



Figura 1: Diferencias en el crecimiento del césped debido a una humectación irregular.

Optimización de la humectación del suelo en un campo de golf

Muchos suelos arenosos cubiertos de césped presentan propiedades de repelencia al agua. Estas propiedades hidrofóbicas aparecen cuando el contenido de agua en el suelo es inferior a un valor crítico que difiere en función del tipo suelo. En periodos secos, cuando el contenido de agua en el suelo disminuye por debajo de este valor crítico, la tasa de infiltración de agua de lluvia y/o de riego decrecerá también considerablemente, lo que supone una disminución de la disponibilidad de agua para las plantas. En estas condiciones, el movimiento del agua a través del perfil del suelo es irregular y como consecuencia el contenido de agua varía mucho entre puntos situados a corta distancia, produciéndose la aparición de vías de flujo preferencial cuyos efectos pueden resultar adversos para el medio ambiente. En el presente trabajo se ha estudiado los efectos de la aplicación de un surfactante sobre la humectación y la variabilidad del contenido de agua en la capa más superficial del suelo en uno de los hoyos del campo de golf «De Pan» situado en la zona central de los Países Bajos. Además, se evaluó la eficiencia de la aplicación del surfactante para prevenir la aparición de repelencia del suelo al agua y el desarrollo de vías de flujo preferencial en el perfil del suelo.



KLAAS OOSTINDIE



LOUIS DEKKER



COEN RITSEMA



JAN WESSELING

Alterra Research Centre,
Wageningen University,
Países Bajos



HÉCTOR AGUILERA

Instituto Geológico
y Minero de España,
Madrid

Introducción

Bajo determinadas circunstancias el suelo puede presentar repelencia al agua. En general esto se debe al recubrimiento de las partículas del suelo con compuestos orgánicos hidrofóbicos liberados por las plantas, microbios o hongos. Este fenómeno tiene implicaciones directas sobre el crecimiento de los cultivos y el transporte de agua y compuestos químicos disueltos. Cuando la superficie del suelo es repelente, el agua de lluvia no se infiltrará inmediatamente en el suelo, sino que se desplazará hacia las zonas más bajas por la superficie. Además, la repelencia favorecerá el desarrollo de un frente hú-

medo inestable debido a la irregular humectación y a la aparición de vías de flujo preferencial por donde el agua circula más rápido. Estas vías de flujo preferencial hacen que la aplicación de fertilizantes, pesticidas e insecticidas sea menos efectiva con el consiguiente riesgo, además, de contaminación de aguas subterráneas y superficiales. El hecho de que el fenómeno de la repelencia puede disminuir la cantidad de agua disponible para las plantas afectando a la calidad del césped en campos de golf ha despertado el interés de científicos y greenkeepers en los últimos años. El grado de repelencia varía

entre los distintos tipos de suelo. En algunos casos, el agua se infiltrará y empapará el suelo en pocos segundos y en otros casos esto sólo ocurrirá después de unas horas. También puede ocurrir que el suelo no se humedezca en absoluto. La repelencia es una propiedad del suelo que sólo se manifiesta si el contenido de agua del suelo se encuentra por debajo de un valor crítico. Cuando el suelo está más seco que este valor crítico muestra su comportamiento repelente al agua y cuando el contenido de agua está por encima de este valor el suelo es fácilmente humectable. Este valor crítico no sólo varía para cada tipo de suelo sino también para cada capa del perfil. Para la evaluación del grado de repelencia se utiliza el test del tiempo de penetración de una gota (WDPT en sus siglas

en inglés). Este método consiste en añadir gotas de agua sobre la superficie de una muestra de suelo y se mide el tiempo que tardan en ser completamente absorbidas. El uso de surfactantes (que reducen la tensión superficial del agua) y la adecuada aplicación del riego en el tiempo, pueden contribuir a que el contenido de agua se mantenga por encima del valor crítico. De este modo se evita el desarrollo de repelencia, favoreciéndose un humedecimiento homogéneo del suelo. En este artículo se muestran los efectos positivos de la aplicación de un surfactante sobre la absorción de agua en la capa superior del suelo en un campo del golf. A su vez, se ilustra cómo el uso de surfactantes previene la aparición de repelencia del suelo al agua y el desarrollo de vías de flujo preferencial.

