

INFLUENCIA DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN EL ESTABLECIMIENTO DE PUTTING GREENS DE AGROSTIS

(Agrostis stolonifera, L.)

Pablo Muñoz Vega. *Proyecto de Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Córdoba.*

DIRECTORES DE PROYECTO:

Luís López Bellido. *Catedrático del Departamento de Cultivos Herbáceos.*

Rafael González-Carrascosa Bassadone. *Master en Ciencias por la Universidad de Michigan State*

Introducción: presentación de la situación problema

La construcción de greens se ve a menudo supeditada por la premura en el establecimiento rápido y uniforme de la cubierta vegetal. Éste requisito tiene su origen en una doble exigencia: 1) de un lado, y desde una perspectiva económica, para satisfacer al jugador es preciso alcanzar una superficie cespitosa densa, continua y uniforme en el menor tiempo posible, incluyendo una formación rápida del colchón que optimice las condiciones de juego 2) por otro, y desde una perspectiva agronómica, es preciso mejorar ciertas propiedades del sustrato de enraizamiento USGA. Pese a que el alto contenido en arena reduce la compactación y favorece además una aireación adecuada del sistema radicular y un rápido drenaje del sustrato, el carácter inerte de este material supone capacidades de intercambio catiónico (CIC) muy reducidas, provocando una baja disponibilidad de nutrientes para la planta junto con el continuo desgaste de los que son aportados con el abonado. Además, el bajo contenido en materia orgánica de un perfil tan arenoso dificulta la formación de un colchón adecuado en breve espacio de tiempo.

Esta demanda ha originado en los últimos años la entrada al mercado de los

céspedes deportivos de líneas de productos destinados a mejorar el establecimiento de nuevas superficies cespitosas. Entre éstas se encuentran las sustancias húmicas, más conocidas como “ácidos húmicos”, a las que se les atribuyen beneficios tales como la mejora de la tasa de establecimiento y de crecimiento, de la absorción de nutrientes y de ciertas propiedades del suelo como la CIC o el efecto amortiguador sobre el pH. Los factores propulsores más relevantes de esta industria son la aparición de nuevos

yacimientos y su posible obtención tras reciclaje, junto con la percepción medioambiental favorable que supone el uso de abonos orgánicos.

Que son las sustancias húmicas?

Las sustancias húmicas forman parte de la materia orgánica del suelo, en la cual encontramos, además de organismos vivos y restos orgánicos frescos, el humus o materia orgánica altamente descompuesta y estabilizada. En el humus distinguimos sustancias no



húmicas (pertenecientes a clases bioquímicas conocidas como aminoácidos, ceras o ácidos orgánicos) y sustancias húmicas. Estas últimas se definen como “una serie de sustancias amorfas de carácter ácido, elevado peso molecular, con una coloración virando de amarillenta a negra, y formadas a partir de reacciones de síntesis secundarias”. Constituyen así un material heterogéneo, no quedando definidas por una composición determinada, por lo que se establecen o clasifican en base a su comportamiento frente a ciertos reactivos. Aun así, se admiten características comunes en su estructura: se trata de polímeros tridimensionales constituidos por un núcleo (grupos aromáticos nitrogenados y grupos bencénicos aromáticos), grupos reactivos (hidroxilo, carboxilo...), puentes de unión y cadenas alifáticas.

En cuanto a su clasificación, se distinguen de manera general las siguientes fracciones:

Ácidos húmicos, que es la fracción de las sustancias húmicas insoluble en agua bajo valores de pH inferiores a 2.

Ácidos fúlvicos, que es la fracción soluble en agua para cualquier valor de pH.

Huminas, fracción insoluble en agua para cualquier valor de pH.

En cuanto al material de procedencia de estas sustancias, un tipo de lignito pentaoxidado conocido como leonardita es el más idóneo por su naturaleza de elevada humificación (y por tanto alto contenido en sustancias húmicas) pero no excesiva carbonificación (lo cual supondría un aumento de las huminas en detrimento del resto de fracciones).

