

Effects of biostimulant applications on strawberry crop yield and quality

Efectos de aplicaciones de bioestimulantes en el rendimiento y la calidad del cultivo de frutilla o fresa

Kirschbaum, D. S.; Heredia, A. M.; Funes, C. F.; Quiroga, R. J.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA, Estación Experimental Agropecuaria Famaillá. Ruta Prov. 301, Km 32. (4132) Famaillá, Tucumán. Argentina. E-Mail: kirschbaum.daniel@inta.gob.ar

Recibido: 12/01/2019

Aceptado: 21/03/2019

ABSTRACT

Kirschbaum, D. S.; Heredia, A. M.; Funes, C. F.; Quiroga, R. J. 2019. Effects of biostimulant applications on strawberry crop yield and quality. *Horticultura Argentina* 38 (95): 25 – 40.

Argentina, one of the main South American strawberry (*Fragaria x ananassa*) producers, shows an increasing trend to reduce the use of agrochemicals (pesticides and fertilizers), and incorporate bio-inputs. In this context, the objective of this work was to evaluate the effect of MO.14 (a liquid organic amendment, rich in humic and fulvic acids), applied alone or combined with a biological activator (Biomix), on the yield and fruit quality of four strawberry cultivars. A trial was carried out in the 2016 productive season and part of 2017, in Famaillá (Tucumán). Treatments: MO.14 (drench), MO.14 (drench) + Biomix (foliar) and untreated control (T). Cultivars: Benicia, Camino Real, Merced and San Andreas. Yield (total fruit weight/plant, Yld), number of

fruits/plant (NF), marketable fruit average weight (MFAW) and percentage of rotten fruits (%RF) were evaluated. Experimental design: CRD with three replications of 30 plants per cultivar and treatment. Data were subjected to ANOVA. Treatments improved Yld and NF, but not %RF and MFAW (genotypic effects prevailed). MO.14 showed Yld and NF values higher than MO.14 + Biomix. Treatment-cultivar interactions were significant for NF. Regarding the cultivars, Merced stood out (Yld, MFAW). In May 2017, when the first harvests of the 2nd year started, biostimulants exceeded T in Yld. Biostimulant treatments could reduce the use of chemical fertilizers in strawberry, contributing to agroecosystem sustainability, although new studies (dose, concentration, number of applications) should validate that.

Additional keywords: humic acids, *Fragaria x ananassa*, organic amendment, yield.

RESUMEN

Kirschbaum, D. S.; Heredia, A. M.; Funes, C. F.; Quiroga, R. J. 2019. Efectos de aplicaciones de bioestimulantes en el rendimiento y la calidad del cultivo de frutilla o fresa. *Horticultura Argentina* 38 (95): 25 – 40.

Argentina, uno de los principales países sudamericanos productores de frutilla (*Fragaria x ananassa*), muestra una tendencia creciente a reducir el uso de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes) e incorporar bioinsumos. En dicho contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de MO.14 (enmienda orgánica líquida, rica en ácidos húmicos y fúlvicos), aplicada sola o combinada con Biomix (activador biológico), en el rendimiento y calidad de fruta de cuatro cultivares de frutilla. Se realizó un ensayo en la campaña productiva 2016 y parte de la 2017, en Famaillá (Tucumán). Tratamientos: MO.14 (drench), MO.14 (drench) + Biomix (foliar) y testigo (T) sin tratar. Cultivares: Benicia, Camino Real, Merced y San Andreas. Se evaluó rendimiento (peso total de frutos/planta;

Rto), número de frutos/planta (NF), peso medio de frutos comerciales (PMFC) y porcentaje de frutos podridos (%FP). Diseño experimental: DCA con tres repeticiones de 30 plantas por cultivar y tratamiento. Los datos se sometieron a ANOVA. Los tratamientos mejoraron Rto y NF, no así %FP y PMFC (primaron efectos genotípicos). MO.14 arrojó valores de Rto y NF superiores a MO.14+Biomix. Las interacciones tratamiento-cultivar fueron significativas para NF. Respecto a las cultivares, sobresalió Merced (Rto, PMFC). En mayo de 2017, cuando comenzaron las primeras cosechas del 2º año, las parcelas tratadas superaron al T en Rto. Los tratamientos con bioestimulantes podrían reducir el uso de fertilizantes químicos en frutilla, contribuyendo a la sostenibilidad del agroecosistema, aunque nuevos estudios (dosis, concentración, n° de aplicaciones) deberían corroborarlo.

Palabras claves adicionales: ácidos húmicos, *Fragaria x ananassa*, enmienda orgánica, rendimiento.

1. Introducción

Argentina es uno de los principales países que cultivan frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) en América del Sur, siendo la provincia de Tucumán una importante región productora a nivel nacional (350 ha en 2018), con significativos volúmenes de fruta en los meses de invierno y primavera, destinados tanto al mercado interno como a la exportación (Kirschbaum *et al.*, 2017).

La realización continua por varios años, en un mismo predio, de cultivos anuales basados en el uso intensivo de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), como por ejemplo frutilla, tomate y tabaco, altera la población microbiana nativa y reduce el contenido de materia orgánica del suelo, impactando negativamente en la calidad del mismo y, como consecuencia, en la productividad del cultivo (Mazarura & Chisango, 2012; Fu *et al.*, 2017; Lovaisa *et al.*, 2017). Sin embargo, la incorporación de biofertilizantes puede mejorar los rendimientos del cultivo de frutilla (Pesakovic *et al.*, 2013), siendo ejemplos de ello las inoculaciones con bacterias PGPR de la especie *Azospirillum brasilense* (Salazar *et al.*, 2012) y con micorrizas (Robinson-Boyer *et al.*, 2016).

