

Resultados de los ensayos llevados a cabo en Extremadura bajo las directrices de la agricultura ecológica

Técnicas de cultivo en el tomate de industria ecológico

En el Centro Tecnológico Nacional Agroalimentario Extremadura (CTAEX) estamos ensayando prácticas culturales en el cultivo del tomate de industria que cumplen los requisitos de sostenibilidad, y respecto al medio ambiente y la seguridad alimentaria, y que se concretan en las siguientes: compostaje y su aplicación al cultivo, en el ámbito de la fertilización, el uso de acolchados plásticos para el control de las malas hierbas y el empleo de hongos formadores de micorrizas, que inciden tanto en la fertilización, como en el control de plagas y enfermedades. En este artículo se resumen los resultados de los ensayos.

Ordiales, E., Zajara, L. y Carrasco, L. E.

Centro Tecnológico Nacional Agroalimentario Extremadura (CTAEX).

El cultivo del tomate de industria es uno de los cultivos de mayor importancia en Extremadura, ya que cada año se produce en esta región el 73,8% de la producción total a nivel nacional. En 2010 se han destinado alrededor de 25.000 ha de tierras de regadío a este cultivo, con una producción de 1,73 millones de t, con la que se abastecen las dieciséis industrias que transforman el tomate de industria en productos semielaborados o productos finales derivados del tomate, es decir, tomate concentrado, tomate en polvo, tomate en dados, salsas de tomate, etc.

Los productores cada año encuentran nuevas restricciones en las prácticas culturales permitidas en el cultivo, como la reducción de materias activas utilizadas (herbicidas, insecticidas y fungicidas), lo cual está asociado a la presión del mercado por obtener alimentos sin residuos

de productos químicos y producidos de forma sostenible con el medio ambiente.

de productos químicos y producidos de forma sostenible con el medio ambiente.

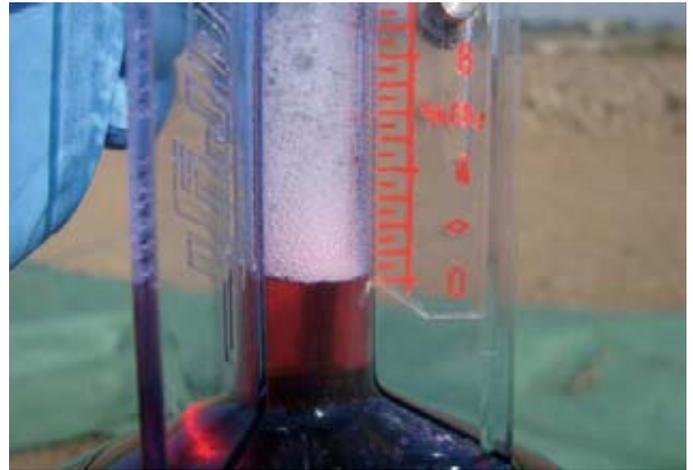
Esto está llevando a que en cada campaña en Extremadura se observe un incremento en el número de hectáreas dedicadas a la producción de tomate de industria ecológico. Así, en

2010 se han cultivado 82 ha bajo las directrices de la agricultura ecológica, con el fin de satisfacer la demanda del mercado. Si bien el cultivo ecológico es el caso más extremo, se pueden ir introduciendo algunas prácticas de cultivo con las que se reducen los residuos químicos en los alimentos producidos, que ayuden a encontrar alternativas ante la reducción de materias activas y, a la vez, producir de forma integrada y sostenible.

Compostaje y su aplicación al cultivo

El compost se puede definir como un abono orgánico que se obtiene por descomposición de residuos o desechos de plantas y animales, transformándose en una mezcla o masa estable, lo más homogénea posible, rica en humus y microorganismos. La descomposición consiste en un proceso de fermentación aerobia y, por tanto, se realiza en presencia de aire, ya que la realizan los microorganismos.





Fotos 1 y 2. Medición de la temperatura de la pila (izquierda) y de la concentración de CO₂ (derecha).