Acción agronómica de las sustancias húmicas

Las sustancias húmicas pueden influir en el establecimiento del green actuando bien como enmienda orgáni-



ca, sobre algunas propiedades químicas del sustrato; bien como fertilizante, sobre ciertas propiedades de la planta. Respecto a las primeras, gracias a su carácter coloidal pueden aumentar el valor de la CIC del sustrato y por tanto la disponibilidad de nutrientes en forma directamente asimilables por la planta. Además, las sustancias húmicas se comportan en el suelo como ácidos débiles, confiriéndoles esta capacidad de intercambiar el ión hidrógeno un alto poder tampón o amortiguador del pH del suelo, que se mantendría dentro de estrechos intervalos. En lo que a las propiedades fisiológicas de la planta se refiere, el aporte de sustancias húmicas puede influir sobre el crecimiento radicular, la tasa de crecimiento, la germinación y la absorción de nutrientes. El crecimiento radicular se vería incrementado indirectamente gracias al aumento de fertilidad de la rizosfera, y directamente debido al aumento de la permeabilidad de las membranas celulares que provocan estas sustancias, aumentando la entrada de nutrientes, junto con el estímulo metabólico que suponen, pues catalizan la respiración de las células radiculares. La tasa de crecimiento o desarrollo de las plantas se vería también favorecida por la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo. En relación a la tasa de germinación, parece ser que las sustancias húmicas jugarían un papel de tipo hormonal. Por último, y por las mismas razones que se

han expuesto, la concentración de nutrientes en la hoja, especialmente en condiciones limitadas de los mismos, podría verse incrementada.

Marco actual: establecimiento de greens y sustancias húmicas

La presión por establecer lo antes posible una alfombra de césped densa y uniforme exige pues la optimización de ciertas propiedades del suelo y de la planta, condición que podría ser en parte satisfecha con tratamientos basados en la adición de sustancias húmicas, según las virtudes que a éstas se les atribuyen. Sin embargo, la información disponible actualmente acerca del efecto de estas sustancias en el establecimiento de superficies cespitosas en capas de enraizamiento arenosas no está bien documentada. Además, los mecanismos detallados acerca de cómo actúan dichas sustancias en la planta son poco conocidos, debido principalmente a la complejidad de las moléculas que las componen; y el intensivo programa de mantenimiento de los greens particulariza más aún si cabe el caso.

No obstante, algunos estudios reflejan que las sustancias húmicas son particularmente efectivas en suelos con bajo contenido en materia orgánica y alto en arena, condición presente en los greens USGA.

Objetivo

Se llevó a cabo un proyecto de investigación cuyo objetivo fue el de conocer la influencia de las sustancias húmicas durante el establecimiento de un green de agrostis (*Agrostis stolonifera* L.), llevando a cabo para ello un ensayo en condiciones de campo consistente en la incorporación al sustrato de enraizamiento en presiembra de un producto húmico comercial según distintas dosis o ninguna y determinando en el tiempo diferentes propiedades de interés agronómico de la planta y del sustrato: cobertura vegetal, máxima longitud radicular, tasa de crecimiento de la biomasa por unidad de superficie y concentración de nutrientes en la hoja, así como CIC, pH y conductividad eléctrica del sustrato.

Diseño del ensayo

El ensayo de campo se llevó a cabo durante los meses de junio, julio y agosto de 2004 en el green del hoyo 9 en "Club de Golf Alicante" situado en el término municipal de Playas de San Juan (Alicante), en la Comunidad Valenciana. La variedad L-93 de la especie agrostis (*Agrostis stolonifera*, L.) se sembró el 2 de junio.



Tabla 1. Composición y propiedades del producto húmico comercial empleado en el ensayo.