Áreas secas localizadas: incluso después de la irrigación

Los hoyos del campo de golf «De Pan» están situados sobre dunas interiores formadas por arena fina hasta más de dos metros de profundidad. El contenido en materia orgánica por debajo de los dos primeros centímetros del perfil del suelo es del seis por ciento y disminuye con la profundidad hasta menos del uno por ciento a los 30 centímetros. La capa superior del suelo consta de un espesor 20-25 centímetros y siempre presenta comportamiento repelente durante periodos secos, que se muestra en pequeñas áreas secas localizadas que

presentan una cobertura de césped menos densa y de color marrón amarillento. Tras periodos secos, por ejemplo julio de 2003, los hoyos del campo exhibían patrones irregulares, por una parte, pequeñas áreas secas de color marrón amarillento, y por otra, zonas húmedas con césped verde (Figura 1). Mediante la irrigación se intentó humedecer las áreas secas y conseguir un césped verde y homogéneo, sin embargo, el resultado que se obtuvo fue un aumento del contraste entre las áreas secas y las húmedas.

Tratamiento y medidas

Mediante la aplicación de un surfactante el agua puede infiltrarse fácilmente en el suelo. En 2004 y 2005 la mitad de la superficie de un hoyo en la dirección longitudinal fue tratado cuatro veces con el surfactante «Revolution» (Corporación americana Aquatrols, Paulsboro, NJ, USA) mientras que la otra mitad permaneció sin tratar. Durante los meses de mayo, junio, julio y agosto de ambos años se aplicó el surfactante sobre la superficie del terreno en una concentración de 190 mililitros (disueltos en 8 litros de agua) por cada 100 metros cuadrados. Con un aparato TDR se tomaron, en 12 ocasiones, medidas de contenido de agua cada 25 centímetros en los primeros 5 centímetros del perfil del suelo a lo largo de transectos transversales de 25 metros de largo situados a través de las

zonas tratadas y sin tratar. Adicionalmente, en los mismos puntos se investigó la ocurrencia de repelencia en los primeros 25 centímetros del perfil del suelo. Para ello se utilizó una pequeña barrena de acero con un diámetro de 1.5 centímetros y una longitud de 25 centímetros (Figura 2), con la que se extrajeron muestras inalteradas del perfil del suelo. Para determinar si el suelo presenta repelencia, con la ayuda de un simple cuentagotas se añadieron gotas de agua a intervalos de distancia regulares a lo largo de la muestra recogida en la barrena. Si las gotas son absorbidas por el suelo en menos de 5 segundos se le considera humectable y si el tiempo es mayor entonces es repelente. Al mismo tiempo se media el espesor de la capa de arena repelente.



Figura 2: Barrena de acero utilizada para muestrear la repelencia del suelo al agua.

Grandes diferencias en el contenido de agua del suelo

Tras las cuatro aplicaciones del surfactante, a partir del 16 de agosto de 2004 (exceptuando el periodo invernal) se observaron grandes diferencias en el contenido medio de agua en la capa más superficial del suelo entre las zona tratada y no tratada, como puede verse en la Figura 3. En la zona no tratada el contenido medio de agua no sólo resultó ser significativamente menor, sino que también se observaron importantes fluctuaciones a corta distancia. Por ejemplo, como se observa en la Figura 4, el 14 de septiembre de 2005 en la

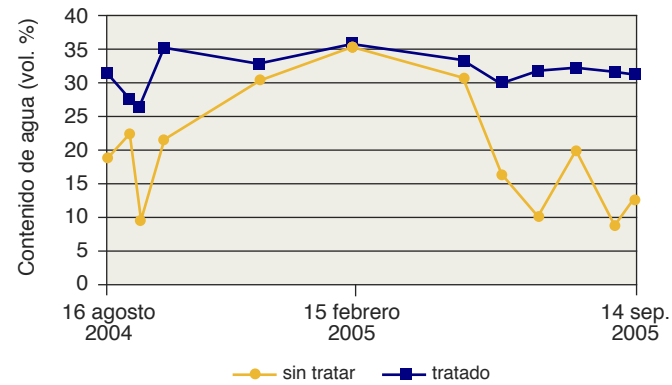


Figura 3: Contenidos medios (n=50) de agua en los primeros cinco centímetros de suelo en las zonas experimentales tratadas y sin tratar, tomadas entre el 16 de agosto y el 14 de septiembre de 2005.

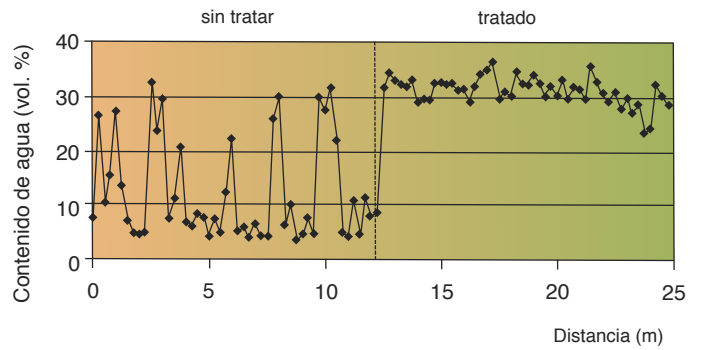


Figura 4: Contenido de agua en los primeros 5 cm del suelo en las zonas experimentales tratadas y sin tratar el 14 de septiembre de 2005.

