Conclusiones Proyecto FEDER 1420-02: ***"Manejo de enfermedades del suelo y patógenos emergentes en cultivos hortícolas: pimiento, alcachofa, lechuga y brasicas"***

La Alberca, 28-nov-2018

Patologías de suelo (nematodos) en pimiento

Caridad Ros Ibáñez
Carmen María Lacasa Martínez
Victoriano Martínez Alarcón
Adriana Esteban López
Mª Angeles Hernández Colucho
Carmen Martínez Lluch
Jerónimo Torres Corcuera

Región de Murcia

UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario

PROYECTO FEDER 14-20-02, cofinanciado en un 80% por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Meloidogyne sp en pimiento en el Campo de Cartagena

En el 2003 aparecieron los primeros problemas con nematodos con las alternativas al bromuro de metilo.

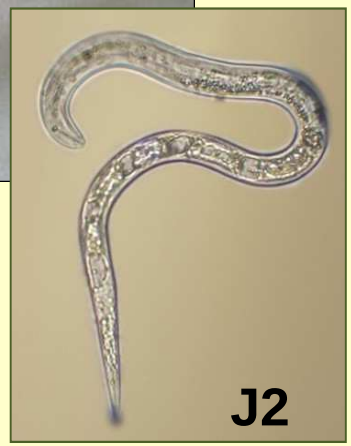
A partir de las restricciones del uso de los fumigantes del suelo se convirtieron en un problema emergente (2009).

En los últimos años se ha convertido en un problema difícil de paliar en algunos invernaderos.

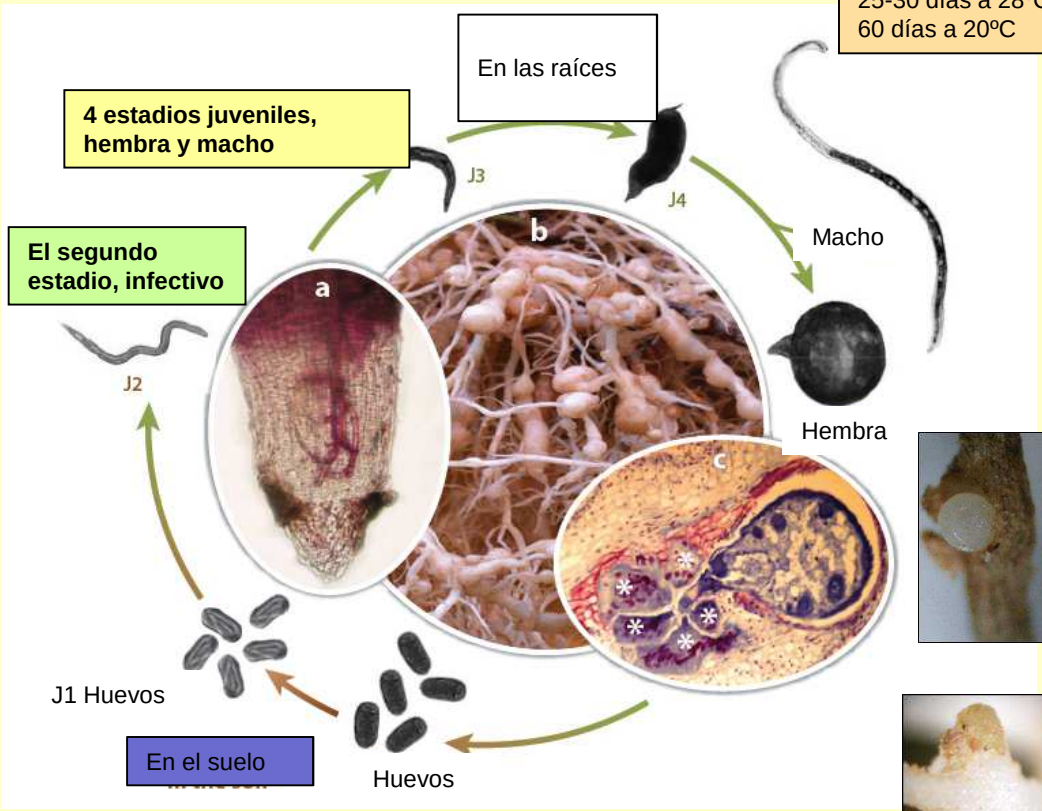
Meloidogyne sp nematodo ligado al pimiento

Especies polífagas

Meloidogyne incognita
Meloidogyne arenaria
Meloidogyne hapla
Meloidogyne hispanica



Duración ciclo:
25-30 días a 28ºC.
60 días a 20ºC



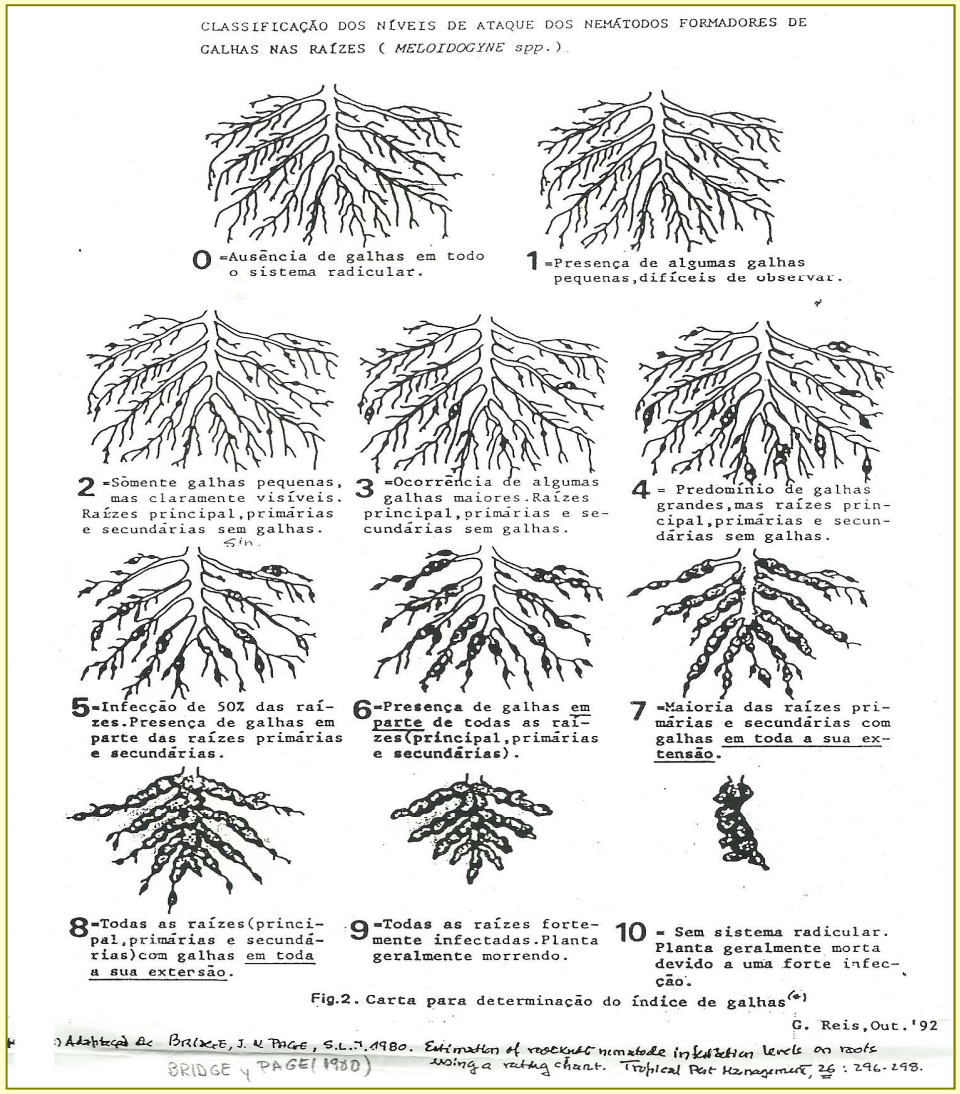
Reproducción
partenogenética
100 a 1000 huevos /masa