Extracto húmico (%p/p)*	
ácido húmico	15
ácido fúlvico	10
Materia seca (%)**	42,72
Contenido en materia orgánica (%)**	22,74
Contenido en carbono orgánico oxidable (%)**	11,37
Contenido en Nitrógeno (%)*	3
Contenido en Potasio (%)*	6
Contenido en aminoácidos (%)*	3
Ph**	11,5
Conductividad (mScm ⁻¹)**	45

*Información presente en la etiqueta del producto.

**Información obtenida tras análisis en laboratorio.

El plan experimental consistió en un diseño en bloques al azar completamente aleatorio con un solo tratamiento con el producto húmico, incorporado a los 8-10 cm superficiales del sustrato en presiembra y aplicado según tres dosis diferentes (750, 1500 y 3000 lha⁻¹) o ninguna (control) con tres replicaciones (tres bloques). Cada bloque quedó dividido por tanto en cuatro parcelas con una superficie de 3 m x 3 m cada una.

El producto húmico comercial empleado consiste en una solución líquida soluble en agua que incluye, además del extracto húmico, materia orgánica de otras fuentes (ácidos de bajo peso molecular y materia orgánica fresca o lábil), aminoácidos y sales de nitrógeno y potasio. La tabla 1 resume la composición y algunas propiedades del producto.

Técnicas de cultivo

Plan de fertilización

El abonado en presiembra consistió en el aporte de 50 kgha⁻¹ de N, 100 kgha⁻¹ de fósforo P₂O₅, 100 kgha⁻¹ de potasio K₂O y 9,375 kgha⁻¹ de hierro Fe. En post-siembra, se mantuvo durante todo el ensayo un abonado nitrogenado consistente en aportes semanales decrecientes de nitrato amónico en altas dosis, pasando de 50 a 23 kgha⁻¹.

Siembra

El 2 de junio se sembró la variedad L-93 de la especie agrostis (*Agrostis stolonifera*, L.), según una dosis de 8 gm⁻².

Riego

Las necesidades hídricas de la planta fueron calculadas automáticamente

Tabla 2. Plan de toma de muestras para las determinaciones correspondientes al ensayo entre junio y agosto de 2004.

EVALUACIÓN	PLAN DE TOMA DE MUESTRAS
Cobertura vegetal	Una vez por semana durante todo el ensayo, a partir de la siembra.
Tasa de crecimiento	Una vez por semana durante todo el ensayo, y a partir del primer segado del green.
Longitud radicular	Una vez por semana durante todo el ensayo, una vez que el sustrato presentó consistencia suficiente.
Toma de muestras de suelo	Una vez cada 45 días, a partir de la siembra.
Toma de muestras foliares	Una vez cada 45 días, a partir de la siembra.

* El 4 de agosto no se segó el green debido a estrés.

por un programa informático, que utiliza para ello los datos que suministra la estación meteorológica del club de golf. El sustrato siempre se mantuvo con una humedad adecuada.

Siega

El plan de siega consistió en tres cortes semanales con una reducción progresiva de la altura de corte. La altura inicial fue de 10 mm y al final del ensayo, de 8mm.

Evaluaciones realizadas y calendario de toma de muestras

Cobertura vegetal

La medida de la cobertura vegetal se realizó una vez por semana durante los tres meses que duró el ensayo. El procedimiento de medida consistió, en la toma de imágenes digitales de las diferentes parcelas en el tiempo, midiendo posteriormente el área de las superficies cubiertas vegetalmente con la ayuda de un programa informático.

Máxima longitud radicular

La evaluación consistió en la extracción semanal con la copa de muestras de suelo y raíces de cada parcela, separando a continuación mediante lavado raíces y sustrato, y finalmente

en la medición de la máxima longitud radicular a partir del nivel del suelo.

Tasa de crecimiento

La evaluación de la tasa de crecimiento se determinó calculando semanalmente el peso seco de la biomasa (procedente de la siega de cada una las parcelas por separado) por unidad de superficie segada. Las muestras fueron secadas durante 24 h a una temperatura de 75° previo pesado en balanza de precisión.