Otra práctica utilizada para mejorar la productividad en cultivos de frutilla en suelos con bajo contenido de materia orgánica es la incorporación de enmiendas orgánicas sólidas en forma de gallinaza, guano, compost o lombricompost (Wang & Lin, 2002; Arancon *et al.*, 2004;

Abu-Zahra & Tahboub, 2008). No obstante, la disponibilidad en la zona y el costo del transporte de estas enmiendas podrían limitar la generalización de su uso (Larney & Angers, 2012), razón por la cual el disponer de enmiendas orgánicas líquidas sería altamente práctico y beneficioso para el productor. En este sentido, una alternativa viable al uso de fertilizantes minerales y plaguicidas son los abonos orgánicos del tipo de los ácidos húmicos, que estimulan el crecimiento de las plantas y aumentan el rendimiento y la calidad de los frutos (Alarcón-Zayas *et al.*, 2018).

Las sustancias húmicas como los ácidos húmicos y fúlvicos son los componentes principales (65-70%) de la materia orgánica del suelo y tienen una fuerte influencia en el crecimiento de las plantas debido al aumento de la permeabilidad de la membrana celular, la respiración, la fotosíntesis, la absorción de oxígeno y fósforo, y el crecimiento de las células de la raíz (Husein *et al.*, 2015). Sin embargo, son escasos los estudios sobre los bioestimulantes en general, y los que contienen ácidos húmicos y fúlvicos en particular, aplicados al cultivo de frutilla, especialmente en Argentina.

Los estudios sobre el efecto de enmiendas orgánicas en frutilla, realizados hasta la fecha, en general se caracterizan por utilizar una sola cultivar y sobre ella aplicar diferentes tratamientos de enmiendas (Arancon *et al.*, 2004; Abu-Zahra & Tahboub, 2008; Farahi *et al.*, 2013; Tehranifar & Ameri, 2014; Eshghi & Garazhian, 2015). De este modo, no se cuenta con información sobre posibles interacciones enmienda x cultivar, cuando en realidad tales interacciones ya fueron reportadas en otros cultivos como por ejemplo poroto, cereza, olivo y cebolla (Sajid *et al.*, 2012; Mayi *et al.*, 2014; Mayi & Ibrahim, 2015; Mohajerani *et al.*, 2016). En dicho contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de una enmienda orgánica líquida, rica en ácidos húmicos y fúlvicos (MO.14), aplicada sola o combinada con un activador biológico (Biomix), en el rendimiento y calidad de cuatro cultivares de frutilla, como complemento de la fertilización química convencional.

2. Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en parcelas de campo de la Estación Experimental Agropecuaria Famaillá del INTA, en Tucumán (27°03'S, 65°25'O; 363 msnm), en un suelo Argiudol ácuico, imperfectamente drenado, de tipo textural franco, pH ligeramente ácido (6,47-6,61), materia orgánica 2,39-2,49%, N total 0,127-0,132 %, P 18-28,6 ppm, K 1,02-1,14 me.100 g⁻¹ y CE 0,17-0,34 dS m⁻¹.

En pre-plantación no se realizaron ni fertilización de base ni desinfección de suelo, debido a condiciones climáticas desfavorables que impidieron preparar el suelo en tiempo y forma y armar los lomos correctamente, retrasándose la plantación un mes para las cultivares tempranas ('San Andreas'), 20 días para las intermedias ('Benicia') y 10 días para las tardías ('Camino Real' y 'Merced'). Finalmente terminaron plantándose todas las cultivares el 09/05/16, en camellones trapezoidales de 0,50 m de ancho en la meseta y 0,80 m en la base, cubiertos con mulch de polietileno negro de 25 µ de espesor, distanciados 1,30 m entre sí, que se armaron inmediatamente antes de plantar. La disposición de las plantas en el camellón fue en dos hileras alternas (tresbolillo), distanciadas 0,30 m entre ellas, y un espaciamiento de 0,30 m entre plantas dentro de cada hilera (Figura 1). Este marco de plantación arroja una densidad de ≈51.200 plantas/ha.



Figura 1. Aspecto del ensayo de bioestimulantes en frutilla (INTA EEA Famaillá, Tucumán, Argentina). 2016.

Los bioestimulantes estudiados fueron una enmienda orgánica (MO.14) y un activador biológico (Biomix), ambos elaborados por Biosoluciones Manclean (Salta, Argentina). MO.14 es descrito por el fabricante como una enmienda orgánica rica en ácidos húmicos y fúlvicos, extraída de turbas seleccionadas; mientras que Biomix es un activador biológico que solubiliza los nutrientes del suelo, activa la flora microbiana benéfica y estimula el crecimiento del cultivo. Los bioestimulantes se aplicaron como complemento de la fertilización química sugerida para el cultivo de frutilla en Famaillá, consistente en ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) 120 N, 70 P_2O_5 , 220 K_2O , 40 CaO y 20 MgO (Agüero & Kirschbaum, 2013). Los tratamientos fueron MO.14 25% a razón de 250 mL de solución por planta aplicada como “drench”, MO.14 25% (drench) + Biomix 5% (foliar), y testigo (T) sin bioestimulantes. Biomix se aplicó con mochila manual mojando el follaje de cada planta hasta punto de goteo. Las aplicaciones se realizaron cada 20 días desde el 14/06 hasta el 05/09/2016.

En cuanto a las cultivares, se evaluaron tres de día corto: ‘Benicia’, ‘Camino Real’ y ‘Merced’ (plantas provenientes de un vivero de El Maitén, Chubut); y una de día neutro: ‘San Andreas’ (plantas de un vivero de Tafí del Valle, Tucumán). Las cuatro cultivares provienen del programa de mejoramiento genético de la Universidad de California. El tipo de plantas que se usó fue plantas frescas estándar (sin hojas y con raíz desnuda), las cuales se lavaron con agua para reducir la cantidad de inóculo primario que potencialmente pueden llevar adherido.