Sintomas y daño en el cultivo

Marchitamiento apical

Amarilleos de la copa

Indice de agallas



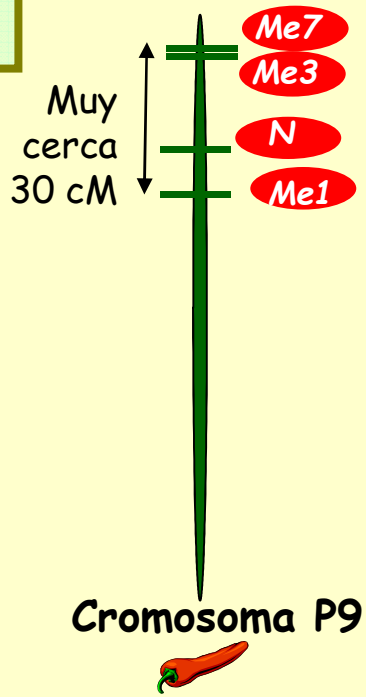
Control Meloidogyne

- Fumigantes químicos en uso: 1,3-dicloropropeno (restricciones), Metam sodio, Dazomet, Cloropicrina. Nuevos desinfectante: Dimetil disulfito (ensayo demostración)

- La biosolarización:
  - Iniciada en agosto resultados aleatorios nematodos
  - En septiembre muestra deficiencias muy notables que se mejora con la adición de algunas enmiendas (Bagazo de cerveza, Torta de colza)
  - La combinación de la BS + injerto población avirulenta al gen *Me3*

- Estrategias:
  1. Combinación desinfección suelo + resistencias
  2. Rotación cultivos para disminuir plón: brasicas, forrajeras
  3. Aplicación productos: Oxamilo, Fluopiran

Resistencias genéticas a nematodos en pimiento



Existen 3 genes *Me1*, *Me3*=*Me7* y *N*

En ensayos con **porta-injertos**

- El gen *Me3* es remontada cuando se reitera el cultivo
- El gen *Me1* no es remontada

- La base genética donde se introduce un gen influye en la expresión del mismo. → **Estrategias de manejo**

- La rotación gen *Me3* y *Me1* reducen los daños en el ss cultivo *Me3*
- El co-cultivo gen *Me1* y *Me3* disminución de daños en las raíces gen *Me3*.

PROYECTO FEDER 1420-02

Desarrollo y mejora de la producción

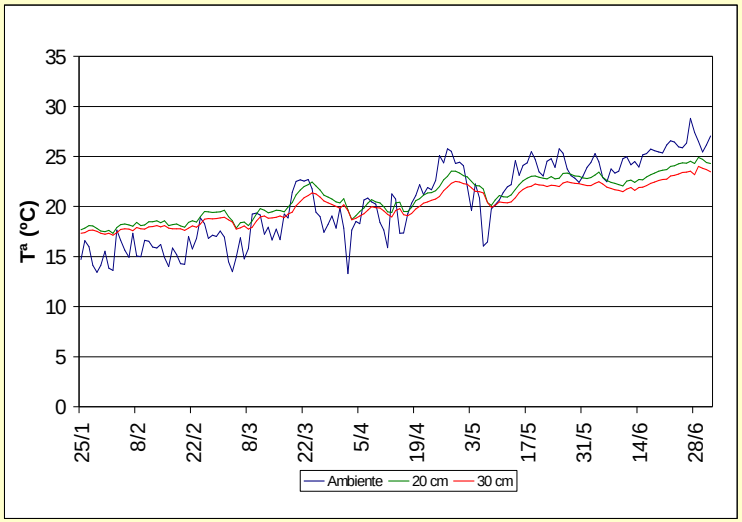
Inviernos más suaves
Cambios en los sistemas productivos

Diseñar estrategias para el control

Parámetros epidemiológicos *Meloidogyne*

Estrategias uso resistencias al nematodo

Evaluación nuevas enmiendas BS



Estrategias integradas desinfección de suelo + resistencia al nematodo

Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Caracterización poblaciones del Campo de Cartagena

- Prospección 30 poblaciones de diferentes invernaderos del CC
- Establecidas a partir de una sola masa de huevos y multiplicadas sobre la variedad Marmande susceptible al nematodo
- Se estudia la variabilidad patogénica frente a los genes *Me3* y *Me1*
- Condiciones controladas

Diseño experimental

- **Genotipos:**
  - **Lamuyo**
  - **HDA 149 (*Me3* /Me3)**
  - **HDA330 (*Me1/Me1*)**
  - **Terrano (*Me1/me1*)**
  - **Alcos (resist intermedia)**
- **10 plantas/genotipo**
- **400 J2 población problema**

- **Indice de agallas (0-10)**
- **Nº masas de huevos/pl**

Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Caracterización poblaciones del Campo de Cartagena

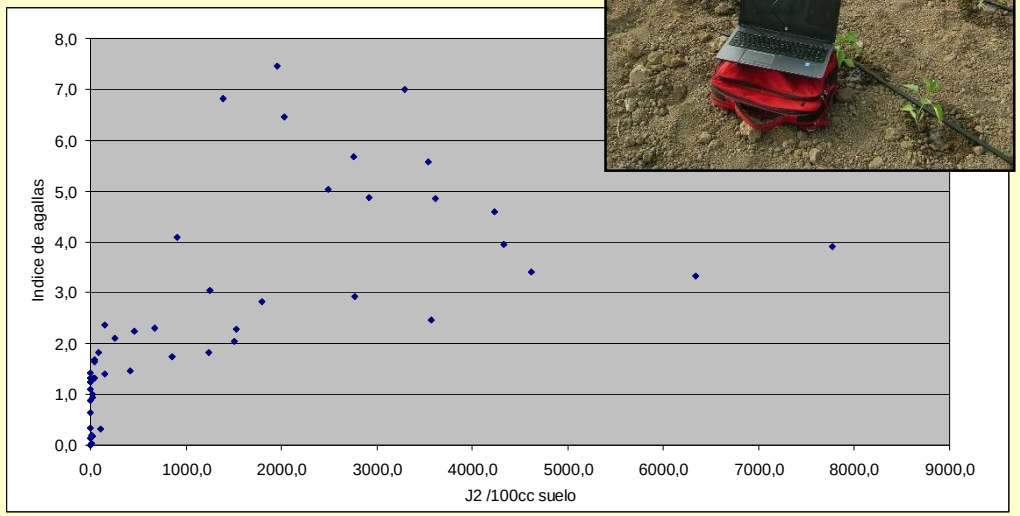
30 poblaciones
- 28 *Meloidogyne incognita*
- 2 *Meloidogyne arenaria*

	HDA330 (Me1/Me1)		HDA149 (M3/Me3)		Terrano (Me1/me1)		Oscos (Me3/me3)		Alcos (R.Parcial)		Lamuyo (Susceptible)	
Aislado	IA[a]	MHs[b]	IA[a]	MHs[b]	IA[a]	MHs[b]	IA[a]	MHs[b]	IA[a]	MHs[b]	IA[a]	MHs[b]
N6	0,2ab	0,2ab	3,3b	53,9c	1,0cd	3,4c	3,2c	66,5c	2,8def	52,0cde	3,5cd	50,3d
N9	0,4abc	0,5abc	0,0a	0,0a	0,7bc	0,9ab	0,0a	0,0a	1,9bc	10,6b	2,0b	16,8b
N10	0,2ab	0,2ab	0,0a	0,0a	0,2a	0,3a	0,0a	0,0a	0,9a	4,5a	1,0a	5,4a
N16	0,4abc	0,6bc	0,0a	0,0a	0,4ab	0,8ab	0,0a	0,0a	2,0bc	40,3c	3,6cd	44,5cd
N17	0,6bcd	1,1cde	0,1a	0,1a	1,4d	11,4d	0,0a	0,0a	3,25fg	74,4e	4,3e	48,8cd
N18	0,8d	1,9de	0,1a	0,1a	1,1cd	4,5c	0,4b	0,5b	3,6fg	41,1cd	3,9de	58,3d
N29	0,6bcd	0,6bc	3,1b	40,9b	1,0cd	3,1c	2,8c	57,4c	2,9efg	60,2de	3,4cd	58,1de
N36	0,0a	0,0a	0,0a	0,0a	0,2a	0,3a	0,0a	0,0a	2,3cd	33,6c	3,0c	88,4ef
N44	0,0a	0,0a	0,0a	0,0a	0,2a	0,5	0,0a	0,0a	2,6de	18,2b	3,8de	26,9bc
Inv E	0,7cd	0,9bc	0,1a	0,1a	0,6b	0,3a	0,0a	0,0a	1,7b	14,7b	5,3f	115,2f
Inv CH	0,9d	2,0e	4,4c	58,4c	0,4ab	1,7b	3,9d	57,5c	1,8b	18,8b	4,4e	82,1ef

Manejo de *Meloidogyne incognita*

Determinación parámetros epidemiológicos

Tratamientos
T1: Inoculado
T2: No inoculado + Oxamilo
T3: No inoculado



Dos campañas consecutivas

Modelo matemático

Factor de corrección EC vs EL

Diseño experimental

- **Suelo biosolarizado octubre**
- **Inoculación MI-avirE: 400j2/pl**
- **Tratamiento mensual con Oxamilo**
- **Bloques al azar 4 rep. de 45 pls**