El compostaje, por tanto, es el proceso de transformación de la materia orgánica en humus. Realizándose un aporte anual a los suelos agrícolas, se mantendrán unos adecuados niveles de humus, mejorando su estructura y su capacidad de retención de elementos minerales solubles, con lo cual se consigue reducir la erosión del suelo y las pérdidas por arrastre, escorrentía o lixiviación. El humus, además, mejora la absorción de los nutrientes por las plantas. Asimismo, el compostaje está reconocido como una solución al problema de los residuos, tanto agrícolas y ganaderos, como urbanos.

Existen distintas tecnologías y sistemas de compostaje a nivel industrial. En CTAEX, se sigue el método CMC, en el cual, se emplea un starter que ayuda a descomponer la materia orgánica y a formar el humus en un plazo de seis a ocho semanas. Durante el compostaje, se realiza un control exhaustivo de los procesos microbianos mediante el seguimiento de la temperatura y del CO₂ en la pila (fotos 1 y 2). El proceso requiere, en función de estos parámetros, el volteo (fotos 3 y 4) y la simultánea aplicación de agua, asegurándose unas condiciones homogéneas en toda la pila. Mantener la pila aireada y con una humedad cercana al 60% es fundamental para el desarrollo de los microorganismos.

Este método de compostaje se basa en la conformación de pilas. Se inicia apilando distintos materiales en capas (foto 5), para lo que se han tenido en

cuenta los desechos generados por las industrias de la zona, como los procedentes de la vinificación o las pieles y semillas de tomate desechadas por las industrias tomateras, residuos procedentes del mantenimiento de los jardines

en el centro y restos de cultivos en el momento de constitución de la pila, de forma que los materiales empleados en cada compostaje varían en función de la época del año. Finalmente, se tapó la pila con una cubierta específica para mantener las condiciones de humedad y protegerla del sol y del viento.

Una vez transcurridas ocho semanas, el compost estaba listo (foto 6). Antes de aplicarlo al terreno, se comprobó que cumplía con los límites de metales pesados establecidos por el Real Decreto 824/2005, que no tuviese patógenos, restos de pesticidas ni semillas de malas hierbas, se midió la calidad del compost mediante un test de germinación y las características físico-químicas del mismo.

La siguiente prueba fue evaluar, a nivel de invernadero, la influencia del compost en el desarrollo de la planta de tomate. Así, dieciocho días después de la siembra se comenzó a observar, en las plantas a las que no se aportó compost, un leve amarillamiento de las hojas (fotos 7 y 8), lo que no se observó en las plantas de las macetas donde se aplicó el compost. Veinticinco días después, se midió la altura de las plantas, observándose que el tamaño de la planta se había incrementado significativamente en las macetas en las que se añadió el compost (figura 1). Además, el número de hojas era mayor.

Finalmente, se aplicó en la finca experimental de CTAEX y dos meses después, se tomaron muestras en la zona donde se aplicó y en otra colindante sin compost para realizar un análisis microbiológico



Fotos 3 y 4. Proceso de volteo del compost (arriba) y vista de la pila después del volteo (foto inferior).



Foto 5. Elaboración de la pila mediante el apilado de diferentes materiales en capas.



Foto 6. Aspecto del compost una vez finalizado el proceso.

(cuadro I). Se detectó un aumento importante del número de unidades formadoras de colonias por gramo de tierra de aerobios mesófilos, es decir, aquéllos que se han favorecido mediante el compostaje y que se encargan en el suelo de descomponer las sustancias orgánicas secretadas por las raíces de las plantas (azúcares, aminoácidos, vitaminas, etc.), aportando con ello nutrientes fácilmente asimilables y sustancias activadoras del desarrollo de las mismas. A la vez, se produjo un incremento, aunque no tan significativo como en el caso anterior, de los mohos por gramo de tierra.

En cambio, la cantidad de colonias por gramo de tierra de otros microorganismos anaeróbicos o anaeróbicos facultativos como las levaduras, *Clostridium*, enterobacterias y *Salmonella*, dañinos para el hombre, descendieron notablemente al aplicar el compost.