El agua de riego se suministró mediante sistema presurizado, con una cinta de goteo por camellón, con goteros a 0,20 m de distancia (caudal de $1\text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ por gotero). La frecuencia de riego fue de tres a cinco veces por semana, aportando cantidades de agua suficientes para mantener el suelo continuamente a capacidad de campo. Se utilizaron fertilizantes hidrosolubles, que se suministraron a través del riego por goteo. Entre el 25/05 y el 20/08/2016 el ensayo se cubrió con microtúneles de polietileno cristal de 100μ para proteger el cultivo del frío y posibles heladas.

La frecuencia de cosecha fue de 2 a 3 pasadas por semana, entre agosto y octubre. En cada pasada se cosecharon todos los frutos maduros de cada parcela. Las variables evaluadas fueron peso total de frutos por planta (rendimiento; Rto), número de frutos por planta (NF), peso medio de frutos comerciales (PMFC) y porcentaje de frutos podridos (%FP).

El rendimiento (gramos por planta) se obtuvo dividiendo el peso de todos los frutos cosechados de cada repetición o parcela, en el número de plantas de esa parcela. Mensualmente se registró el número de plantas de cada parcela. El NF (frutos/planta) se obtuvo contando todos los frutos cosechados de cada parcela y dividiéndolo en el número de plantas de esa parcela. Para el PMFC (indicador de calidad de fruta), se consideró comercial a todo fruto con $\geq 75\%$ de su superficie de color rojo, ≥ 10 g, sano y sin deformaciones (Kirschbaum *et al.*, 2014). El PMFC (gramos por fruto) se obtuvo dividiendo el peso de todos los frutos comerciales cosechados en cada repetición o parcela, en la cantidad de esos frutos. El %FP se calculó dividiendo el número de frutos podridos en NF.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado (DCA) con tres repeticiones de 30 plantas por cultivar y tratamiento. Los datos se sometieron a análisis de la varianza y a la prueba LSD Fisher de separación de medias, con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015). Para hacer menos sesgada la distribución de datos de la variable Rto se realizó una transformación logarítmica de los mismos.

Si bien la práctica normal en la zona es manejar a la frutilla como un cultivo anual, arrancando las plantas en diciembre, en este ensayo, para verificar si el efecto de los bioestimulantes perduraba en el tiempo o era transitorio, las plantas se mantuvieron en el campo una temporada productiva más (2017), evaluándose las primeras cosechas de ese año, en el mes de mayo, específicamente en la cultivar San Andreas, que es la que primero comienza a fructificar.

Los datos meteorológicos presentados (precipitaciones y heliofanía relativa) fueron obtenidos del Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica de INTA (<http://siga2.inta.gov.ar>).

3. Resultados

En 2016, en cuanto a Rto, hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1). Al realizar la prueba de separación de medias, ambos tratamientos con bioestimulantes resultaron estadísticamente superiores al testigo (Tabla 2). El mejor fue MO.14, que rindió casi 23% más que el testigo.

Tabla 1. Análisis de la varianza (SC tipo III) para la variable Rto (datos transformados logarítmicamente).

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,44	11	0,13	13,17	<0,0001
Tratamiento	0,09	2	0,04	4,41	0,0245
Cultivar	1,18	3	0,39	39,55	<0,0001
Trat x cvr	0,09	6	0,01	1,47	0,2348
Error	0,22	22	0,01		
Total	1,66	33			

Tabla 2. Efecto de los bioestimulantes MO.14 y MO.14+Biomix sobre el rendimiento de frutilla. Famaillá (Tucumán), 2016.

Tratamiento	Rendimiento promedio (g/planta)
Testigo	192,49 a
MO.14+Biomix	225,38 b
MO.14	236,41 b

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Si bien el test se realizó con datos transformados logarítmicamente, los mismos se reemplazaron por los promedios originales.

Las cultivares tuvieron un comportamiento diferencial entre ellas en cuanto a Rto, sin que la interacción tratamiento x cultivar haya sido significativa (Tabla 1). Los mejores rendimientos fueron de 'Merced', luego le siguieron 'Benicia', y 'Camino Real' y 'San Andreas', las cuales no difirieron entre sí (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la cultivar sobre el rendimiento de frutilla. Famaillá (Tucumán), 2016.

Cultivar	Rendimiento promedio (g/planta)
San Andreas	181,43 a
Camino Real	187,13 a
Benicia	251,56 b
Merced	282,11 c

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Si bien el test se realizó con datos transformados logarítmicamente, los mismos se reemplazaron por los promedios originales.

Con respecto a la variable NF, se observaron efectos significativos de los tratamientos y de la interacción tratamiento x cultivar (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de la varianza (SC tipo III) para la variable N° de frutos totales por planta. Famaillá (Tucumán), 2016.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,40	11	0,04	10,25	<0,0001
Tratamiento	0,04	2	0,02	6,30	0,0068
Cultivar	0,27	3	0,09	25,43	<0,0001
Trat x cvr	0,06	6	0,01	3,01	0,0266
Error	0,08	22	3,6E-03		
Total	0,48	33			

Al realizar la prueba de separación de medias, ambos tratamientos con bioinsumos resultaron estadísticamente superiores al testigo (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de bioestimulantes (MO.14 y MO.14+Biomix) sobre la cantidad de frutos por planta de frutilla. Famaillá (Tucumán), 2016.

Tratamiento	Nº promedio de frutos por planta
Testigo	15,88 a
MO.14+Biomix	16,81 b
MO.14	17,12 b

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Respecto a la interacción tratamiento x cultivar, los dos tratamientos mejoraron significativamente el NF por planta con respecto al testigo, en 'San Andreas'. En el caso de 'Camino Real', la aplicación de MO.14 tuvo un efecto significativamente superior respecto al testigo y a MO.14+Biomix. En 'Merced' y 'Benicia', las interacciones tratamiento x cultivar no fueron significativas (Tabla 6).