Parámetros a medir

- **Temperatura del suelo a 15 y 30 cm**
- **Indice de agallas (0-10)**
- **Porcentaje pls afectadas**
- **Nº masas de huevos x pl**
- **Producción comercial (T1, T2 y T3)**

Manejo de *Meloidogyne incognita*

Determinación parámetros epidemiológicos

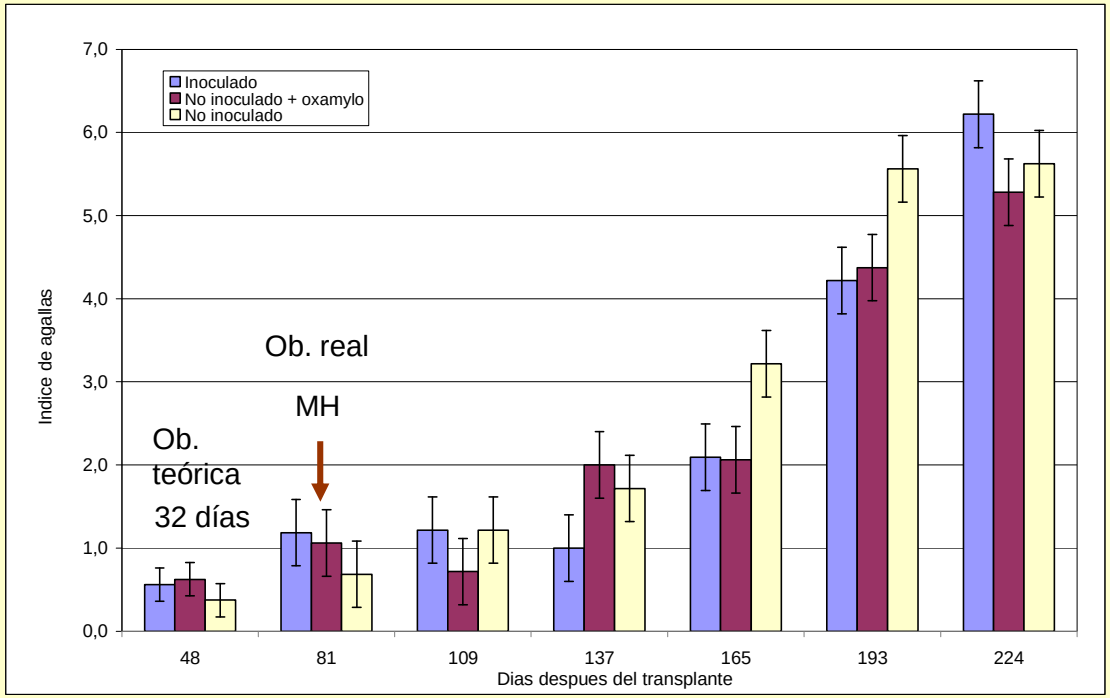
¿Cuándo se observan los primeros daños?

¿Somos capaces de reconocer cuando se da la 1º generación? ¿Número de generaciones al año?

¿Aumentando la densidad poblacional del suelo en el momento del transplante, se aumentan los daños, se adelantan la 1º generación?

¿Somos capaces de hacer tratamientos en el momento más susceptible del patógeno?

Evolución de los daños

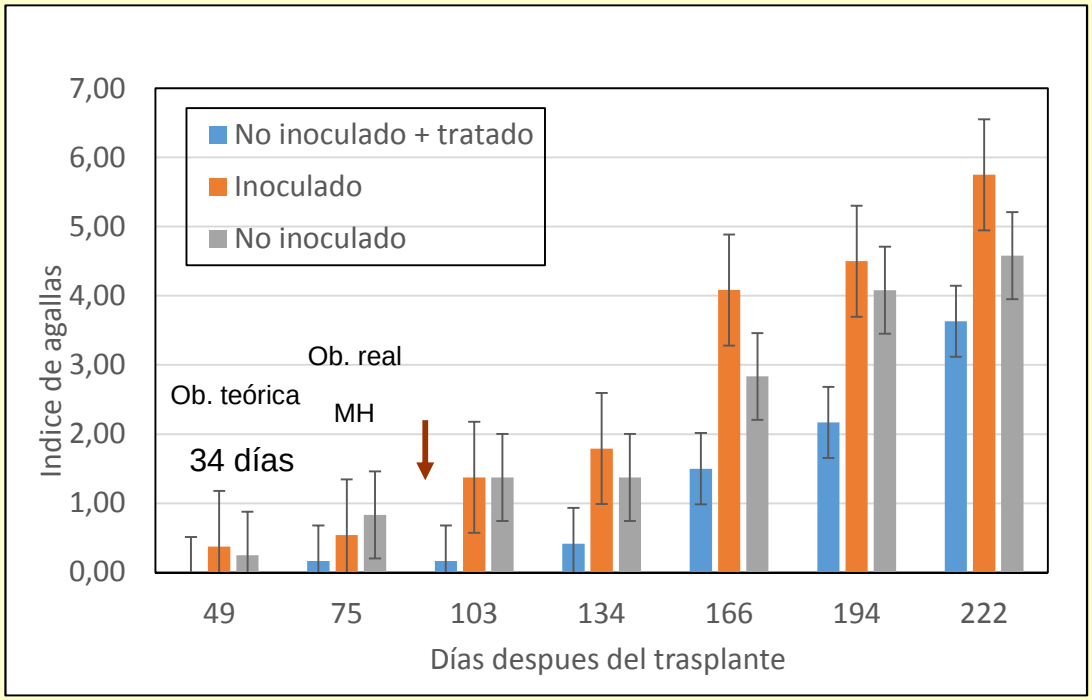


Campaña 2016-2017

♀ → 18ºC 189 GD
21ºC 146 GD

MH → 21ºC 280 GD

Campaña 2017-2018



Juveniles en el suelo

Campaña 2016-2017

1º G

Días después transplante	48	81	109	137	165	193	224
Inoculado	1,2ab	83,9a	1506,0c	1797,9a	6342,5b	4231,8a	3288,4a
No inoculado + tratado	2,0b	32,3a	415,3a	1244,0a	1533,0a	4323,9a	2752,9a
No inoculado	0,7a	47,6a	856,5b	3575,3a	4621,25b	2913,7a	2034,3a

Campaña 2017-2018

1º G

Días después transplante	49	75	103	134	166	194	222
Inoculado	0,0a	0,0a	102,8b	220,0b	249,3b	1497,3b	165,5b
No inoculado + tratado	0,0a	0,0a	3,3a	292,8b	28,3a	235,3a	18,00a
No inoculado	0,0a	0,3a	66,0b	29,8a	851,8b	1070,0b	167,5b

Campaña 2017-2018

Evolución de los daños

Bondad del muestreo

Inoculado

400J2/pl

Días después transplante	49	75	103	134	166	194	222
Evaluación en campo	0,4a	0,5a	1,3a	1,8a	4,1a	4,5a	5,8a
Evaluación en laboratorio	0,9b	1,0b	2,3a	2,5a	4,7a	5,7a	6,2a

Población natural

Días después transplante	49	75	103	134	166	194	222
Evaluación en campo	0,2a	0,8a	1,4a	1,4a	2,8a	4,08	4,58
Evaluación en laboratorio	0,8b	1,3a	2,0a	2,0a	3,5a	5,63	5,33

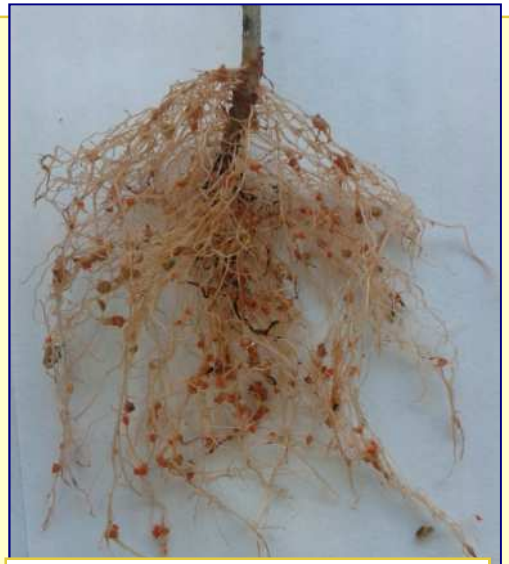
Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Evaluación de nuevas resistencias

Banco de germoplasma adaptadas a las condiciones climáticas de nuestra zona productora