Análisis en laboratorio

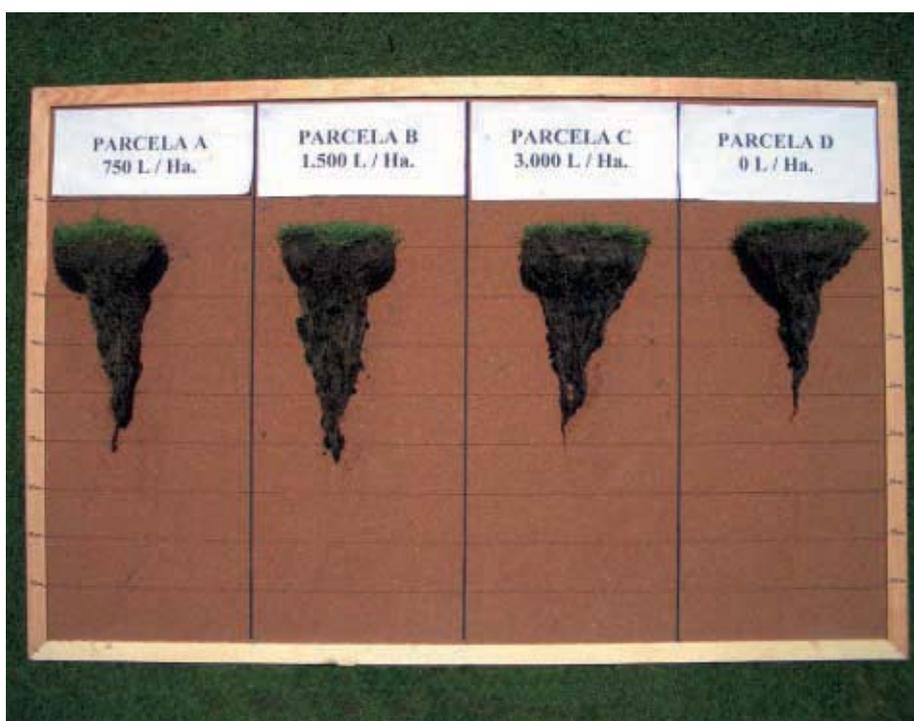
Los análisis de suelo (CIC, pH y CE) y foliar (concentración de N,P y K) se realizaron en laboratorio. La CIC fue determinada mediante el método de desplazamiento con acetato sódico.

Análisis estadístico de datos

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA. Las medias obtenidas para los distintos tratamientos fueron separadas en grupos homogéneos mediante el método de comparación múltiple LSD (mínimas diferencias significativas o mds) de Fisher al 95% de significación.

Resultados y Conclusiones:

Aunque todas las dosis del tratamiento aumentaron de forma significativa el índice de cobertura vegetal inicialmente, su efecto quedó enmascarado por el abonado nitrogenado estándar que se aportó en post-siembra. Por otra parte, y aunque la comparación entre las medias globales de cada tratamiento durante todo el ensayo mostró un aumento significativo de la cobertura vegetal con respecto a las parcelas no tratadas independientemente de la dosis aplicada, en ningún caso dicho





aumento llegó superó el 10%, por lo que el resultado es intrascendente.

Se observaron diferencias significativas en el índice de tasa de crecimiento en las primeras muestras tomadas, siendo superiores los valores correspondientes a los tratamientos de dosis mayores (1500 y 3000 lha^{-1}). Sin embargo, las cantidades medidas fueron muy poco representativas (inferiores a los 10 gm^{-2}). Las diferencias desaparecieron en las medidas posteriores, mostrando así el resultado que el efecto bien sería temporal (restrigiéndose al primer mes tras la germinación), bien quedaría camuflado por el plan de abonado, el cual regularizó el crecimiento de todas las parcelas.