Acolchados plásticos

Las nuevas normas que rigen en el ámbito de los productos fitosanitarios pretenden garantizar un nivel elevado de protección para la salud de las personas, consumidores y operarios, así como para el medio ambiente, siendo compatible con un desarrollo sostenible. Una de las consecuencias de esta nueva legislación y que afecta negativamente al sector agrícola es la reducción de las sustancias activas registradas, entre las que se encuentran muchas con capacidad herbicida.

Con el objetivo de estudiar la manera de sustituir o al menos reducir de forma paulatina



Fotos 7 y 8. Crecimiento tras ocho semanas de las plantas sin compost (izquierda) y con compost (foto derecha).

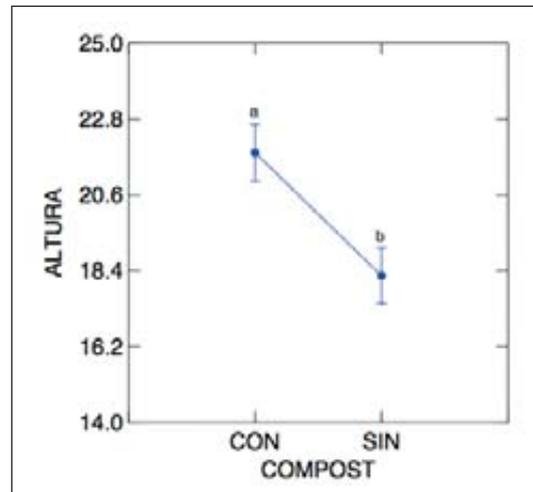
la aplicación de materias activas de origen químico en las plantaciones de tomate de industria, se ha realizado en CTAEX durante la campaña 2010 un estudio comparativo, tanto desde el punto de vista del control de la flora arvense como de los resultados obtenidos en la cosecha, entre la colocación de acolchados plásticos oxo-biodegradables, no degradables y la aplicación de materias activas, ciñéndose de forma estricta a las normas de aplicación de las materias activas (dosis, formas y momentos de aplicación).

El acolchado plástico, además de evitar la adición de compuestos de naturaleza química al medio ambiente, presenta una serie de ventajas para las plantas, como son provocar un aumento de la temperatura en el nivel de las raíces, ahorro de agua y de aporte de herbicidas, mejoras en el rendimiento, adelanto de la maduración del fruto y mejora de la calidad del mismo.

El polietileno es el material más comúnmente empleado para cubrir el suelo y evitar el crecimiento de las malas hierbas, presentando

FIGURA 1

Altura de las plantas medida en centímetros.



la ventaja de perdurar todo el ciclo de cultivo y, como inconveniente, el hecho de ser muy contaminante y la dificultad de retirar los restos tras la cosecha. Para hacer frente a estos inconvenientes, actualmente existe tecnología que permite la degradación del material plástico, como por ejemplo la oxo-biodegradabilidad, que se define como el resultado de un fenómeno oxidativo, mediante el uso de microorganismos. El proceso consiste en introducir un aditivo en el polietileno en la fase de fabricación del plástico, de modo que bajo los efectos del calor y la radiación ultravioleta, se produce la oxidación del polímero.

Para desarrollar el objetivo marcado se diseñó un ensayo de campo compuesto por cinco tratamientos, entre los que figuró un tratamiento testigo, en el cual no se realizó ningún tipo de aplicación u aportación (HB1), dos tratamientos con acolchado plástico oxo-biodegradable, uno de degradación lenta (HB2) y otro de degradación muy lenta (HB3), un tratamiento con acolchado plástico no degradable (HB4)

mentos con acolchado plástico oxo-biodegradable, uno de degradación lenta (HB2) y otro de degradación muy lenta (HB3), un tratamiento con acolchado plástico no degradable (HB4)

SOMETHING NEW IS GROWING...



CUADRO I.

Análisis microbiológicos de suelos.

