tractaments (Taula 2), mantenint-se les diferències que hi havia a l'inici del conreu. La taxa de reproducció (P_f/P_i) del nematode va ser similar ($P \leq 0,05$) en tots els tractaments (Taula 2)..

Taula 2 Densitat de població de *G. rostochiensis* al final del conreu de patata 2006 i taxa de reproducció (Pf/Pi).

Tractament	Ous i juvenils / 100 cm ³ de sòl	Pf/Pi
Solarització	482± 391 A	2,98± 2,34 A
No Solarització	1.123± 245 B	2,46± 2,04 A
Químic	899± 812 B	2,24± 1,53 A

Les dades corresponen a les mitjanes de 16 repeticions ± desviacions estàndards. Valors a la mateixa columna seguits de diferents lletres són significativament diferents d'acord amb la prova de Tukey ($p \leq 0.05$)

La producció de patates en els tractaments "No Solarització i "Químic" va ser similar, però 6,2 i 9,1 tones inferior ($P \leq 0,05$) a la del tractament "Solarització", respectivament (Taula 3).

Taula 3 Producció de patata al conreu del 2006.

Tractament	Producció kg /ha
Solarització	28.923± 3.555 A
No Solarització	22.766± 4.039 B
Químic	19.826± 5.333 B

Les dades corresponen a les mitjanes de 16 repeticions ± desviacions estàndards. Valors a la mateixa columna seguits de diferents lletres són significativament diferents d'acord amb la prova de Tukey ($p \leq 0.05$)

La incidència de la sarna comuna va ser menor ($P \leq 0,05$) en els tractaments "Solarització" i "No Solarització" que en el tractament "Químic" (taula 4). El pes total de patates de rebuig per tenir una severitat de la malaltia superior al 33%, va ser inferior ($P \leq 0,05$) en el tractament "Solarització" que en la resta de tractaments (taula 4)..

Taula 1 Incidència de la sarna comuna en patata i pes de les patates de rebuig per presentar més d'un 33% de severitat de la malatia.

Tractament	Kg /ha rebutjats per Sarna comuna	% incidència sarna comuna
Solarització	831± 1.723 A	13 ±14 A
No Solarització	3.322± 3.045 B	16 ±10 A
Químic	5.662± 4.157 B	95 ±5 B

Les dades corresponen a les mitjanes ± desviacions estàndards de 16 repeticions. Valors a la mateixa columna seguits de diferents lletres són significativament diferents d'acord amb la prova de Tukey ($p \leq 0.05$)

Valoració econòmica

El cost econòmic de cadascun dels tractaments es va estimar d'acord a les següents consideracions:

Químic :

Cadusafos (10%): La dosi recomanada d'aplicació és de 80 – 140 kg/ha. Considerant la dosi mitjana de 110 kg/ha a un preu de 8.81 €/kg, el cost del tractament és de 969 € (110 kg x 8,81€/kg). No és considera el cost de la maquinari ja que l'aplicació es realitza habitualment al mateix temps que es fa l'adobat de fons, pràctica que també es fa la resta de tractaments de l'assaig.

“Solarització”:

El cost del lloguer de la maquinaria i el plàstic necessari per una superfície de 1 ha és de 1.350 €. El temps de col·locació del plàstic i segellat del terra es va estimar en 3.17 h/ha segons la formula:

$Co (ha/h) = a (m) \times V (km/h) \times 0,1 \times \eta$, on

a es l'amplada de treball (3m);

V (es la velocitat tractor);

0,1 és el factor per passar a ha; i

η (0,7) el factor de rendiment del tractor.

El preu d'una hora de tractor amb tractorista es va estimar en 20€/h i el preu d'un operari no qualificat a 14€/h.

En total doncs, el cost de la solarització seria de 1 458 €/ha:

Cost plàstic i lloguer de la maquinària = 1 350 €/ha +

Cost personal= (3,17 h/ha x 20 €/h)+(3,17 h/ha x 14 €/h) = 108 €/ha.

Per tant, el cost de la solarització va ser 489 €/ha superior al del control químic (Taula 5).

El preu de la patata va ser de 0,85 €/kg. Així, el valor de la producció en els tractaments “Solarització” i “Químic” va ser de 24 585 €/ha i 16 852 €/ha, respectivament (Taula 5).