El índice de máxima longitud radicular no se vio afectado por ninguno de los tratamientos. Al comparar en cambio las medias globales de los tratamientos durante todo el ensayo sí se aprecian diferencias significativas entre el tratamiento de 1500 lha^{-1} y el control, sugiriendo que las sustancias húmicas podrían ser requeridas en cantidades importantes para el estímulo de la elongación radicular, mientras que dosis demasiado elevadas interrumpirían este efecto favorable. En cambio, y

dado que la máxima diferencia entre máximas longitudes radiculares medidas nunca superó los 2 cm, el posible efecto positivo observado sería irrelevante en términos agronómicos.

El análisis foliar no reveló diferencias significativas entre la concentración de N para los tratamientos y para el control, indicando así que la sustancia húmica empleada no tendría influencia ninguna sobre la absorción de N por agrostis durante los tres meses posteriores a la siembra, a pesar de N mineral que supuso su aporte (dado su contenido en sales inorgánicas de N). Con respecto a los niveles de P, los resultados sugirieron un posible efecto inhibitor temporal de la sustancia húmica en la absorción de este nutriente por la planta, puesto que las plantas tratadas mostraron concentraciones significativamente inferiores a las control independientemente de la dosis de producto recibida, y que este efecto dejó de estar patente transcurridos tres meses desde la siembra. El tratamiento sí tuvo una influencia positiva sobre la concentración de K, puesto que dosis crecientes de la sustancia húmica supusieron un incremento paralelo significativo en el valor de dicho índice. Este efecto sería tem-

poral y dejaría de ser significativo tres meses después de la siembra. La influencia positiva observada podría tener como causa, además del efecto intrínseco de las sustancias húmicas, el K inorgánico directamente asimilable para la planta que supone la aportación del producto en altas dosis. Finalmente, y dado que todos los niveles de nutrientes en la hoja se mantuvieron holgadamente dentro del rango de suficiencia adecuado para esta especie en el establecimiento durante todo el ensayo, los efectos provocados por la sustancia húmica fueron intrascendentes. Las sales inorgánicas presentes en el producto pudieron tener un efecto colateral en las propiedades evaluadas que no fue considerado. Finalmente, el tratamiento no jugó ningún papel en la recuperación de los índices fisiológicos evaluados tras el severo estrés padecido por escalpado del segado.

En relación a las propiedades químicas del sustrato evaluadas, no se observó ninguna diferenciación significativa entre los tratamientos y el control. El incremento de CIC esperado en el sustrato de cada parcela en función del tratamiento húmico recibido fue calculado en despacho (considerando una CIC de $500 \text{ meq}/100 \text{ g}$ de suelo para la materia orgánica del producto), y se comprobó que el tratamiento, incluso aportado en altas dosis, es ineficaz a la hora de incrementar la CIC del sustrato en los 10 primeros cm de suelo dada la escasez de materia orgánica oxidable que presenta. Mientras que la dosis menor sólo incrementaría la CIC en $0.266 \text{ meq}/100 \text{ g}$ suelo, la mayor lo haría en $0.0665 \text{ meq}/100 \text{ g}$ suelo. El sustrato pasaría de presentar una CIC “débil” a “normal” si ésta se incrementase de 6-10 a 10-20 $\text{meq}/100 \text{ g}$ suelo, por lo que se observa claramente la incapacidad de este producto en lo que a la mejora de la CIC del sustrato se refiere. Estos cálculos se vieron corroborados por los resultados obtenidos en el ensayo, los cuales mostraron que ningún tratamiento provocó valo-



TABLA 3. APORTES TOTALES DE LOS ABONADOS INORGÁNICO Y ORGÁNICO REALIZADOS SOBRE LAS DISTINTAS PARCELAS DEL GREEN EN PRESIEMBRA*

Aporte	Dosis de producto húmico (lha ⁻¹) aplicada en la parcela			
	750	1500	3000	0
kg ha ⁻¹ N	72,5	95	140	50
kg ha ⁻¹ P205	100	100	100	100
kg ha ⁻¹ K20	145	190	280	100
kg ha ⁻¹ Fe	9,375	9,375	9,375	9,375
Ácidos húmicos en 10cm superficiales (g/100g de suelo)	0,0025	0,0051	0,01	0
Ácidos fúlvicos en 10cm superficiales (g/100g de suelo)	0,0031	0,0063	0,0125	0
Materia orgánica oxidable (g /100 g suelo)	0,0133	0,0266	0,0532	0
Aminoácidos (lha ⁻¹)	9,6	19,35	38,8	0

*Todos los aportes realizados entre el 1 y 2 de junio de 2004.

res de CIC significativamente superiores a los del control.