Inoculación

- **Poblaciónes *M. incognita* virulenta y avirulenta al gen *Me3***
- **400 J2 / planta**
- **Plantas en macetas de 200 ml**
- **25ºC. Fotoperiodo de 16 h luz**



8 semanas después

Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Evaluación de nuevas resistencias

Genotipos	MI-E (avirulento *Me3*)			MI-CH (virulento *Me3*)		
	IA[a]	MHs[b]	% plantas[b] afectadas	IA[a]	MHs[b]	% plantas[b] afectadas
Carolina Cayene (N)	0,2ab	0,2ab	20,0ab	1,2a	26,4b	100,0a
Carolina Wonder (N)	0,0a	0,0a	0,0a	5,1fg	235,8de	100,0a
Charleston Belle (N)	0,0a	0,0a	0,0a	5,0fg	224,8de	100,0a
K-522	1,1bcd	50,4b	40,0bc	4,6efg	191,8de	100,0a
K-801	3,6ef	213,0cd	100,0d	5,2fg	230,0de	100,0a
K.P.	3,9ef	288,6d	100,0d	4,0def	179,2de	100,0a
P13	**1,4cd**	**16,0b**	**100,0d**	**2,4bc**	**64,8bc**	**100,0a**
P26 (*Me 7 = Me3*)	0,0a	0,0a	0,0a	3,6cde	69,0bc	100,0a
P32	**1,2cd**	**12,8b**	**100,0d**	2,0b	47,2b	100,0a
P33	**1,2cd**	**8,4b**	**100,0d**	ne	ne	100,0a
P36	**0,6bc**	**6,6ab**	**60,0c**	**1,0a**	**10,2a**	**100,0a**
PI-152225	2,8e	102,0c	100,0d	1,2a	38,6b	100,0a
PI-159536	3,9ef	278,8cd	100,0d	4,0def	136,6cd	100,0a
S.G.	0,2ab	0,4ab	20,0ab	3,2cd	62,8bc	100,0a
T.C.	5,1f	250,8cd	100,0d	4,5defg	257,0de	100,0a
Yahualica	1,6d	77,4b	40,0bc	3,5de	197,6de	100,0a
DLL (S)	**5,2f**	**283,0cd**	**100,0d**	**5,5g**	**299,4e**	**100,0a**

Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Evaluación de nuevas resistencias en condiciones de campo

Diseño experimental

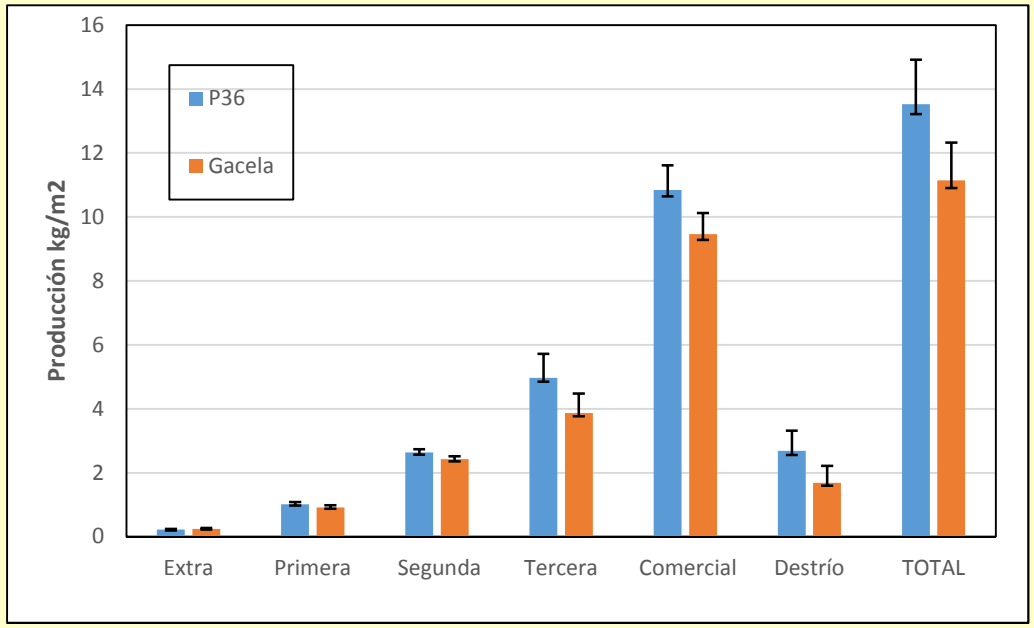
- Suelo biosolarizado octubre
- Suelo infestado con población virulenta al gen *Me3*
- Bloques al azar 4 rep. de 45 pls
- Porta-injerto resistente P36
- Variedad referencia Gacela

Tratamiento	30-7-2018	
	IA	% PI
P36	0,9a	56,7a
Gacela (S)	5,7b	100,0b

89,1 % reducción J2

Parámetros a medir

- Indice de agallas (0-10)
- Porcentaje pls afectadas
- Nº Masas de huevos
- Juveniles en el suelo



Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Piramidalización de genes

Diseño experimental

- Invernadero con población virulenta al gen *Me7*
- Suelo sin desinfectar
- Bloques al azar 3 rep. de 53 pls
- Referencia:

  Traviata sobre suelo desinfectado 1,3 D+ Pic

Parámetros a medir

- Indice de agallas (0-10)
- Porcentaje pls afectadas

Resultados

Tratamientos	IA	%PI
H 13 (*Me1* y *Me3*)	0,5a	20,0 a
H 17 (*Me1* y *Me7*)	0,8a	60,0 b
H 37 (*Me3* y *Me7*)	3,6b	100,0 c
Suelo desinfectado 1,3-D+Pic	2,7 b	86,7 bc

Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Estudio influencia background

Diseño experimental

- Suelo biosolarizado
- Infestado con población en vías de selección virulencia al gen *Me3*
- Bloques al azar 4 rep. de 45 pls
- Plantas injertadas sobre:

  Belrubí x SCM → B7

  Costal x SCM → C7

  Datler x SCM → D7
- Referencia: Gacela sin injertar

Parámetros a medir

- Temperatura del suelo a 15 y 30 cm
- Indice de agallas (0-10)
- Porcentaje pls afectadas
- Nº masas de huevos x pl
- Producción comercial

Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Estudio influencia background

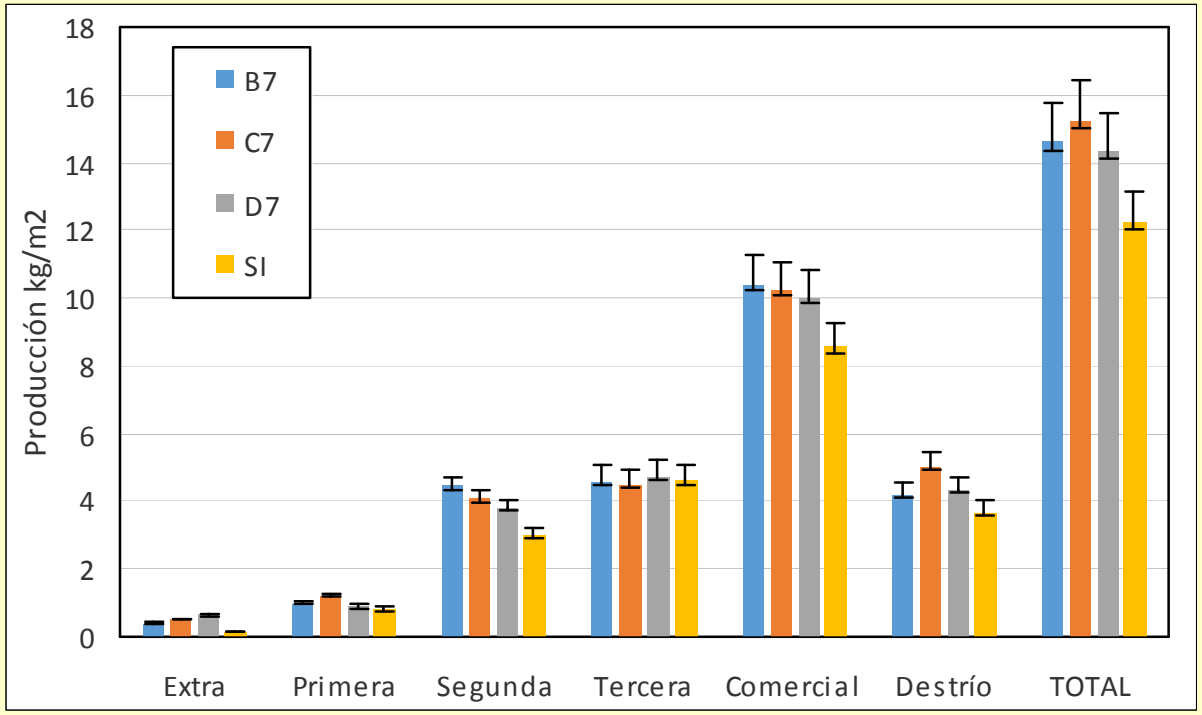
Incidencia *M. incognita*

Genotipos	30-7-2018	
	IA	%PI
B7	4,4c	100,0b
C7	2,1a	85,0a
D7	3,2b	100,0b
Gacela	5,7c	100,0b