Determinación	Metodología	Suelo con compost	Suelo sin compost
Aerobios mesófilos (u.f.c./g)	PCA 31°C 72 horas	1,4x10 ⁷	5,7x10 ⁶
Mohos (col/g)	OYGE Tetraciclina 25°C 5 días	2,6x10 ⁵	1,4x10 ⁵
Levaduras (col/g)	OYGE Tetraciclina 25°C 5 días	<10	1,0x10 ³
<i>Clostridium</i> sulfitorreductores (col/g)	SPS 37°C 48 horas	20	1,2x10 ³
Enterobacterias totales (col/g)	VRBG 37°C 48 horas	330	3,8x10 ³
<i>Salmonella</i> (presencia/ausencia 25 g)	Tres tipos de agar. Pruebas bio	Ausencia	Ausencia

CUADRO II.

Cantidad de malas hierbas muestreadas el 2 de junio de 2010 en cada tratamiento, en g/m².

	HB1	HB2	HB3	HB4	HB5
<i>Cyperus</i> sp.	51,69	4,67	0	5,64	48,22
<i>Solanum nigrum</i> L.	73,03	0	0	0	0
Gramíneas	228,97	0	0	0	0

Umbral de viabilidad: 100 g/m² para *Cyperus* sp.; 24 g/m² para *Solanum nigrum* L. y 13 g/m² para las gramíneas.

CUADRO III.

Cantidad de malas hierbas muestreadas el 16 de junio de 2010 en cada tratamiento, en g/m².

	HB1	HB2	HB3	HB4	HB5
<i>Cyperus</i> sp.	122,19	16,82	42,56	49,85	111,42
<i>Solanum nigrum</i> L.	144,87	0	0	0	1,11
Gramíneas	309,76	0	0	0	0

Umbral de viabilidad: 100 g/m² para *Cyperus* sp.; 24 g/m² para *Solanum nigrum* L. y 13 g/m² para las gramíneas.

(foto 9) y un tratamiento en el que se incluyen las siguientes materias activas para el control de la flora arvense: HB5 (clortal dimetil, 75% (12 kg/ha) pulverizado en pretrasplante y rimsulfuron 25% (60 g/ha) pulverizado en post-trasplante.

Para evaluar la acción de cada tratamiento sobre el control de las malas hierbas, se llevaron a cabo una serie de muestreos, lanzando al azar un aro de 0,065 m² tres veces por parcela y recogiendo toda la flora arvense de su interior. Posteriormente, en las instalacio-

nes de CTAEX, se llevaba a cabo el conteo de las malas hierbas recogidas, así como la determinación del peso en g/m² de las consideradas más influyentes en la zona: *Cyperus* sp., *Solanum nigrum* L. y el conjunto de gramíneas. Para evaluar la producción se cosecharon microparcels de 12 m², extrapolando los resultados a 1 ha. Los resultados de cosecha fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA, con test de Tukey, con 95% de confianza.

Con los tratamientos plásticos no se superaron ninguno de los umbrales de viabilidad de las principales malas hierbas, de hecho las únicas que fueron capaces de perforar el plástico fueron las ciperáceas, no encontrándose otro tipo de malas hierbas. En cuanto al tratamiento con materias activas, únicamente se superó el umbral de ciperáceas, resaltando que la cantidad de malas hierbas fue en general bastante menor con los tratamientos que incluían materiales plásticos (cuadros II y III). En lo referente a los parámetros de cosecha, los rendimientos brutos fueron mucho más elevados con los tratamientos HB2 y HB4, difiriendo significativamente del resto, seguido de HB5, encontrándose los valores más bajos en el tratamiento HB1, que difería significativamente de todos los tratamientos menos de HB3. En lo referente al tamaño medio de los frutos, los mayores pesos se encontraron en los tratamientos HB2 y HB4, difiriendo significativamente de HB5 y de HB1 (cuadro IV).

Como conclusión final, es importante resaltar los excelentes resultados que ofrecen tanto en el control de malas hierbas como en la cosecha los tratamientos con acolchado plástico oxo-biodegradable y no degradable, encontrándose en general mayor cantidad de malas hierbas en el tratamiento que contenía



Foto 9. Colocación del acolchado plástico de degradación lenta (HB2, izda), degradación muy lenta (HB3, centro) y no degradable (HB4, drcha).