Tabla 6. Interacciones tratamiento x cultivar, para la variable número de frutos por planta. Famaillá (Tucumán), 2016.

Cultivar	Tratamiento		
	MO14+Biomix	MO14	Testigo
	Número de frutos/planta		
'Benicia'	19,27ef	18,62def	19,53f
'Camino Real'	14,98ab	15,74cde	14,05a
'Merced'	17,01cd	16,27bc	15,74bc
'San Andreas'	16,00bc	16,24bc	14,08a

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

El PMFC es un indicador de calidad, altamente asociado al tamaño de los mismos. No hubo diferencias significativas de PMFC entre tratamientos, pero sí entre cultivares (Tablas 7, 8 y 9).

Tabla 7. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable peso medio de frutos comerciales.

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	100,85	11	9,17	12,11	<0,0001
Tratamiento	0,69	2	0,35	0,46	0,6385
Cultivar	97,04	3	32,35	42,71	<0,0001
Trat x var	3,13	6	0,52	0,69	0,6614
Error	18,18	22	076		
Total	119,03	33			

Tabla 8. Efecto de los tratamientos MO.14 y MO.14+Biomix sobre la calidad de frutos de frutilla. Famaillá (Tucumán), 2016.

Tratamiento	Peso promedio de frutos comerciales (g/fruto)
Testigo	16,83
MO.14+Biomix	16,82
MO.14	17,12

Tabla 9. Peso promedio de frutos comerciales de frutilla correspondientes a cuatro cultivares. Famaillá (Tucumán), 2016.

Cultivar	Peso promedio de frutos comerciales (g/fruto)
‘Merced’	19,49a
‘Benicia’	17,04b
‘San Andreas’	16,08c
‘Camino Real’	15,06d

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

En mayo de 2017 (17/05) comenzaron las cosechas de la nueva temporada con la cultivar ‘San Andreas’, que es la más precoz de las evaluadas. En cuanto a Rto, hubo diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 10). Al realizar la prueba de separación de medias, MO.14 resulto significativamente superior al testigo, sin diferenciarse estadísticamente de MO.14+Biomix (Tabla 11).

Tabla 10. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable rendimiento en la cultivar de frutilla ‘San Andreas’ (mayo de 2017).

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,44	11	0,13	13,17	<0,0001
Tratamiento	0,09	2	0,04	4,41	0,0245
Cultivar	1,18	3	0,39	39,55	<0,0001
Trat x cvr	0,09	6	0,01	1,47	0,2348
Error	0,22	22	0,01		
Total	1,66	33			

Tabla 11. Efecto de los bioestimulantes en el rendimiento del mes de mayo de la cultivar de frutilla ‘San Andreas’ (mayo de 2017).

Tratamiento	Rendimiento promedio (g/planta)
Testigo	1,19 b
MO.14+Biomix	3,31 ab
MO.14	3,89 a

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el testigo en cuanto a %FP (Tablas 12 y 13), pero sí entre cultivares (Tabla 14).

Tabla 12. Análisis de la Varianza (SC tipo III) para la variable % de frutos podridos (número de frutos podridos sobre el número de frutos totales).

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,96	11	0,09	1,77	0,1236
Tratamiento	0,05	2	0,02	0,45	0,6407
Cultivar	0,51	3	0,17	3,43	0,0346
Trat x cvr	0,38	6	0,06	1,29	0,3024
Error	1,09	22	0,05		
Total	2,06	33			

Tabla 13. Efecto de bioestimulantes (MO.14 y MO.14+Biomix) sobre % de frutos podridos (número de frutos podridos sobre el número de frutos totales). Famaillá (Tucumán), 2016.

Tratamiento	Frutos podridos (%)
Testigo	7,62
MO.14	8,06
MO.14+Biomix	8,39

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 14. Efecto de la cultivar en el % de frutos podridos (número de frutos podridos sobre el número de frutos totales). Famaillá (Tucumán), 2016.

Cultivar	Frutos podridos (%)
‘San Andreas’	6,85a
‘Benicia’	7,34a
‘Camino Real’	8,52ab
‘Merced’	9,39b

Test LSD Fisher. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Dada la influencia directa e indirecta que pueden tener las precipitaciones en el cultivo de frutilla (daño por lluvia y enfermedades, respectivamente), se consideró importante consignar los días de lluvia y la cantidad de agua caída, en cada uno de los meses de cosecha (Tabla 15).

Tabla 15. Días de lluvia, precipitaciones pluviométricas, heliofanía relativa y temperatura media de los meses importantes para el cultivo de frutilla (Famaillá, 2016).

Mes	Días de lluvia	Precipitaciones (mm)		Heliofanía relativa (%)		Temperatura media (°C)	
	2016	2016	Promedio Histórico ^a	2016	Promedio Histórico ^a	2016	Promedio Histórico ^b
Abril	16	170,0	99,7	20,5	38,0	18,4	20,0
Mayo	16	88,5	41,1	11,7	43,0	14,0	15,6
Junio	8	27,6	20,4	24,7	47,0	10,6	12,2
Julio	3	8,5	12,3	26,5	49,0	11,8	11,9
Agosto	3	5,3	15,4	52,4	50,0	16,0	14,2
Septiembre	2	2,0	26,7	45,0	48,0	17,1	17,1
Octubre	9	63,7	74,2	31,9	45,0	20,0	20,8

Promedio histórico: (a) precipitaciones y heliofanía relativa 1967/2010; (b) Temperatura 1967/2017 (Famaillá). Fuentes: Sistema de Información y Gestión Agrometeorológica de INTA (<http://siga2.inta.gov.ar>) y resúmenes agrometeorológicos mensuales de INTA Famaillá.