Taula 5 Costos directes dels tractaments “Solarització” i “Químic”, valor de la producció total de patata, valor de les pèrdues de producció per sarna comuna, benefici de cadascun dels tractaments i diferencia entre ells

	Solarització	Químic	Diferencia
Costos directes (€/ha)	-1 458	- 969	- 489
Valor Producció Total (€/ha)	24 585	16 852	7 733
Pèrdues per sarna comuna (€/ha)	- 706	- 4 813	4 107
	22 421 €	11 070 €	11 351 €

En les condicions del nostre assaig, encara que el cost del tractament “Solarització” va ser superior al “Químic”, el benefici resultant de solaritzar seria de 7 244 €/ha (7 733 - 489). Aquest benefici incrementaria fins a 11 351 €/ha (4 107 €/ha més) si consideréssim les pèrdues econòmiques causades per la sarna comuna. (taula 5).

Cal assenyalar la menor densitat de població del nematode al final del conreu de patata en les parcel·les del tractament "Solarització", que sumat al declivi natural de la població durant el període sense planta hoste (més d'un any), podria ser que l'efecte de la solarització servís per a més d'una campanya, hipòtesi que caldrà contrastar.

El benefici econòmic de solaritzar el sòl variarà en funció de diversos factors com el valor comercial de la patata, els preus del plàstic, el lloguer de maquinària, el sou dels operaris, així com de les condicions meteorològiques durant el període de solarització, i del cost i eficàcia del nematicida, entre d'altres. És per això que l'assaig està sent repetit en una nova superfície per confirmar els resultats d'aquest treball.

Dels resultats obtinguts fins el moment, la solarització es presenta com una alternativa efectiva i econòmicament justificable per al maneig de *Globodera rostochiensis*, tal i com ha estat constatat en altres àrees mediterrànies de producció com Itàlia (Greco et al., 2000), i Mallorca (Talavera, *com pers.*), a més de ser una tècnica adient per a ser utilitzada en l'àrea de producció de patata de les Muntanyes de Prades per ser una zona inclosa en el Pla d'Espais d'Interès Naturals (PEIN).

Agraïments

Els autors volen expressar el seu agraïment a en Pere Casals per la confiança que ens ha fet deixant una part de la parcel·la per a fer els assaigs. A n'Ester Torres i na Carmina Monton del Laboratori de Sanitat Vegetal del DAR pel seu suport en el procés d'identificació molecular de les espècies de *Globodera*. A na Sheila Alcala pel seu suport al laboratori del DEAB.

Bibliografia

- Bulman, S. R. & Marshall, J. W. (1997). Differentiation of Australasian potato cyst nematode (PCN) populations using the polymerase chain reaction (PCR). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 25, 123-129.
- Crozzoli, R. (2002). Especies de nematodos fitoparasíticos en venezuela. *Interciencia*, 27, 354-364.
- EPPO. (2004). *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. *Bulletin OEPP/EPPO*, 34, 309-314.
- FAO. (2007). <http://faostat.fao.org>. Faostat, Date-20/12/2007.
- Fullaondo, A., Barrena, E., Virivay, M., Barrena, I., Salazar, A., & Ritter, E. (1999). Identification of potato cyst nematode species *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* by PCR using specific primer combinations. *Nematology*, 1, 157-163.

- Greco, N.; Brandonisio, A.; Dangelico, A. (2000). Control of the potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, with soil solarization and nematicides. *Nematologia Mediterranea*, 28: 93-99
- Greco, N. & Crozzoli, R. (1995). Nematodo del quiste de la papa. *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*. Aspectos generales. *Fitopatología Venezolana*, 8, 27-32.
- MAPA. (2006). Anuario de Estadística Agraria. Ministerio De Agricultura Pesca y Alimentación. España.,
- Sacristan, D., Tarragó, C., Casals, C., Sorribas, F. J., & Ornat, C. (2006). Manejo de *Globodera* spp. En cultivo de patata en la cordillera de Prades mediante cultivo trampa y solarización. *Nutrifitos*, 163, 117-119.
- Smith, I. M., McNamara, D. G., Scott, P. R., and Holderness, M. V. (1997). *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* Data Sheets on Quarantine Pests. In: (eds) Quarantine Pest for Europe, pp.601-606. ed. CAB International & EPPO.UK,
- Southey, J. F. (1974). Methods for detection of potato cyst nematodes. *Bulletin OEPP/EPPO*, 4, 463-473.
- Trudgill, D. L. (1991). Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annual Review Phytopathology*, 29, 167-192.