zona no tratada el contenido de agua varía, en muchas ocasiones, entre aproximadamente un 5 y un 30 por ciento entre intervalos de distancia de apenas 25 centímetros. Sin embargo, el contenido de agua en la capa superficial de la zona tratada resultó ser siempre elevado con un rango de variación mucho mas pequeño, entre un 24 y un 37 por ciento. La aplicación regular del surfactante favoreció, especialmente durante el verano, la presencia de elevados contenidos de agua y una distribución homogénea de la misma en la capa superficial del suelo de la zona tratada en relación a la no tratada.

Repelencia del suelo al agua y transporte preferencial

En la mayor parte de los perfiles tomados en el área no tratada del hoyo, se detectaron capas de suelo repelente. En la mayoría de los casos la capa superior del suelo era repelente desde la superficie hasta una profundidad de 10 a 20 centímetros (Figura 5). Esto significa que una gran parte del suelo estaba seca, con contenidos de agua por debajo del valor crítico. La capa superficial de suelo (primeros 5 centímetros) presentaba, en casi todos los puntos, contenidos de agua menores al 10 por ciento. Sin embargo, en otros puntos se midieron

contenidos volumétricos entre un 15 y un 30 por ciento, valores por encima del crítico y, por tanto, en estos casos la arena era humectable. Estas pequeñas manchas húmedas forman en conjunto las vías de flujo preferencial en el perfil del suelo, a través de las cuales la lluvia y el agua de riego junto con las sustancias que llevan disueltas serán transportadas más rápidamente hacia el subsuelo. Por otra parte, en la zona del hoyo tratada con surfactante no se detectaron ni repelencia ni vías de flujo preferencial en ningún punto el perfil.

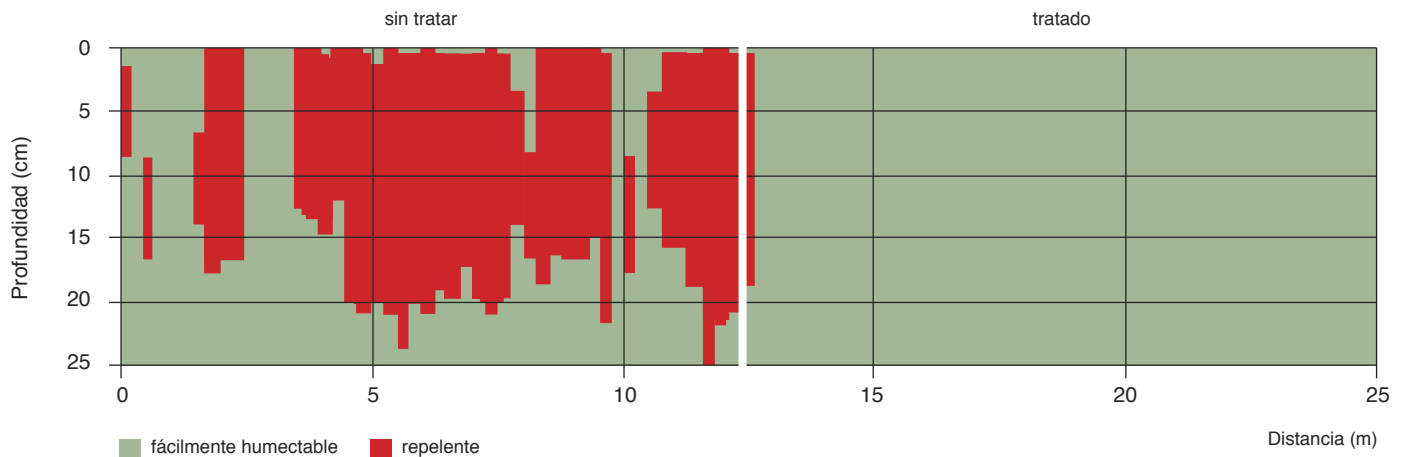


Figura 5: Distribución de la repelencia actual en los primeros 25 cm del perfil del suelo

Aspecto del césped en el hoyo

En todas las fechas de muestreo el crecimiento y el color del césped resultaron mucho mejores en la zona tratada que en la no tratada. El césped no solo presentaba un verde más homogéneo, sino que también variaban las especies vegetales presentes. Por ejemplo en la zona tratada *Archillea millefolium*, un indicador de crecimiento en condiciones de suelo seco, fue desapareciendo gradualmente. Después de la cuarta aplicación del surfactante su presencia era casi despreciable, mientras que en la zona no tratada se extendía de forma generalizada. El efecto de la adición del surfactante "Revolution" sobre el color y la cobertura del césped eran ya fácilmente visibles poco después de la segunda aplicación. La superficie tratada del hoyo se observa claramente en la fotografía aérea (Figura 6). En la parte superior derecha se aprecian manchas marrones pertenecientes a otros hoyos que presentan los mismos problemas de repelencia.