Juveniles en suelo

Genotipos	J2
B7	60,3a
C7	58,3a
D7	91,0a
Gacela	170,3b

Producción



Estrategias integradas

Combinación desinfecciones químicas y resistencias genéticas

Diseño experimental

- **Suelo desinfectado 1.3 dicloropropeno**
- **Variedad portadora resistencia: Yazir**
  Angus
- **Referencia: Variedad sin resistencia**
  Tamarin
- **Bloques al azar 3 rep.**

Parámetros a medir

- **Temperatura del suelo a 15 y 30cm**
- **Indice de agallas 5 pls/fila (0-10)**
- **Porcentaje pls afectadas por *M. incognita***
- **Juveniles J2/100cc (20 puntos/muestra)**

2º año	3ºaño	4º año
SS →	SSS	SSSS
SR	SRS	SRSR
	SRR	SRRR
	SRR_{sd}	SRRR RT17
RR	RRR	RRRR
	RRS	RRSR

Niveles poblacionales altos

Estrategias integradas

Combinación desinfecciones químicas y resistencias genéticas

¿Cuánto se reducen los daños con la variedad resistente?

¿Cuánto se reduce la población del suelo de la variedad resistente con respecto la susceptible?

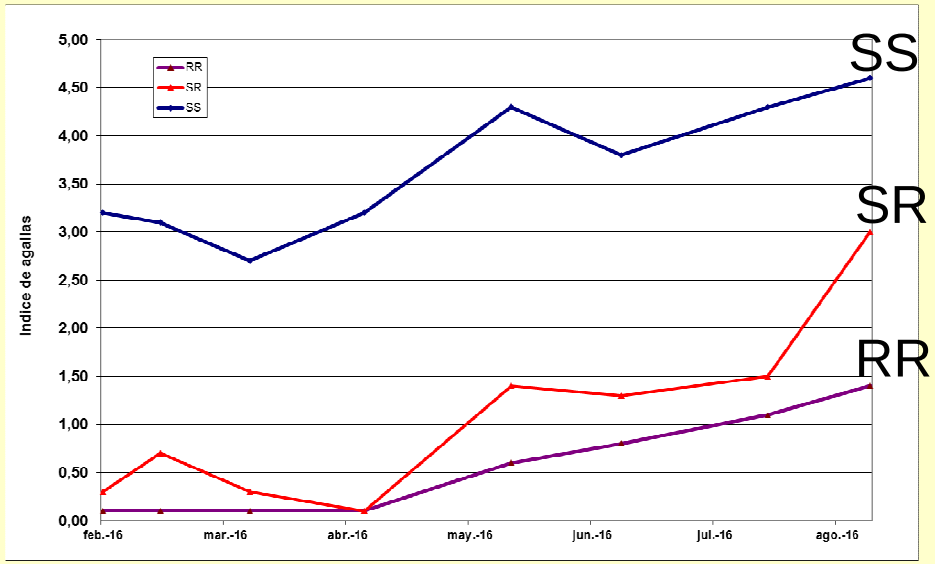
¿Cuál es el potencial infectivo de las masas de huevos de la variedad resistente y del suelo?

¿Cuál es la estrategia de manejo de la resistencia más efectiva ?

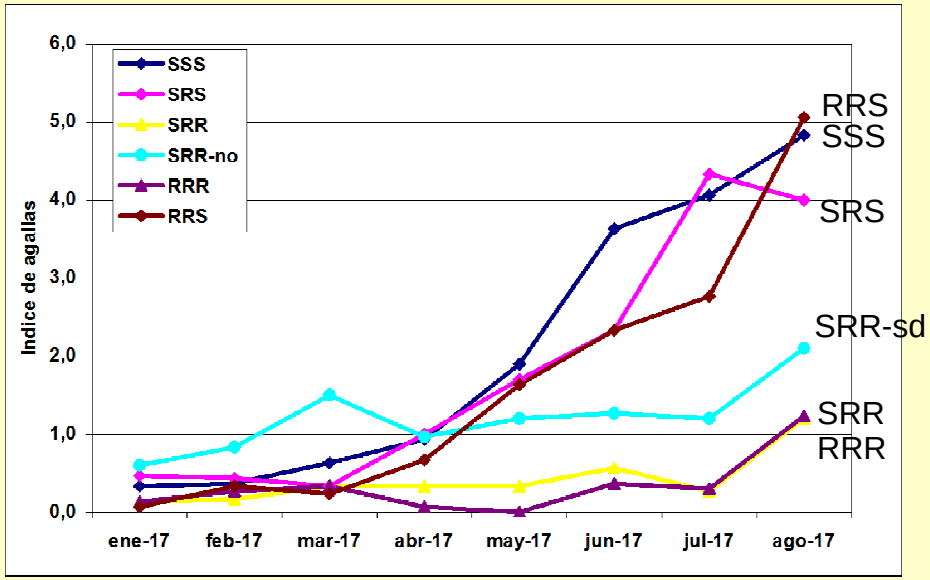
Evolución de los daños

IA= índice de agallas

1º año reiteración



2º año reiteración



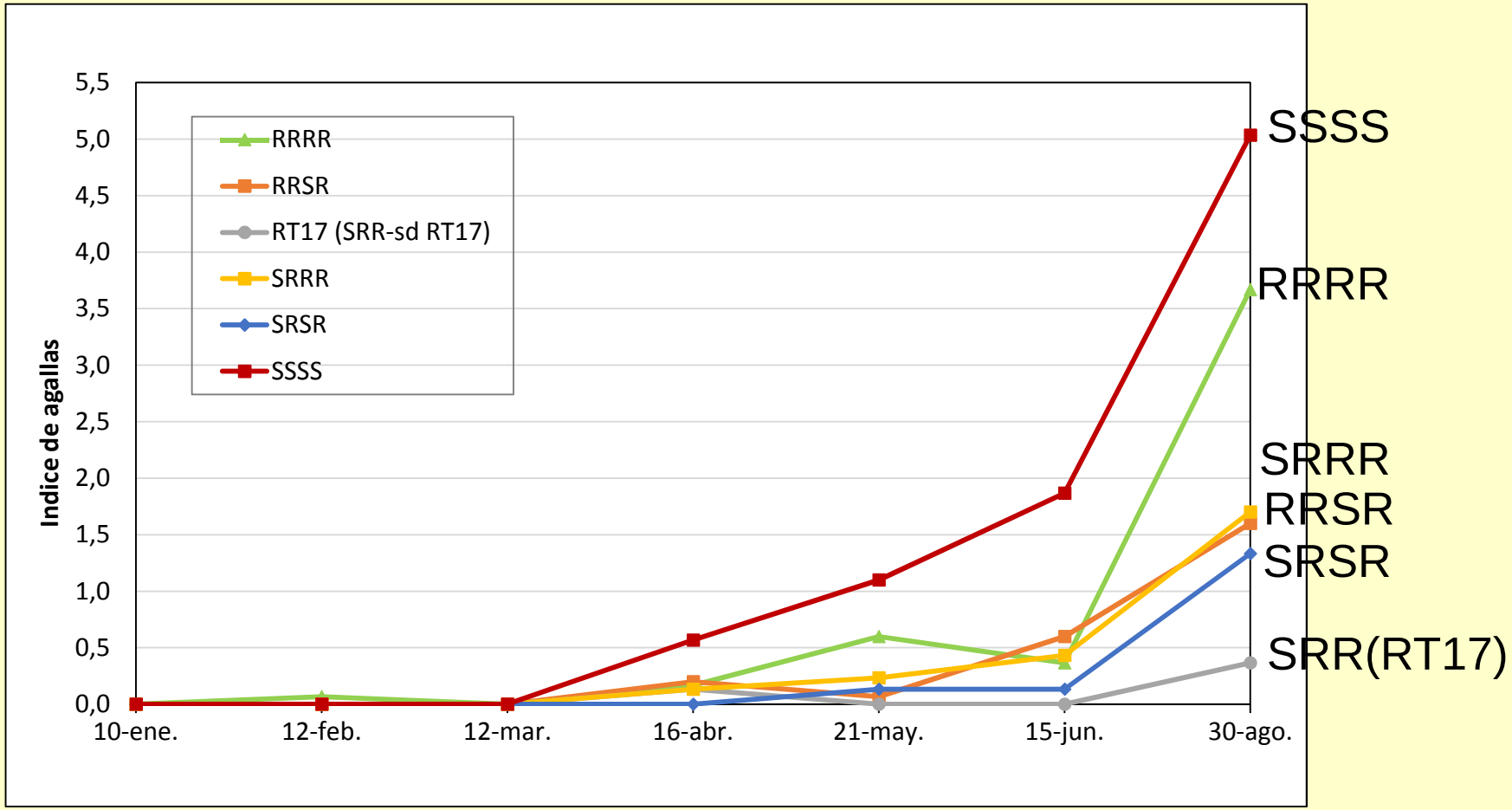
T	30-08-2016	
	IA	% PI
S-S	4,6c	100,0a
S-R	3,0b	93,3a
R-R	1,4a	73,3a