Las precipitaciones de abril y mayo fueron el doble del promedio histórico para esos meses (Tabla 15). Además de lluvias atípicamente abundantes, hubo numerosos días nublados, determinando una bajísima heliofanía relativa, muy por debajo del promedio histórico en los tres primeros meses post plantación (mayo, junio y julio). Nótese que las temperaturas medias de mayo y junio (meses claves para el desarrollo inicial de la planta), también estuvieron por debajo de los promedios históricos. Desde agosto en adelante la situación climática tiende a normalizarse en cuanto a temperaturas y heliofanía relativa, pero las lluvias se posicionaron por debajo del promedio histórico. Octubre, a pesar de haber tenido menos lluvias de lo esperado, presentó una notable reducción de heliofanía relativa.

4. Discusión

La reducida heliofanía relativa, causada por la ocurrencia de numerosos días de lluvia y/o nublados, que se manifestó durante el otoño y hasta mediados del invierno, sumada a las atípicas excesivas precipitaciones y bajas temperaturas de mayo (período postrasplante, crítico para el crecimiento inicial de la planta), impidieron que el cultivo se desarrolle adecuadamente. Esto provocó un menor desarrollo vegetativo de la planta, un prolongado período de maduración de la fruta y bajos rendimientos, lo cual también fue documentado por otros autores en frutilla y en tomate (Miura *et al.*, 1993; Kläring & Krumbein, 2013). Además, las excesivas lluvias y el imperfecto drenaje del suelo (Argiudol ácuico; Zappino, 2010), mantuvieron el suelo saturado durante más de 30 días, imposibilitando la aplicación de fertilizantes a través del riego por goteo. Este hecho no es menor puesto que no se había realizado fertilización de base y el suelo tenía baja disponibilidad de N y P. El conjunto de situaciones descritas impactó negativamente en la productividad del cultivo y en el inicio de las cosechas.

De acuerdo al análisis de suelo inicial de este ensayo, el contenido de materia orgánica se considera bajo (2.0-2.5 %), al igual que el fósforo extraíble, que se ubicó dentro del rango de insuficiencia para frutilla (<30 ppm de P), lo cual hace suponer que una mayor disponibilidad de ambos nutrientes se traducirá en respuestas favorables del cultivo.

Los AH pueden aumentar la disponibilidad de P en el suelo, ya sea bloqueando los sitios de adsorción de P y desarrollando a su alrededor un campo electrostático negativo repulsivo, o bien, a través de la complejización de Ca, Fe y Al, evitando la precipitación de fosfato. Además, los AH pueden formar complejos más o menos estables con el P, intermediados por cationes metálicos que pueden solubilizarse gradualmente, haciendo que el P esté disponible para las plantas (Rosa *et al.*, 2018).

Recientemente se ha reportado en diversos cultivos (batata, papa y maíz) que la aplicación de AH y N aumenta significativamente el rendimiento, al promover la absorción y acumulación de N, mejorando la eficiencia de uso de este nutriente entre el 30 y el 45% (Selladurai & Purakayastha, 2016; Chen *et al.*, 2017; Lai *et al.*, 2017). Al combinarse el AH y el fertilizante nitrogenado (p.e. urea) formaría enlaces químicos estables capaces de disminuir la tasa de liberación de N y la pérdida del fertilizante nitrogenado, aumentando su disponibilidad en el suelo (Liu *et al.* 2010).

Lo hasta ahora expuesto constituye la base teórica que explicaría gran parte de nuestros resultados, los cuales están en sintonía con las investigaciones previas en frutilla que se describen a continuación. La aplicación de AH, dentro de cierto rango (1,5-3 mg.l⁻¹), condujo a la mejora de las características cuantitativas y cualitativas de la cultivar de frutilla 'Aromas' en cultivo hidropónico (Farahi *et al.*, 2013).

Una mayor absorción de nutrientes es uno de los efectos buscados con las aplicaciones de AH. Tratamientos con diferentes concentraciones de AH (0, 10, 20, 30 y 40 ppm) y dos métodos de aplicación (fertirrigación y foliar) fueron probados en la cultivar de frutilla 'Camarosa' (Tehranifar & Ameri, 2014). En fertirriego, hubo mayor absorción de P y K con una concentración de AH 10 ppm, y mayor contenido de proteína y N con una concentración de 20 ppm. En aplicación foliar, la mayor cantidad de N, proteínas y clorofila se obtuvieron con concentraciones de AH 10 y 20 ppm, y de K con la concentración de 10 ppm. Similares resultados fueron obtenidos con la cultivar de frutilla 'Paros' (Eshghi & Garazhian, 2015).

De acuerdo a trabajos previos, los AH no solamente mejoran el rendimiento sino también la calidad de la fruta, lo cual es un beneficio extra muy importante. Esto fue reportado en un estudio consistente en experimentos en invernadero para evaluar los efectos del AH y el ácido salicílico aplicados foliarmente y en diferentes concentraciones, en la cultivar 'Camarosa' (Aghaeifard *et al.*, 2015). El mismo dio como resultado que las aplicaciones de AH, independientemente de la concentración, aumentaron el rendimiento, la concentración de sólidos solubles, la acidez titulable, vitamina C, el tono rojo (a*), K, P, Ca y Mg.

Las aplicaciones foliares y al suelo de AH pueden tener efectos en diferentes órganos de la planta. En un trabajo sobre el efecto del AH sobre variables del crecimiento y fisiológicas de la cultivar de frutilla 'Selva', se utilizaron tres tipos de AH: AH extraído de lombricompost (AHL), AH extraído de lombricompost en combinación con 10 mg de ácido indolacético (AHLI) y AH comercial (AHC) (Dolatiyan *et al.*, 2016). De cada uno de ellos, se probaron tres concentraciones de AH: 0, 15 y 30 mg.l⁻¹; y dos métodos de aplicación: en solución foliar y nutritiva. Los resultados mostraron que los mayores valores de rendimiento, concentración de clorofila y de sólidos solubles totales se lograron con la aplicación foliar de 15 mg.l⁻¹ de AHL, y el mayor peso seco de las raíces se obtuvo aplicando AH en la solución de nutritiva, con la concentración de 30 mg.l⁻¹ AHLI. En general, 15 mg.l⁻¹ AHL foliar, fue el tratamiento con impacto más favorable sobre la mayoría de las variables estudiadas.

El hecho de que la combinación MO.14-Biomix no haya producido el sinergismo esperado, podría deberse a una relación de competencia entre la planta y los microorganismos del suelo que, al ser activados por Biomix, aumentaron la demanda de nutrientes, compitiendo con la planta, tal como se propone para N (Kaye & Hart, 1997).

Respecto al efecto residual de los bioestimulantes observado en el segundo año del cultivo, es relevante comentar que los AH tienen una vida media muy prolongada en el suelo, ya que se

unen fuertemente a las partículas del mismo y resisten el metabolismo microbiano; sin embargo, pueden agotarse por erosión eólica e hídrica, y por lixiviación. En consecuencia, es importante reponerlos periódicamente para mantener o mejorar la fertilidad del suelo (Susic, 2016).

Salvo 'Camino Real', las demás cultivares son relativamente nuevas y la información publicada sobre su comportamiento es escasa y fragmentada. El Rto y NF de 'Camino Real' y 'San Andreas' fueron los más bajos, coincidiendo con la mayoría de los ensayos realizados en California y Argentina (Larson, 2013; Mamana, 2017). 'Benicia' y 'Merced', en general, arrojaron Rtos y NF relativamente altos en el presente ensayo y en los de otras regiones (Larson, 2013; Mamana, 2017).

Respecto a la interacción tratamiento x cultivar, que resultó significativa para NF, las cultivares menos productivas ('Camino Real' y 'San Andreas') fueron las que mejoraron NF con al menos uno de los bioestimulantes aplicados. Probablemente, por haber sido las plantas menos vigorosas fue más significativo el impacto positivo de los bioestimulantes.

'Merced' fue la cultivar de mayor PMFC, seguida por 'Benicia', 'San Andreas' y 'Camino Real', lo cual coincide plenamente con el ranking obtenido en California, pero no con el de Santa Fe, donde en orden decreciente, el ranking de peso de frutos fue: 'Benicia', 'Merced' y 'San Andreas' (Mamana, 2017). En el presente estudio, 'San Andreas' fue la primera cultivar en comenzar a producir en 2017 (mayo), lo cual coincide con reportes de otras regiones del país (Mamana, 2017).

En cuanto a %FP (primariamente por *Botrytis cinerea* Pers.: Fr), se pudieron observar tres grupos de cultivares: las menos afectadas, 'San Andreas' y 'Benicia'; la intermedia, 'Camino Real'; y la más sensible, 'Merced' (Tabla 14).

Estas diferencias varietales en términos de porcentaje de frutos podridos ya fueron notadas en ensayos realizados en otros ciclos productivos, en Famaillá (datos no publicados). Además del factor genético, es muy probable que los mayores valores de frutos podridos observados en 'Camino Real' y 'Merced' también estén vinculados al hecho de que ambas cultivares son tardías, mientras que 'San Andreas' y 'Benicia' son temprana e intermedia, respectivamente. Este patrón hace que las dos primeras sean productivas al final del ciclo, a diferencia de las dos últimas, que distribuyen sus cosechas a comienzo y mediados del ciclo.

Vinculado con lo anterior, en 2016, octubre (mes de mayor producción de fruta de 'Camino Real' y 'Merced') presentó muchas más precipitaciones y días de lluvia, y menos heliofanía relativa, que agosto y septiembre (Tabla 15), generándose condiciones favorables para el ablandamiento del fruto (Herrington *et al.*, 2011), y el consecuente ataque de *B. cinerea*, para el que son altamente propicias las lluvias frecuentes, los días nublados o de baja heliofanía y la presencia de agua libre en la superficie de los órganos aéreos (Xiao *et al.*, 2001). Las mencionadas condiciones podrían explicar la ocurrencia del mayor porcentaje de frutos podridos en 'Camino Real' y 'Merced'.

En trabajos previos, la incidencia de pudrición de la fruta se ha correlacionado negativamente con la firmeza de la fruta, pues a mayor firmeza menor pudrición (Mirzaee *et al.*, 2009). Si bien en el presente ensayo no medimos la firmeza del fruto, el patrón de %FP observado se correlaciona con los resultados de firmeza reportados en otros estudios. En ensayos realizados en Indiana (EEUU), el ranking de mayor a menor firmeza fue 'San Andreas', 'Benicia' y 'Camino Real' (Guan & Sutterer, 2016); en California (EEUU) fue 'San Andreas', 'Benicia', 'Merced' y 'Camino Real' (Larson, 2013); en Santa Fe (Argentina) el ranking de firmeza promedio para agosto, septiembre y octubre fue 'San Andreas', 'Benicia' y 'Merced' (Mamana, 2017). En nuestro ensayo, el ranking de %FP (de mayor a menor) fue 'Merced', 'Camino Real', 'Benicia' y 'San Andreas' (Tabla 14), es decir, inverso a los rankings de firmeza antes mencionados. En concordancia con los antecedentes mencionados, es posible que los %FP por cultivar observados en el presente trabajo estén asociados a la firmeza.

Además, el bajo %FP de 'Benicia' podría deberse también a su tolerancia a la lluvia (Morales, 2017), aunque no se dispone de esta información para las otras cultivares involucradas en este ensayo como para establecer comparaciones entre las mismas.