Figura 6: Vista aérea de las zonas experimentales tratadas y sin tratar en julio de 2005 (foto tomada por G.F. Lampe).

Conclusiones

La variabilidad espacial en el contenido de agua en la capa más superficial del suelo en la zona no tratada del hoyo estudiado es a menudo bastante importante. En intervalos de distancia relativamente pequeños (25 centímetros) el contenido de agua puede variar entre un 5 y un 35 por ciento.

Los primeros 25 centímetros del suelo arenoso del hoyo estudiado poseen propiedades repelentes al agua. Esto significa que cuando la arena se ha secado por debajo del contenido de agua crítico, la absorción de agua por el suelo se ve tremendamente dificultada. Una gran parte de la capa superior del suelo puede entonces llegar a ser repelente, como consecuencia la lluvia y el agua de riego fluyen sobre la superficie del terreno hacia las zonas más bajas. Además, la infiltración del agua en el perfil del suelo tiene lugar a través las vías de flujo preferencial y, por tanto, a menudo aparecen arenas tanto repelentes como humectables en intervalos de distancia relativamente pequeños. El tratamiento de suelo del hoyo potencialmente repelente con el surfactante ha resultado, de forma evidente, en una homogénea humectación de la zona radicular y ha prevenido el desarrollo de la repelencia actual en el suelo.

El surfactante mejora notablemente la capacidad de absorción y de retención de agua de la capa superior del suelo. Por una parte minimiza la ocurrencia de escorrentía superficial y por otra, el desarrollo de vías de flujo preferencial. En todos los días muestreados el contenido medio de agua en la capa superficial del suelo siempre fue mayor en la zona tratada que en la no tratada. Las enormes diferencias en el contenido de agua del suelo en la capa superficial de la zona no tratada fueron erradicadas mediante la aplicación del surfactante.

En resumen, la homogénea humectación del suelo y la prevención del desarrollo de vías de flujo preferencial gracias a la aplicación del surfactante, tienen varias consecuencias positivas:

- (i) una disminución del riesgo del lavado de nutrientes y otros contaminantes hacia las aguas subterráneas;
- (ii) una mejora significativa de la calidad del césped, tanto en el color como en la cobertura;
- (iii) la cantidad de agua necesaria para irrigación es mucho menor debido a una humectación más eficiente. ■

Bibliografía

- DEKKER, L.W.; OOSTINDIE, K.; KOSTKA, S.J.; RITSEMA, C.J.: *Effects of surfactant treatments on the wettability of a water repellent grass-covered dune sand*. Australian Journal of Soil Research. 43: 383-395, 2005.
- DEKKER, L.W.; OOSTINDIE, K.; RITSEMA, C.J.: *Exponential increase of publications related to soil water repellency*. Australian Journal of Soil Research. 43: 403-441, 2005.
- DEKKER, L.W.; RITSEMA, C.J.; OOSTINDIE, K.: *Dry spots in golf courses: Occurrence, Amelioration and Prevention*. Acta Horticulturae. 661: 99-104, 2004.
- KOSTKA, S.J.: *Amelioration of water repellency in highly managed soils and the enhancement of turfgrass performance through the systematic application of surfactant*. Journal of Hydrology. 231-323: 359-368, 2000.
- OOSTINDIE, K.; DEKKER, L.W.; WESSELING, J.G.; RITSEMA, C.J.: *Soil surfactant stops water repellency and preferential flows paths*. Soil Use and Management (in press), 2008.
- OOSTINDIE, K.; WESSELING, J.G.; DEKKER, L.W.; RITSEMA, C.J.: *Het optimaliseren van de bevochtiging van een golfbaan*. Greenkeeper. 4: 23-25, 2008.
- RITSEMA, C.J.; DEKKER, L.W.: *How water moves in a water repellent sandy soil. 2. Dynamics of fingered flow*. Water Resources Research. 30: 2519-2531, 1994.
- RITSEMA, C.J.; DEKKER, L.W.; OOSTINDIE, K.; MOORE, D.; LEINAUER, B.: *Soil water repellency and critical soil water content*. In: Soil Science: Step-by-step Field Analysis (Logsdon et al., eds), Soil Science Society of America. pp. 97-112, 2008.