Evolución de los daños

3º año reiteración

Niveles poblacionales altos

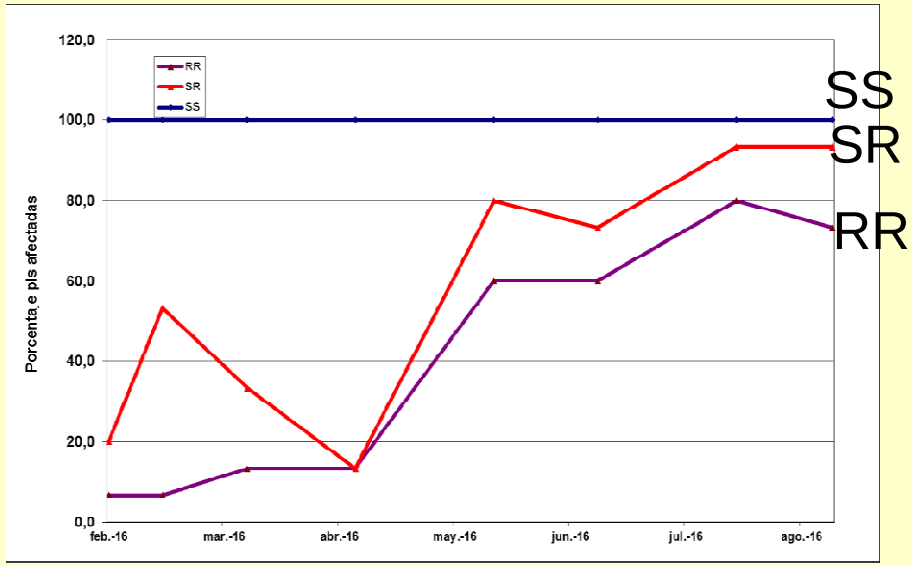
IA= índice de agallas (0-10)