Foto 10. Comparativa de la degradación del plástico a lo largo del ciclo de cultivo (foto realizada el 13/7/2010) (HB2 izda, HB3 centro y HB4 drcha).

materias activas, así como recalcar el hecho de que los rendimientos brutos fueron mucho más elevados con los tratamientos HB2 y HB4. Además, es importante tener en cuenta que los acolchados plásticos oxo-biodegradables tienen un coste económico durante el cultivo menor que el tratamiento que incluye materias activas y al tratamiento HB4, que al no

ser degradable tiene que ser retirado del campo (foto 10).

Empleo de hongos formadores de micorrizas

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) son los mayores componen-

tes de la rizosfera de la mayoría de las plantas y juegan un importante papel en la reducción de la incidencia de las enfermedades de las plantas (Akthar y Siddiqui, 2008). Estos hongos se relacionan con las plantas mediante simbiosis a través de las raíces de las plantas. Los beneficios que aportan los hongos formadores de micorrizas arbusculares a las plantas

SOMETHING NEW IS GROWING ON EARTH



Visita BKT en SIMA, 20 - 24 Febrero, Hall 5B, Stand E183

PUCHE
NEUMÁTICOS Y ACCESORIOS

Distribuidor para la península Ibérica:
Ctra. de Valencia, km. 99 – Apartado de Correos 212 – 30510 Yecla (Murcia)
Teléfono: 968 71 99 02; www.hrpuche.es

BKT
Confianza Reforzada

CUADRO IV.

Parámetros de cosecha de los tratamientos ensayados. Valores seguidos de la misma letra no difieren de forma significativa ($p < 0,05$).

	HB1	HB2	HB3	HB4	HB5
Rdto. bruto (kg/ha)	57.661,03 c	127.248,28 a	62.726,70 c	121.738,58 a	91.744,84 b
Peso medio fruto (g)	81,66 c	101,56 a	90,07 ab	96,36 a	89,25 b

CUADRO V.

Parámetros de cosecha de los tratamientos ensayados.

Tratamiento	Rendimiento bruto	Materia prima aceptable	Podredumbre apical	Frutos asolanados	Grado brix	Color	Firmeza
	kg/ha	kg/ha	%	%	°Brix	a/b	g
B1: Testigo	93.022,22 ± 8.996,53 b	68.311,11 ± 5.539,47 b	2,68 ± 1,28 ab	5,33 ± 1,27 a	4,85 ± 0,16 a	1,91 ± 0,03 a	6714,37 ± 702,12 a
B2: Trat. químico	82.311,11 ± 6.411,51 c	59.644,44 ± 2.100,98 c	5,00 ± 1,05 a	6,37 ± 1,47 a	4,89 ± 0,59 a	1,76 ± 0,05 b	6648,80 ± 957,56 a
B3: HMA, - 30 % N y P	112.222,22 ± 6.940,74 a	89.377,78 ± 3.520,94 a	0,34 ± 0,15 b	4,48 ± 0,73 a	4,78 ± 0,22 a	1,86 ± 0,05 ab	6506,55 ± 719,64 a

Valores seguidos de la misma letra no difieren de forma significativa ($p < 0,05$).

huésped se concretan en mejorar la nutrición de la planta, mediante la movilización de nutrientes, mayor eficiencia en la utilización del fósforo, especialmente en suelos deficientes en este elemento, mejorar la resistencia frente a hongos patógenos del suelo y enfermedades, mejorar la resistencia a la sequía, tolerancia a metales pesados, mejor estructura del suelo, favoreciendo la agregación entre partículas minerales y orgánicas del suelo y precocidad en la floración (Smith y Read, 1997).

En la campaña 2010 se llevó a cabo un ensayo con el objetivo de estudiar la respuesta del cultivo del tomate de industria a la aplicación de hongos formadores de micorrizas, y conocer la metodología de trabajo con estos microorganismos bajo las condiciones y sistema de cultivo del tomate de industria en Extremadura.