En síntesis, los resultados obtenidos respecto a los bioestimulantes estudiados se podrían explicar por: el aporte de materia orgánica del MO.14; el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos del MO.14 en la planta que, al mejorar la permeabilidad de la membrana plasmática, permiten una mayor absorción de N, P, K y otros nutrientes; los ácidos húmicos mejoran la solubilidad del P y su disponibilidad; los AH mejoraron la eficiencia de uso del N proveniente de los fertilizantes; Biomix, como activador de la microflora edáfica, posiblemente favoreció el desarrollo de las colonias de bacterias que solubilizan fosfatos y de las que producen hormonas vegetales, entre otras, estimulando el crecimiento y desarrollo de las plantas.

5. Conclusiones

Las aplicaciones de MO.14 produjeron un rendimiento significativamente mayor. La combinación de MO.14 con Biomix no potenció el efecto del MO.14, pero sí superó al testigo. No hubo efectos en la calidad del fruto (peso individual, susceptibilidad a podredumbres), variables cuya respuesta estuvo dominada por el factor genético (cultivares).

Cuando comenzaron las primeras cosechas del 2º año, las parcelas tratadas fueron las más precoces y productivas, es decir, los efectos benéficos de los tratamientos perdurarían en el agroecosistema cuando el cultivo se mantiene para un segundo año de producción. En este sentido, sería interesante saber si esto responde a mejoras en la biomasa del cultivo, a cambios físicos, químicos y biológicos ocurridos en la rizósfera, o bien a una combinación de ellos. La interacción tratamiento x cultivar fue significativa solamente en la variable número de frutos (NF), observándose mejoras en 'Camino Real' y en 'San Andreas'. Respecto a las cultivares, 'Merced' se destacó por ser la más productiva pero también por ser la más afectada por podredumbres de fruto.

Finalmente, se necesitarían estudios adicionales para aclarar el efecto de interacción de ambos bioestimulantes y para ajustar dosis, concentraciones y frecuencias de aplicación. También se debería evaluar el efecto de estos productos sobre la calidad de la fruta y vida útil en poscosecha.

6. Agradecimientos.

A Eurosemillas, La Loma del Aconquija y Plantas del Sur del Sur por proveer el material vegetal, y a Biosoluciones Manclean por los bioestimulantes. El financiamiento provino de los proyectos INTA PNHFA-1106073 (Hortalizas Frescas) y TUSGO-1231101 (Tucumán Norte).

7. Bibliografía

Abu-Zahra, T.R. & Tahboub, A.A. 2008. Strawberry (*Fragaria x ananasa* Duch.) growth, flowering and yielding as affected by different organic matter

sources. International Journal of Botany 4:481-485.
Aghaeifard, F.; Babalar, M.; Fallahi, E. & Ahmadi, A. 2015. Influence of humic

- acid and salicylic acid on yield, fruit quality, and leaf mineral elements of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv. Camarosa. *Journal of Plant Nutrition* 39:1821-1829.
- Agüero, J.J. & Kirschbaum, D.S. 2013. Approaches to nutrient use efficiency of different strawberry genotypes. *International Journal of Fruit Science* 13:139-148.
- Alarcón-Zayas, A.; Barreiro-Elorza, P.; Boicet-Fabré, T.; Ramos-Escalona, M. & Morales-León, J.A. 2018. Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate. *Revista Cubana de Química* 30:243-255.
- Arancon, N.Q.; Edwards, C.A.; Bierman, P.; Welch, C. & Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93:145-153.
- Chen, X.; Kou, M.; Tang, Z.; Zhang, A.; Li, H. & Wei, M. 2017. Responses of root physiological characteristics and yield of sweet potato to humic acid urea fertilizer. *Plant Soil Environment* 63:201-206.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. & Robledo, C.W. 2015. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dolatiyan, N.; Akzian, A.L.; Fotowat, A. & Tehranifar, A. 2016. The effect of humic acid on some growth and physiological characteristics of *Fragaria ananassa* var: Selva in greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 7:71-84.
- Eshghi, S. & Garazhian, M. 2015. Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humic acid. *Iran Agricultural Research* 34:14-20.
- Farahi, M.H.; Aboutalebi, A.; Eshghi, S.; Dastyaran, M. & Yosefi, F. 2013. Foliar application of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of 'Aromas' strawberry in soilless culture. *Agricultural Communications* 1:13-16.
- Fu, H.; Zhang, G.; Zhang, F.; Sun, Z.; Geng, G. & Li, T. 2017. Effects of continuous tomato monoculture on soil microbial properties and enzyme activities in a solar greenhouse. *Sustainability* 9: 317. doi: 10.3390/su9020317.
- Guan W. & Sutterer, L. 2016. Strawberry variety evaluation for high tunnel production in southwest Indiana. *Midwest Vegetable Trial Report for 2016*. Purdue University. Disponible en: https://ag.purdue.edu/hla/fruitveg/MidWest%20Trial%20Reports/2016/07-01_Guan_Strawberry.pdf
- Herrington, M.E.; Hardner, C.; Wegener, M.; Woolcock, L.L. & Dieters, M.J. 2011. Rain damage to strawberries grown in southeast Queensland: Evaluation and genetic control. *HortScience* 46:832-837.
- Husein, M.; Hassan, S.A. & Shahein, M. 2015. Effect of humic, fulvic acid and calcium foliar application on growth and yield of tomato plants. *International Journal of Biosciences* 7:132-140.
- Kaye, J.P. & Hart, S.C. 1997. Competition for nitrogen between plants and soil microorganisms. *Trends in Ecology and Evolution* 12:139-143.
- Kirschbaum, D.S.; Jerez, E.F.; Salazar, S.M.; Borquez, A.M.; Meneguzzi, N.G.; Agüero, J.J.; Conci, V.C.; Conci, L.R.; Salame, T.P. & Santos, B.M. 2014. Causes of non-marketable fruit production throughout the strawberry harvest season in subtropical environments. *Acta Horticulturae* 1049:887-892.
- Kirschbaum, D.S.; Vicente, C.E.; Cano-Torres, M.A.; Gambardella-Casanova, M.; Veizaga-Pinto, F.K. & Correa-Antunes, L.E. 2017. Strawberry in

- South America: from the Caribbean to Patagonia. *Acta Horticulturae* 1156:947-955.
- Kläring, H. P. & Krumbein, A. 2013. The effect of constraining the intensity of solar radiation on the photosynthesis, growth, yield and product quality of tomato. *Journal of Agricultural and Crop Research* 199:351-359.
- Lai L.; Kumar S. & Willoughby G.L. 2017. Evaluating the impacts of humic acid applied with nitrogen fertilizer on corn growth and soil quality in South Dakota. Poster N° 931. Reunión Anual conjunta de la American Society of Agronomy, Crop Science Society of America y Soil Science Society of America. Oct. 22-25, Tampa (Florida), EEUU.
- Larney, F.J. & Angers, D.A. 2012. The role of organic amendments in soil reclamation: A review. *Canadian Journal of Soil Science* 92:19-38.
- Larson, K.D. 2013. Southern California strawberry research update. UC Davis/UC South Coast REC. <http://cesantabarbara.ucanr.edu/files/176979.pdf>
- Liu, Z.B.; Zhao, B.Q. & Lin Z.A. 2010. Ammonia volatilization characteristics and related affecting factors of humic acid urea. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer Science* 16:208–213.
- Lovaisa N.C.; Guerrero-Molina, M.F.; Delaporte-Quintana, P.G.; Alderete, M.D.; Ragout, A.L.; Salazar, S.M. & Pedraza, R.O. 2017. Strawberry monocropping: Impacts on fruit yield and soil microorganisms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 17: 868-883.
- Mamana, R. 2017. Resultados de ensayos de variedades de frutilla. 4ª jornada de Variedades “Eurosemillas 2017”. 25 de agosto. Coronda, Santa Fe. Argentina.
- Mayi, A.A.; Ibrahim, Z.R. & Abdurrahman, A.S. 2014. Effect of foliar spray of humic acid, ascorbic acid, cultivars and their interactions on growth of olive (*Olea europea* L.) transplants cvs. Khithairy and Sorany. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science* 7: 18-30.
- Mayi, A., & Ibrahim, N. 2015. Effect of cultivars, compost, humic acid and their interactions on leaf nutritional states of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Science Journal of University of Zakho* 3: 97-106.
- Mazarura, U. & Chisango, C. 2012. Effects of long term cropping systems on soil chemical properties. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development* 2:632–640.
- Mirzaee MR, Mohammadi M, Nasrabad AA, 2009. Relative susceptibility of citrus genotypes to fruit rot caused by *Ceratocystis radicola* in Iran. *Tropical Plant Pathology* 34(5): 329-332
- Miura, H.; Yoshida, M. & Yamasaki, A. 1993. Effect of light intensity on growth and ripening of strawberry fruit. *Acta Horticulturae* 348:393-394.
- Mohajerani, S.; Fazel, M.A.; Madani, H.; Lak, S. & Modhej, A. 2016. Effect of the foliar application of humic acid on red bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Experimental Biology and Agriculture Sciences* 4:519-524.
- Morales, C.G. 2017. Manual de manejo agronómico de la frutilla. Boletín INIA N° 17. ISSN 0717- 4829. Santiago, Chile.
- Pešaković, M.; Karaklajić-Stajić, Ž.; Milenković, S. & Mitrović, O. 2013. Biofertilizer affecting yield related characteristics of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) and soil microorganisms. *Scientia Horticulturae* 150: 238–243.
- Robinson-Boyer L.; Feng, W.; Gulbis, N.; Hajdu, K.; Harrison, R.J.; Jeffries, P. & Xu, X. 2016. The use of arbuscular mycorrhizal fungi to improve strawberry production in coir substrate. *Frontiers in Plant Science* 7:1237.

- Rosa, S.D.; Silva, C.A. & Maluf, H.J.G.M. 2018. Humic acid-phosphate fertilizer interaction and extractable phosphorus in soils of contrasting texture. *Revista Ciência Agronômica* 49:32-42.
- Sajid, M.; Rab, A.; Shah, S.T.; Jan, I.; Haq, I.; Haleema, B.; Zamin, M.; Alam, R. & Zada, H. 2012. Humic acids affect the bulb production of onion cultivars. *African Journal of Microbiology Research* 6:5769-5776.
- Salazar, S.M.; Lovaisa, N.C.; Guerrero-Molina, M.F.; Ragout, A.L.; Kirschbaum, D.S.; Díaz-Ricci, J.C & Pedraza, R.O. 2012. Fruit yield of strawberry plants inoculated with *Azospirillum brasilense* RLC1 and REC3 under field conditions. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 32:63-66.
- Selladurai, R. & Purakayastha, T.J. 2016. Effect of humic acid multinutrient fertilizers on yield and nutrient use efficiency of potato. *Journal of Plant Nutrition* 39:949-956.
- Susic, M. 2016. Replenishing humic acids in agricultural soils. *Agronomy* 6: 45.
- Tehrani, A. & Ameri, A. 2014. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristics of *Fragaria × ananassa* 'Camarosa'. *Acta Horticulturae* 1049:391-394.
- Wang, S.Y. & Shin, L.S. 2002. Compost as soil supplement enhanced plant growth and fruit quality of strawberry. *Journal of Plant Nutrition* 25:2243-2259.
- Xiao, C.L.; Chandler, C.K.; Price, J.F.; Duval, J.R.; Mertely, J.C. & Legard, D.E. 2001. Comparison of epidemics of Botrytis fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. *Plant Disease* 85:901-909.
- Zappino, R.O. 2010. Hidromorfía y condiciones acuícolas en suelos de la llanura aluvial de Tucumán (Argentina). *Ciencia del Suelo* 28:79-90.