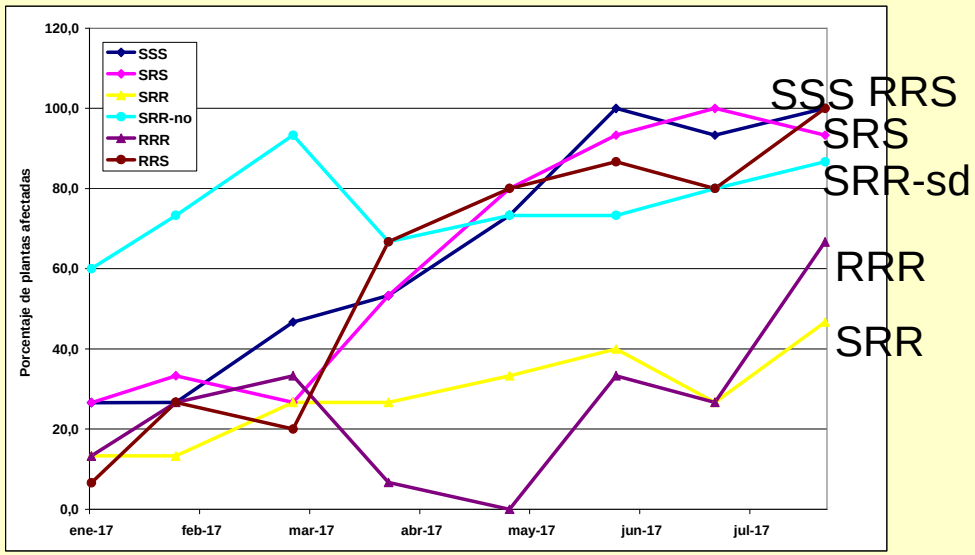
Evolución de los daños

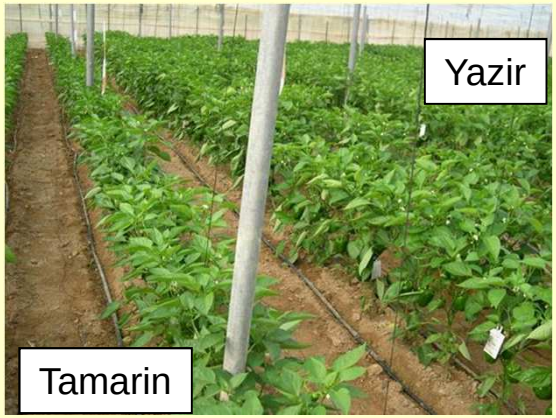
PI= plantas infestadas

1º año reiteración



2º año reiteración



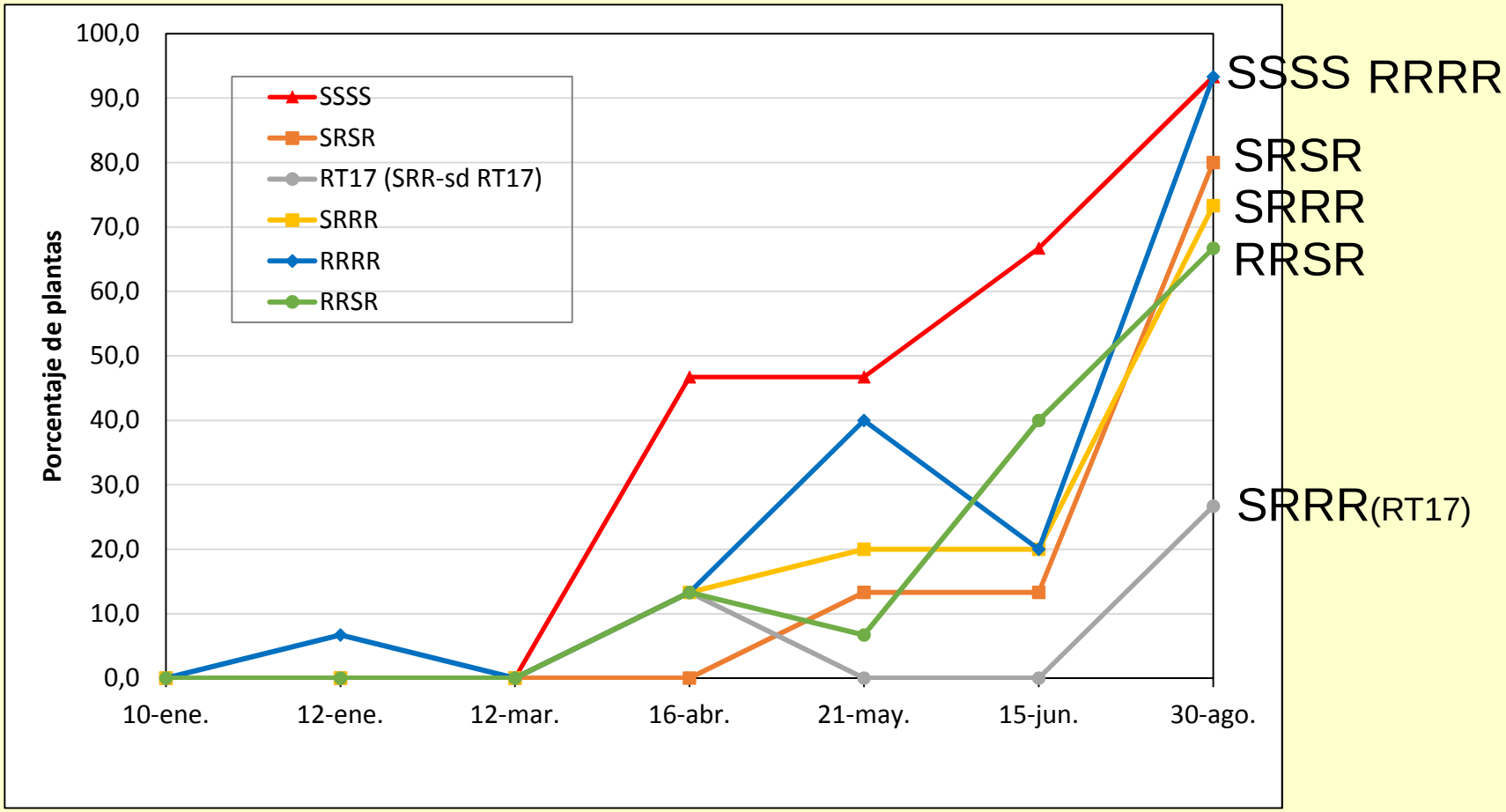


Evolución de los daños

3º año reiteración

Niveles poblacionales altos

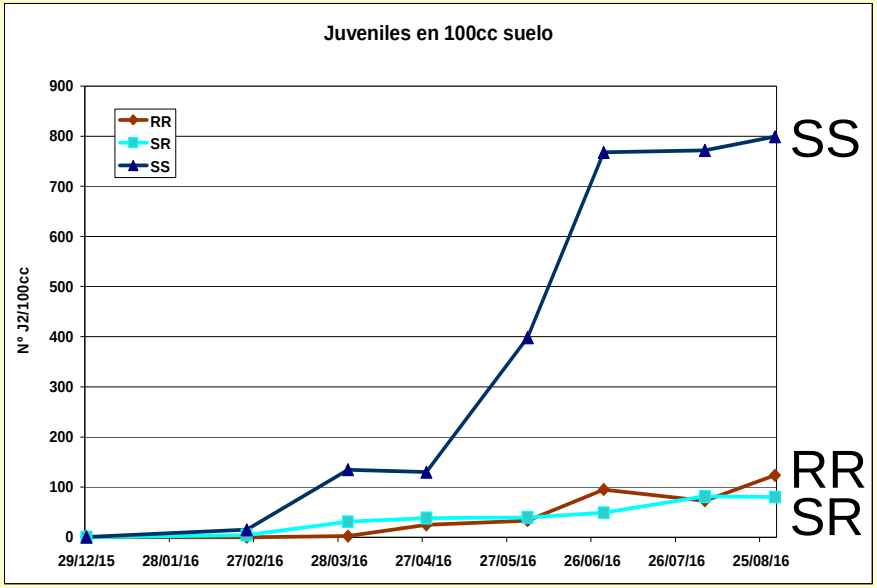
PI= plantas infestadas



Juveniles en el suelo

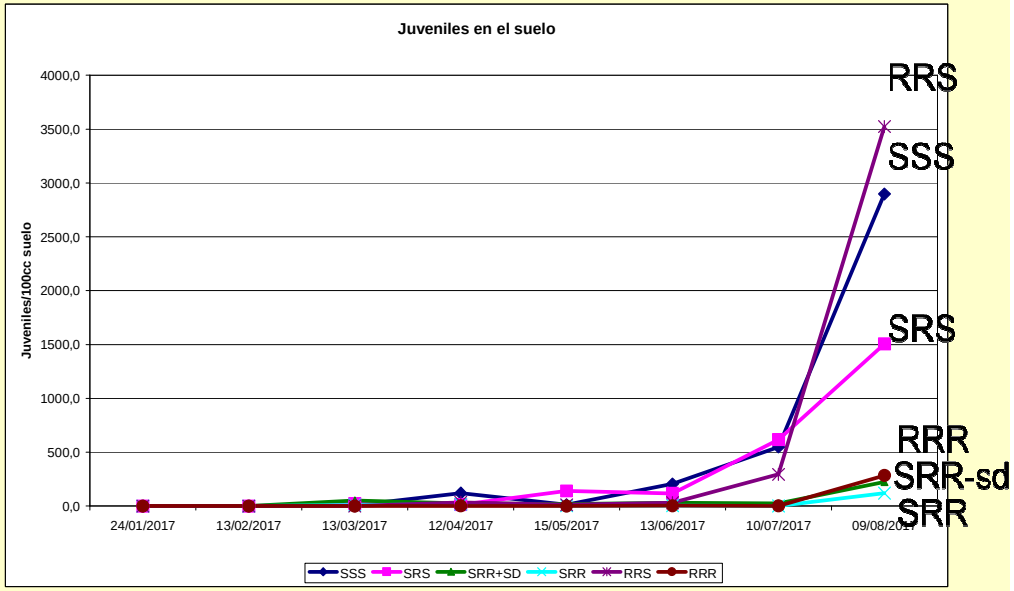
Niveles poblacionales altos

1º año reiteración



Tratamiento	Reducción población (%)
RR	84,6
SR	90,6

2º año reiteración



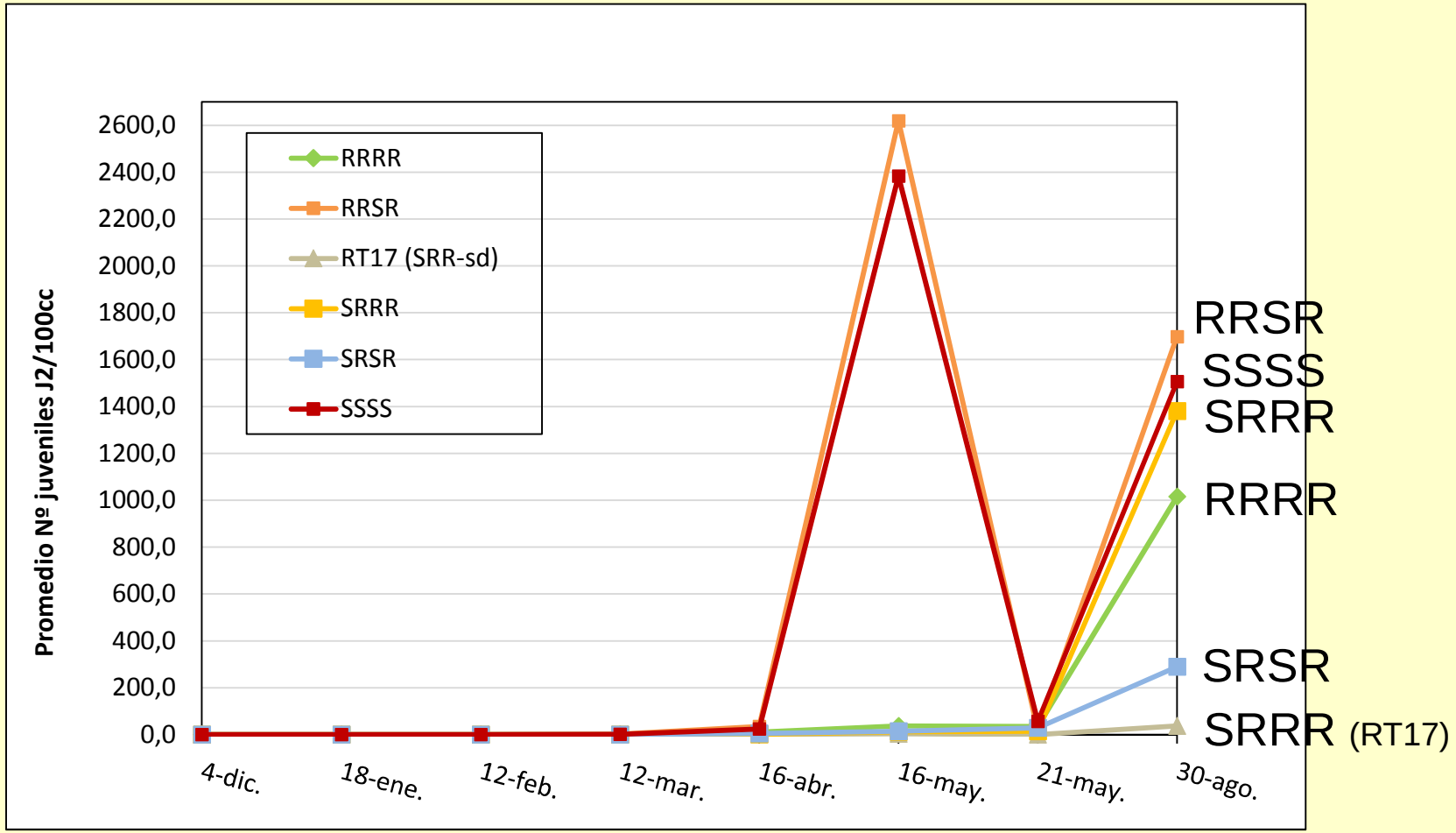
Tratamiento	Reducción población (%)
RRR	91,9
SRR	96,6
SRR+sd	93,6

Juveniles en el suelo

3º año reiteración

Niveles poblacionales altos

Tratamiento	Reducción población (%)
RRRR	32,5
SRSR	80,8
SRRR (RT17)	97,5



Fitopatómetros

IA= índice de agallas

¿Se ha seleccionado virulencia ?