Se compararon tres tratamientos para cumplir el objetivo propuesto: un testigo (B1) basado en el cultivo del tomate de forma convencional, sin aplicación de fungicidas; B2 un tratamiento convencional con aplicación de fungicidas (etridiazol, 48%, 200 cc/ha) para el control de enfermedades fúngicas, y B3, con el empleo de hongos formadores de micorrizas (HMA) y con una reducción del 30% en las UF de N y P. Los HMA proceden del producto comercial Mycosym, con la cepa *Glomus intraradices*, aplicado a una dosis del 2%, en semillero, en el momento de la siembra (26 de marzo). La reducción en la fertilización se justifica para activar los HMA y para comprobar la eficiencia de

los mismos en cuanto a la nutrición de las plantas. El cultivo convencional del tomate de industria en la finca experimental de CTAEX supone una fertilización aplicada en fondo y mediante fertirrigación a lo largo del cultivo de hasta 150 UF de N, 90 UF de P y 165 UF de K, riego por goteo, aplicación de fungicidas, insecticidas, etc., en función de la Norma Técnica de Producción Integrada de la Junta de Extremadura. El trasplante en campo se realizó el 28 de mayo, con una densidad de plantación de 30.000 plantas/ha. El diseño experimental era en bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La variedad de tomate de industria fue Albatros (Nunhems). Los resultados se sometieron a análisis estadístico, mediante ANOVA, con test de Tukey, con 95% de confianza.

Se aprecia una tendencia en el contenido de clorofila de las plantas, observando mayor valor en las plantas del tratamiento inoculado con *G. intraradices*, lo cual se tradujo en un mayor desarrollo vegetativo de las plantas. Con el tratamiento de plantas micorrizadas, se obtuvo mejor producción, tanto en términos de rendimiento bruto, como de materia prima aceptable, teniendo en cuenta el aporte de un 30% menos de N y P, lo que supone un ahorro importante de fertilizantes a la vista de las producciones obtenidas. Parece que el tratamiento con *G. intraradices* mostró mejor estado sanitario de la planta, dado el porcentaje de materia prima aceptable que presentan el resto de tratamientos del ensayo. Además se observó a pie de campo como la parce-

la de este ensayo resistió mejor el ataque de la plaga *Tuta absoluta* que las parcelas de tomate aledañas, lo cual se debe a una mejor nutrición de las parcelas inoculadas con hongos formadores de micorrizas, a pesar de la reducción de la fertilización N y P y a la activación de los mecanismos de defensa de las plantas que provocan estos hongos. El peso medio del fruto de tomate no se vio afectado por la aplicación de los diferentes tratamientos, pero con el tratamiento B3 (hongos micorrizas arbusculares), se obtuvo un fruto un 5% más pesado que en el tratamiento testigo. Los tratamientos que se comparan en este ensayo no ejercieron influencia en la maduración y sanidad de la plantación, salvo para el caso de los frutos con necrosis apical. El tratamiento B3 (*G. intraradices*) mostró mejor porcentaje de frutos asolanados, por la mejor cobertura del follaje de las plantas a los frutos. Igualmente con este tratamiento se apreció un mejor porcentaje de frutos con podredumbre apical, que se achaca a la capacidad de los hongos formadores de micorrizas para captar agua y por la mejor estructura del suelo rizosférico que se genera con este tratamiento, mejorando la capacidad de retención de agua del suelo. Los tratamientos aplicados en este ensayo no parecen influir en los parámetros tecnológicos del tomate de industria. Los frutos de tomate del tratamiento testigo mostraron mejor color que los del tratamiento que aplica una materia activa química. Los resultados del ensayo con micorrizas se muestran en el cuadro V.

Los resultados a nivel global de este ensayo revelan que el empleo de hongos micorrizas arbusculares puede ser una herramienta eficaz para mejorar la sanidad y productividad del cultivo del tomate de industria, e incluso para ahorrar costes derivados de la fertilización. ●

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de la Asociación Mesa del Tomate, como promotora de estos proyectos y las personas que nos han facilitado información para la elaboración de este artículo.

Bibliografía ▼

- Akthar, M.S. y Z.A. Siddiqui, 2008. Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Potential Bioprotectants against Plant Pathogens. In Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry, Siddiqui, Z.A., M.S. Akthar and K. Futai (Eds.) Springer Netherlands, Dordrecht, The Netherla.

- Smith, S.E. y Read, D.J., 1997. Mycorrhizal symbiosis. 2nd edn. Academic Press, London.