A pesar de los elevados valores de pH y CE que el producto húmico presenta en estado puro, no se detectaron diferencias significativas en ninguno de los dos índices. El posible efecto amortiguador del producto húmico aplicado fue bien temporal (imperceptible tres meses después de la siembra), bien inexistente, pues los valores de pH medidos para cada tratamiento a lo largo del ensayo difirieron significativamente entre sí.

El precio de una sustancia húmica comercial estándar y por tanto similar a la empleada en este ensayo oscila entre los 2 y 3 euros por litro. El coste de la aplicación del producto en un green de tamaño medio (500 m²) oscilaría entre los 75 y 450 euros (para precios de entre 2 y 3 euros por litro y dosis de entre 750 y 3000 lha⁻¹). Esta inversión sólo sería compensable con una apertura muy prematura del green a los jugadores. Con la escasez de resultados positivos obtenida, el tratamiento con la sustancia húmica ensayada junto al abonado inorgánico sería, por su ineficacia y alto coste, inabordable.

Finalmente, la aplicación de la sustancia húmica ensayada en presiembra según las dosis estudiadas no cabe ser considerada, bajo criterio ni agronómico ni económico. Sin embargo, y dado el interés actual que suscitan los abonos orgánicos por ser su aplicación más favorable desde una perspectiva medioambiental, sería conveniente estudiar en futuros trabajos el verdadero potencial de estas sustancias en el establecimiento de agrostis de manera independiente al efecto indirecto del abonado inorgánico estándar en post-siembra, evaluando además otras formulaciones húmicas más purificadas y concentradas, aplicadas según otras dosis y en sustratos diferentes.

Bibliografía

- Chen Y., Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. En: Humic Substances in Soil and Crop Sciences. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America (P. MacCarthy, C.E. Clopp, R.L. Malcolm, P.R. Bloom, eds.). Madison, Wisconsin. pp: 161-182.
- Cooper, R., Liu, C., Fisher, D. 1998. Influence of humic substances on rooting and nutrient content of creeping bentgrass. Crop Science, 38: 1639-1644.
- Dorer, S. Peacock, C. 1997. The effects of humate and organic fertilizer on establishment and nutrition of creeping bentgrass putting gre-

- ens. Journal of the International Turfgrass Research Society, 8: 437-443.
- Kaminski, J., Dernoeden, P., Bigelow, C. 2004. Soil amendments and fertilizer source effects on creeping bentgrass establishment, soil microbial activity, thatch and disease. Hortscience, 39:620-626.
- Liu, CH., Cooper, R., Bowman, D. 1998. Humic acid application affects photosynthesis, root development and nutrient content of creeping bentgrass. Hortscience, 33: 1023-1025.
- Varshovi, A. 1996. Humates and their turfgrass applications. Golf Course Management, 64:53-58.
- Zhang, X., Ervin, E., Schmidt, R. 2003. Physiological effects of liquid

applications of seaweed extract and humic acid on creeping bentgrass. Journal of the American Society of Horticulture. 128: 492-496.



Pablo Muñoz Vega
Cranfield University

ARENAS SILICEAS

Para la construcción y mantenimiento de campos de golf e instalaciones deportivas



Euroarce

Río Pirón











Ctra. Navalmanzano, Km. 34,200
40470 Navas de Oro – Segovia-
Tlf.: 921 59 12 88
Fax: 921 12 41 37
E-mail: euroarce@samca.com