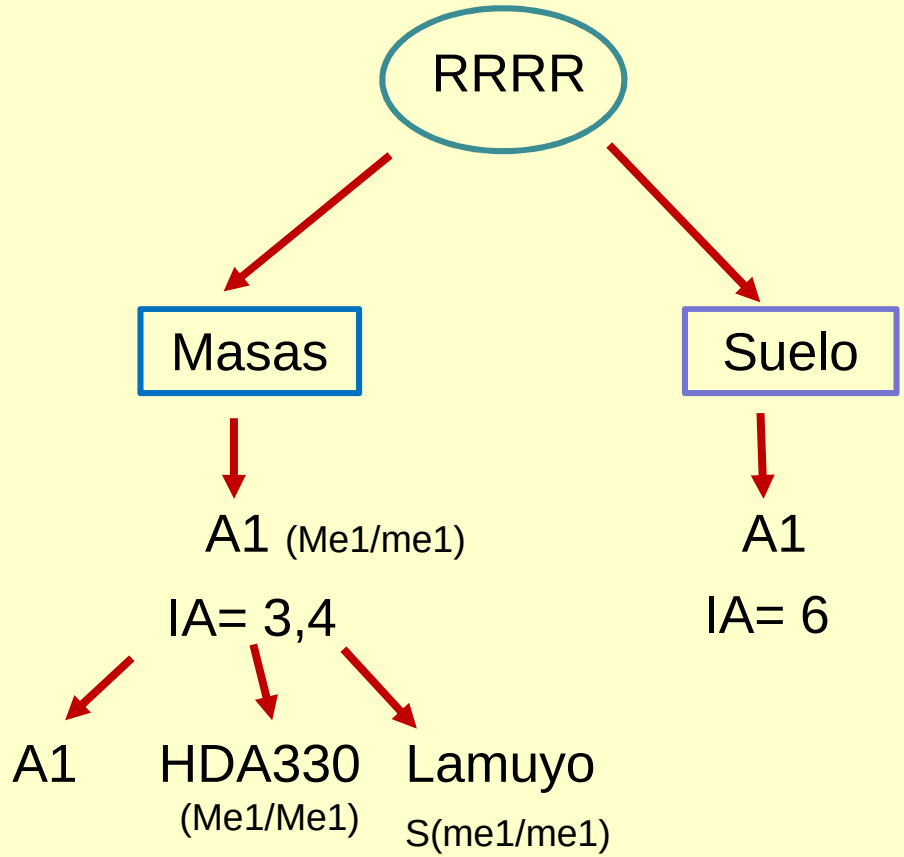
1º campaña

RESISTENCIA	masas		suelo	
	Am (S)	A1 Me1	Am (S)	A1 Me1
SS	5,5	--	--	--
SR	5,0	1	4,5	0
RR	5,0	2	4	1

2º campaña

RESISTENCIA	masas		suelo	
	Am (S)	A1 Me1	Am (S)	A1 Me1
SRR	5,5	1,5	--	--
RRR-sd	5,0	1,0	7	0
RRR	4,5	1,0	7,8	1

3º campaña



Especie *Meloidogyne*?

Estrategias integradas

Combinación desinfecciones no químicas y resistencias genéticas

Diseño experimental

- **Suelo biosolarizado EFO**
- **Variedad portadora resistencia: Angus SG**
- **Referencia: Variedad sin resistencia**
- **Bloques al azar 3 rep. De 45 pls/fila**

Parámetros a medir

- **Temperatura del suelo a 15 y 30cm**
- **Indice de agallas 5 pls/fila (0-10)**
- **Porcentaje pls afectadas por *M. incognita***
- **Juveniles J2/100cc (20 puntos/muestra)**

Población de *Meloidogyne incognita* en proceso de selección virulencia al gen *Me3*

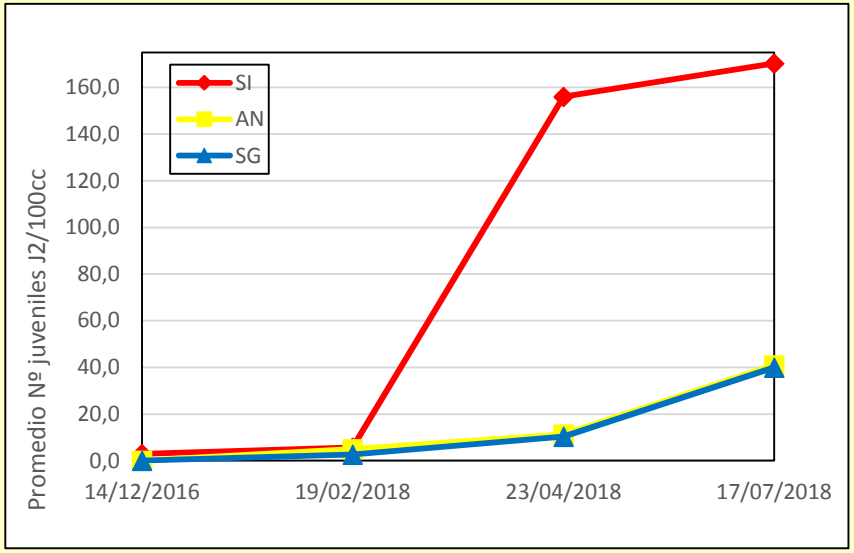
Estrategias integradas

Combinación desinfecciones no químicas y resistencias genéticas

Daño en las raíces

T	19/02/2018		23/04/2018		30/07/2018	
	IA	%	IA	%	IA	%
Angus	0,0a	0,0a	0,1a	6,6a	0,3a	26,7a
SG-3014	0,2a	13,3a	0,3a	26,6ab	0,8a	53,3a
Gacela	1,2b	80,0b	1,5b	66,7b	5,5b	100,0b

Juveniles en el suelo



Conclusiones

Manejo *M. incognita*: estrategia de uso de la resistencia

Caracterización poblaciones del Campo de Cartagena

. En la naturaleza hay poblaciones virulentas al gen *Me3* sin que se haya dado un proceso de selección por el cultivo de material resistente

. No se han observado poblaciones virulentas al gen *Me1*

Evaluación de nuevas resistencias

En el banco de germoplasma del IMIDA hay material vegetal que posee muy buen comportamiento frente al nematodo

El porta-injertos P36 presenta buen comportamiento en campo

Conclusiones

Manejo de *Meloidogyne incognita*

Determinación parámetros epidemiológicos

Los primeros daños se observan al mes de la plantación

Mediante el muestreo no se ha podido reconocer cuando se da la primera generación (mejorar el muestreo)

Al principio de cultivo hay que aplicar un factor de corrección o aumentar el muestreo para conocer la situación real.

Conocer el desarrollo de *Meloidogyne incognita* en pimiento en condiciones controladas para establecer la Tªb en Okra.

Conclusiones

Manejo de *Meloidogyne incognita*

Pidamidalización de genes

En porta-injertos con los genes *Me1+Me3* y *Me1+Me7* muestran IA bajos mientras que los que son portadores de los genes *Me3* + *Me7* muestran IA similares a la variedad sin resistencia en invernaderos con población virulenta al gen *Me3*

Estudio influencia background

En porta-injertos portadores del gen *Me7* introgresados en diferentes fondos genéticos muestran una respuesta diferencial frente a poblaciones de *Meloidogyne* en vías de selección de virulencia

Conclusiones

Manejo de *Meloidogyne incognita*

Combinación desinfecciones químicas y resistencias genéticas

En invernaderos con densidades altas:

Los daños en variedad resistente se mantienen a niveles bajos en el 2º y 3º año de reiteración pero al 4º año los datos aumentan.

El cultivo de variedades resistentes reduce la densidad poblacional más del 90% respecto de variedades susceptibles en los 2 y 3º año de reiteración pero al 4º año reduce un 30%.

Parece ser que la rotación de variedad susceptible con resistente mantiene niveles de daños bajos y población en el suelo baja.

El cultivo de RT17 (2 años reiteración *Me1*) ha mostrado pocos daños y ha reducido la población 97% (Influencia background).

Conclusiones

Manejo de *Meloidogyne incognita*

Combinación desinfecciones no químicas y resistencias genéticas

En invernaderos con densidades medias:

El cultivo de variedad resistente en primer año disminuye la población de juveniles en el suelo y la variedad resistente no presenta daños

MUCHAS GRACIAS

POR

SU ATENCIÓN

Región de Murcia

UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional
"Una manera de hacer Europa"

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario