

COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS DE RIEGO: ASPERSIÓN Y GOTEO, EN REMOLACHA AZUCARERA

Miguel A. García Turienzo¹ y Avelino de Benito Muñoz¹

RESUMEN: En este artículo se presentan los resultados de producción de raíz, azúcar, materia seca, eficiencias del agua y del nitrógeno, y parámetros de calidad tecnológica de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris L.*) en dos sistemas de riego: aspersión y goteo. En el experimento realizado se han utilizado varias dosis de agua y abono nitrogenado en cuantía similar en ambos sistemas con el fin de poder comparar los datos obtenidos. El objetivo era constatar si, con estas dosis de agua y abono, las ventajas del riego por goteo comprobadas experimentalmente en otros cultivos, principalmente hortícolas y frutales, podían hacerse extensivas a la remolacha azucarera en la Cuenca del Duero. Según los resultados obtenidos el sistema de goteo ha sido ventajoso en las producciones de raíz, azúcar y materia seca. La riqueza sacárica media en el conjunto de los niveles de agua aplicada ha sido similar en los dos sistemas de riego y dosis de abono. No obstante, en el nivel de agua próximo a 700 mm, el % de sacarosa es superior en el riego por aspersión para cualquier cantidad de abono aplicado. Las eficiencias del agua y nitrógeno han sido superiores en goteo y la calidad tecnológica del cultivo en aspersión.

ABSTRACT: In this paper, root, sugar, dry matter, water and nitrogen efficiencies, and technological quality of sugar beet were studied in both sprinkler and drip irrigation systems. The objective of this work was to verify if the advantages of drip irrigation, experimentally proved in another crops, could be extrapolated to sugar beet crop in the Duero basin. The experiment was carried out with several doses of water and nitrogen in similar quantities on both systems. Results showed that the drip irrigation system was profitable for root, sugar and dry matter productions. Sucrose mean concentration for all water levels was very a like in both irrigation systems. Nevertheless, the sucrose concentration resulted higher in the sprinkler system, for the 700 mm water level. Efficiencies of water and nitrogen were better for the drip irrigation and root quality for sprinkler irrigation

INTRODUCCIÓN

Evidentemente el agua es el factor más importante en la producción de los cultivos de regadío. Este es el caso de la remolacha azucarera en el Oeste Mediterráneo, donde se riega del 20 al 80% de la superficie de cultivo (Cavazza et al., 1976), y en la Cuenca del Duero, donde se ha realizado el experimento, en la que el riego se utiliza en el 100% de las zonas remolacheras.

En remolacha se ha utilizado la mayor parte de los sistemas de riego conocidos en todo el mundo y se ha comparado algunos de los más corrientes (Haddock et al., 1974). Todos ellos tienen como objetivo distribuir el agua sobre el terreno de la manera más uniforme en

toda la superficie de cultivo, y así evitar pérdidas de agua y aumentar la eficiencia de aplicación.

El trabajo de investigación en este campo brinda la oportunidad de ensayar nuevos métodos de riego en remolacha y adaptar al cultivo sistemas que anteriormente no habían sido utilizados, bien por carecer de medios y conocimientos, o por el elevado coste de instalación y manejo.

El sistema de riego por goteo, que hasta 1970 se conocía con el nombre de "gota a gota", viene utilizándose desde casi medio siglo en invernaderos y pequeñas superficies al aire libre con cultivos hortícolas, flores, plantas ornamentales y árboles frutales.

¹. Servicio de Investigación Agraria Junta de Castilla y León. Apdo. 172 47080, Valladolid email: aginv@vnet.es

La necesidad de utilizar el riego como principal factor de incremento de la producción agrícola, la búsqueda de sistemas de ahorro de agua en zonas de escasez, el imperativo en muchos casos de tener que utilizar agua de calidad deficiente para el riego y finalmente el aprovechamiento de terrenos en los que la orografía no permitía manejar el riego de forma aceptable con otros sistemas, han contribuido notablemente a desarrollar y extender el riego localizado en las últimas décadas.

En la actualidad el riego por goteo es una técnica con la que se puede poner cualquier cantidad de agua y fertilizante en la zona radicular de la planta en los momentos necesarios. Esto implica que en condiciones rigurosamente controlables es un procedimiento de elevada eficiencia potencial en la aplicación del agua y en su utilización por los vegetales; en condiciones adecuadas y para cultivos apropiados ofrece perspectivas de rendimientos mayores que otros sistemas de riego (FAO, 1974)

Sin embargo, las circunstancias agronómicas y climáticas pueden hacer variar las tendencias en cuanto a sistemas de riego, como se demuestra en experimentos llevados a cabo en el Reino Unido, en los que no se encontraron diferencias de producción entre el riego por goteo y la aspersión en un cultivo de remolacha azucarera (Drycott y Messem, 1977).

Las ventajas del riego por goteo, en la aplicación de fertilizantes y productos fitosanitarios, en el ahorro de energía, y en la flexibilidad de la dosificación de los nutrientes a la demanda del cultivo de acuerdo con sus estadios de desarrollo, están suficientemente probadas (anónimo, 1981).

Por otra parte el aumento de la eficiencia del nitrógeno aplicado por fertirrigación en riego por goteo es superior a la del distribuido por bandas en regadío por surcos y aspersión (Feigen et al., 1982). Por ello la fertilización nitrogenada es de primordial importancia en la producción del cultivo puesto que es determinante en el nivel de producción y en la calidad del producto (Hills et al., 1990).

La calidad tecnológica de la remolacha no es un parámetro de carácter único que puede ser presentado en forma cuantitativa por un valor numérico; es una combinación de todos los aspectos químicos y físicos de la raíz de la remolacha que influyen en el rendimiento del proceso de fabricación, y afectan a la producción de azúcar y a la de sus subproductos (Oldfield, 1974).

No obstante el factor más importante que determina el valor tecnológico de la remolacha es la proporción entre el azúcar cristalizable, sacarosa, y el no-cristalizable, azúcar en melazas. Por ello, no solo hay que tener en cuenta el contenido de azúcar en la raíz, sino también la facilidad de extracción y su dependencia de los no-azúcares, lo que requiere una consideración adicional sobre estas impurezas.

En definitiva una buena calidad de la raíz se traduce de manera simplificada en un alto porcentaje en sacarosa, y bajo en azúcar en melazas, o una pobre proporción de sodio, potasio y nitrógeno alfa-amino, que son los principales componentes no azucarados de la remolacha

Precisamente el resultado de cuantificar la relación entre estos parámetros es lo que se conoce con el nombre de coeficiente alcalino, AC. El valor de esta relación hace aconsejable o no, la utilización de la remolacha para la fabricación de azúcar y requiere que AC sea superior a 1,8 (Wieninger and Kubalinow, 1971). Un valor inferior del coeficiente alcalino se relaciona directamente con un exceso de fertilización nitrogenada.

La investigación en este tema siempre ha sido prioritaria desde que la remolacha se cultiva, pues una correcta adición de nutrientes al suelo tiene un efecto notable sobre el rendimiento productivo del cultivo. El abonado es un factor que influye de forma importante en los costes de producción. La fertilización nitrogenada es de vital importancia para la calidad tecnológica de la remolacha. Y porque es preciso potenciar la investigación sobre la base de estrategias nutricionales del cultivo que minimicen los efectos adversos sobre el medio ambiente por la contaminación de las aguas subterráneas con nitratos procedentes del abonado.

De acuerdo con estos puntos el nitrógeno es el elemento fertilizante de mayor importancia entre los que abastecen a la remolacha en su nutrición y el efecto inmediato de su aplicación se observa por la intensificación del color verde de las hojas y la acentuación del vigor de la cubierta vegetal. Esta situación de apariencia lleva en muchas ocasiones a los agricultores a aplicar dosis excesivas de agua y nitrógeno al cultivo, haciendo disminuir, tanto el porcentaje de sacarosa como la calidad tecnológica del jugo extraído (Draycott, 1993).

El clima, las características edafológicas del suelo y el sistema y manejo del riego son factores de gran

influencia sobre los elementos fertilizantes y las dosis a aplicar para un óptimo rendimiento del cultivo, lo que resalta la importancia de los datos obtenidos a nivel local con la finalidad de lograr una fertilización adecuada.

La determinación del efecto del agua y el abonado nitrógeno, y sus interrelaciones sobre la producción, son imprescindibles para entender el comportamiento del cultivo y los factores de influencia en el rendimiento productivo y la calidad del producto, en este caso la remolacha azucarera.

En la Cuenca del Duero, en experimentos de años anteriores realizados en el Centro de Investigación Agraria, utilizando un sistema de riego por aspersión según modelo de fuente lineal, se ha obtenido correlaciones entre las producciones de raíz y azúcar y las cantidades de nitrógeno aplicado, que muestran una tendencia a un ajuste de modelo de ecuación cuadrática (De Benito et al., 1991). Lo mismo puede decirse de la eficiencia del agua y del nitrógeno sobre la producción de raíz (De Benito et al., 1993), y en general de la respuesta al agua (Mompín et al., 1993).

El cambio de sistema de riego en remolacha azucarera esta basado en la suposición razonable de que, como sucede en otros cultivos, puede haber ventajas del sistema de riego por goteo. Para tratar de comprobarlas se realizó este trabajo en el Servicio de Investigación Agraria de Valladolid. En él se presentan los resultados de producción de raíz, azúcar, materia seca, eficiencias del agua y abonado nitrogenado y parámetros de calidad tecnológica del cultivo en dos los sistemas de riego, aspersión y goteo, al utilizar diferentes cantidades de agua y nitrógeno.

METODOLOGÍA

Las experiencias se realizaron en una parcela de la Finca de Zamadueñas del Servicio de Investigación Agraria de la Junta de Castilla y León en Valladolid, situada en una terraza aluvial del río Pisuerga y en un área representativa de las zonas de regadío de la región. El suelo es profundo y con buen drenaje, de textura franco-arenosa en todos los horizontes del perfil y se ha clasificado como Typic Xerofluvents.

En riego por goteo se planteó una experiencia en split-plot con cuatro repeticiones, tres niveles de agua y dos dosis fertilizante nitrogenado. Los niveles de agua fueron del 100 (G1), 80 (G2) y 60% (G3) de la ET mantenida durante todo el ciclo de cultivo, y las dosis de nitrógeno (N1) y (N2) fueron las equivalentes al

100 y 75% de las necesidades medias de la remolacha en esta zona. Las parcelas elementales fueron de 6 m x 18 m = 108 m², siendo los goteros utilizados de tipo autocompensante con un caudal nominal de 2,8 l/h y separación entre los mismos de 0,5 m. Las tuberías portagoteros se colocaron en calles alternas de las líneas de siembra. El fertilizante se distribuyó 1/3 en fondo en forma de complejo 8-15-15, y el resto en fertirrigación utilizando los abonos líquidos, solución nitrogenada N-20 de nitrato amónico y complejo líquido 4-8-12. Con estos abonos se hicieron cuatro aplicaciones en el mes de julio, los días 1, 4 y 12 con la solución N-20 y el día 21 con el complejo 4-8-12.

En la parcela de aspersión, se realizó un diseño de fuente lineal (Hanks et al, 1976), diferenciando cinco niveles de riego entre los cuales se eligieron los tres, A1, A3 y A4, que más se asemejaban a los de riego por goteo en volúmenes de agua. Las dosis de abono se distribuyeron al azar en bandas perpendiculares a la línea fuente con tres repeticiones en ambos lados. Las dimensiones de la parcela elemental eran de 12 m x 4 m = 48 m² y el número total fue de: 3 niveles de agua x 2 dosis de abono x 3 repeticiones x 2 mitades = 36 parcelas. El nitrógeno se aplicó 1/3 de la dosis en fondo utilizando el complejo 8-15-15 y 2/3 en dos coberteras con nitrato amónico del 33%.

Las cantidades de fósforo y potasio utilizadas fueron de 120 y 150 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y K₂O respectivamente. En goteo se distribuyó el 85% en fondo y el resto en fertirrigación, en aspersión todo en fondo. Las demás prácticas agronómicas fueron las habituales en la zona. La siembra de las parcelas se realizó el 7 de abril de 1994, a la densidad de 120.000 plantas.ha⁻¹ con la variedad Victoria. Los riegos se iniciaron el 28 de junio, 62 días después de la emergencia del cultivo.

El volumen de agua a aplicar en cada riego se calculó mediante la ecuación de balance hídrico, teniendo en cuenta el contenido de agua del suelo, la precipitación, el riego y la ET del cultivo.

La humedad del suelo se controló semanalmente con una sonda de constante dieléctrica, TDR. La lluvia y el riego se midieron directamente con pluviómetros y válvulas instalados en la parcela. La evapotranspiración del cultivo se calculó a través de la evapotranspiración de referencia ET₀, medida en lisímetros, y los coeficientes del cultivo de FAO (1977). Se optó por un calendario de tres riegos semanales en días alternos para el goteo y de un riego semanal para la aspersión.

Cada 15 días a lo largo del período de desarrollo del cultivo, se hizo una toma de muestras de remolacha de un m² de superficie en cada parcela experimental, para

determinar la producción en raíz, azúcar y materia seca.

La fecha de recolección fue el 11 de noviembre, determinando, además de los parámetros citados en el párrafo anterior, el % de sacarosa y los parámetros de calidad tecnológica de cada una de las muestras según los métodos ICUMSA (1982). El porcentaje de azúcar en melazas se calculó con la fórmula de Wieninger y Kubadinow modificada por Pollach (1989). El análisis de datos se hizo con procedimientos de SAS (1982).

Las cantidades reales de agua y de nitrógeno seleccionados son los reflejados en la Tabla 1.

la diferencias de producción de raíz van del 14,5 al 25,2%, las de azúcar del 14,3 al 18,9% y las de materia seca del 13,9 al 29,3% siempre a favor del riego por goteo, al aumentar las cantidades de agua usada

El análisis estadístico de los datos de riqueza sacárica, % de sacarosa en la raíz, obtenidos en cada una de las parcelas experimentales, no presenta diferencias significativas entre los sistemas de aspersión y goteo en ninguna de las dosis de abono, al considerar el conjunto de los niveles de agua usada G1, G2, y G3, y A1, A3 y A4. Los valores medios fueron de 14,9 y 15,0 % en goteo y de 15,4 y 15,2 % en aspersión para 180 y 136 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, respectivamente, en los dos sistemas de riego.

Tabla 1. Volúmenes de agua usada en los diferentes niveles y unidades de fertilizante nitrogenado aplicado, UNF, en la comparación de los sistemas de riego

Goteo Referencia	mm de agua	UNF	Aspersión Referencia	mm de agua	UNF
G1N1	689,6	180	A1N1	702,6	180
G1N2	689,6	136	A1N2	702,6	136
G2N1	624,3	180	A3N1	611,3	180
G2N2	624,3	136	A3N2	611,3	136
G3N1	510,6	180	A4N1	490,5	180
G3N2	510,6	136	A4N2	490,5	136

La letra G hace referencia a las dosis de agua en goteo, la A a las de agua en aspersión y la N a las unidades de fertilizante nitrogenado aplicado. Los números diferencian unas y otras cantidades.

No obstante, cuando se comparan niveles de agua usada próximos a los 700 mm, cantidad que cubre las necesidades hídricas del cultivo, las diferencias en porcentaje de sacarosa van de 14,7 y 14,5 % en goteo a 15,7 y 15,8 % en aspersión para las dosis de N1 y N2 de nitrógeno.

La Tabla 3 presenta los datos medios de eficiencia del agua, definida como el producto obtenido por unidad de agua usada, y expresada como una razón de términos con la misma unidad.

RESULTADOS

Los datos presentados en las tablas son los valores medios de las repeticiones en cada uno de los tratamientos de agua y abono nitrogenado en los dos sistemas de riego.

Los valores obtenidos no presentan diferencias entre las dosis de abono aplicadas, N1 y N2, con respecto a los parámetros principales de producción, raíz, azúcar y materia seca para un mismo sistema de riego y nivel de agua. Los datos de la Tabla 2 son los valores medios de los obtenidos en las parcelas donde se aplicó una y otra dosis de fertilizante.

Sin embargo, sobre los datos de esta tabla, al contrastar los niveles de agua G1 con A1, G2 con A3 y G3 con A4 en los sistemas de riego, se aprecia que

En ellos se observan diferencias entre sistemas de riego en las producciones de raíz, azúcar y materia seca en cada una de las dosis de nitrógeno. Estas diferencias se acentúan al considerar solo los niveles de agua usada próximos a 700 mm, G1, A1, y la dosis de abonado N1, con valores en goteo de 0,01096, 0,00162 y 0,00354 en raíz, azúcar y materia seca, respectivamente, y en aspersión de 0,00754, 0,00109 y 0,00214. Esto contrasta con los resultados obtenidos en California por Howell et al (1987) de 0,0011 en azúcar y 0,0021 en materia seca, con niveles de ET de 900 mm, y Dunham (1989) en UK, de 0,004 y de 0,0068 en los mismos parámetros con una ET de 450 mm. Luego el agua usada depende de las condiciones ambientales locales (Dunham et al. 1993).

Tabla 2. Producción final de raíz, azúcar y materia seca, para distintos niveles de agua en cada sistema de riego. Los valores numéricos seguidos de distinta letra indican que son estadísticamente diferentes para un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

Sistema de Riego	Nivel de agua	Agua usada (mm)	Raíz t.ha ⁻¹	Azúcar t.ha ⁻¹	M.seca tha ⁻¹
Goteo	G1	689,6	73,0 a	10,6 a	23,9 a
	G2	624,3	63,2 b	9,6 a	22,4 b
	G3	510,6	50,9 c	7,7 b	15,8 c
Aspersión	A1	702,6	54,6 a	8,6 a	16,9 a
	A2	680,5	49,4 b	7,6 b	15,3 b
	A3	611,3	48,1 b	7,2 b	15,2 b
	A4	490,5	43,5 c	6,6 c	13,6 c
	A5	354,2	29,8 d	4,4 d	9,4 d

Tabla 3. Eficiencia del agua (Ef_a), sobre las producciones de raíz, azúcar materia seca por unidad de agua usada, para distintos niveles de agua y dosis de nitrógeno.

Sistema de Riego	Nivel de agua	Nitrógeno kg.ha ⁻¹	Raíz	Azúcar	M. seca
Goteo	G1	180	0,01096	0,00162	0,00354
		136	0,01022	0,00150	0,00339
	G2	180	0,01061	0,00158	0,00340
		136	0,00962	0,00151	0,00316
	G3	180	0,01049	0,00161	0,00300
		136	0,00947	0,00154	0,00370
Aspersión	<i>Media</i>		0,01023	0,00156	0,00336
	A1	180	0,00754	0,00109	0,00214
		136	0,00799	0,00110	0,00230
	A3	180	0,00801	0,00119	0,00255
		136	0,00773	0,00113	0,00237
	A4	180	0,00892	0,00137	0,00289
		136	0,00880	0,00132	0,00280
	<i>Media</i>		0,00816	0,00120	0,00250

Otro de los factores analizados ha sido la eficiencia del abonado nitrogenado, expresada como relación entre producto y fertilizante aplicado, con ambas cantidades en las mismas unidades. En el sistema de riego por goteo este parámetro fue, entre un 11,8 y un 30 % en raíz, entre un 12,1 y un 25,3% en azúcar y entre un 20,7 y un 33,4% en materia seca, más alto que en aspersión.

En la Tabla 4, los valores de la eficiencia obtenidos son distintos según el nivel de agua y la dosis de nitrógeno considerados. En el caso del agua este parámetro aumenta en ambos sistemas de riego con el volumen de agua usada en las dos dosis de abono. En cuanto al nitrógeno aplicado, la eficiencia es superior con 136 kg.ha⁻¹ para un mismo nivel de agua en los dos sistemas de riego.

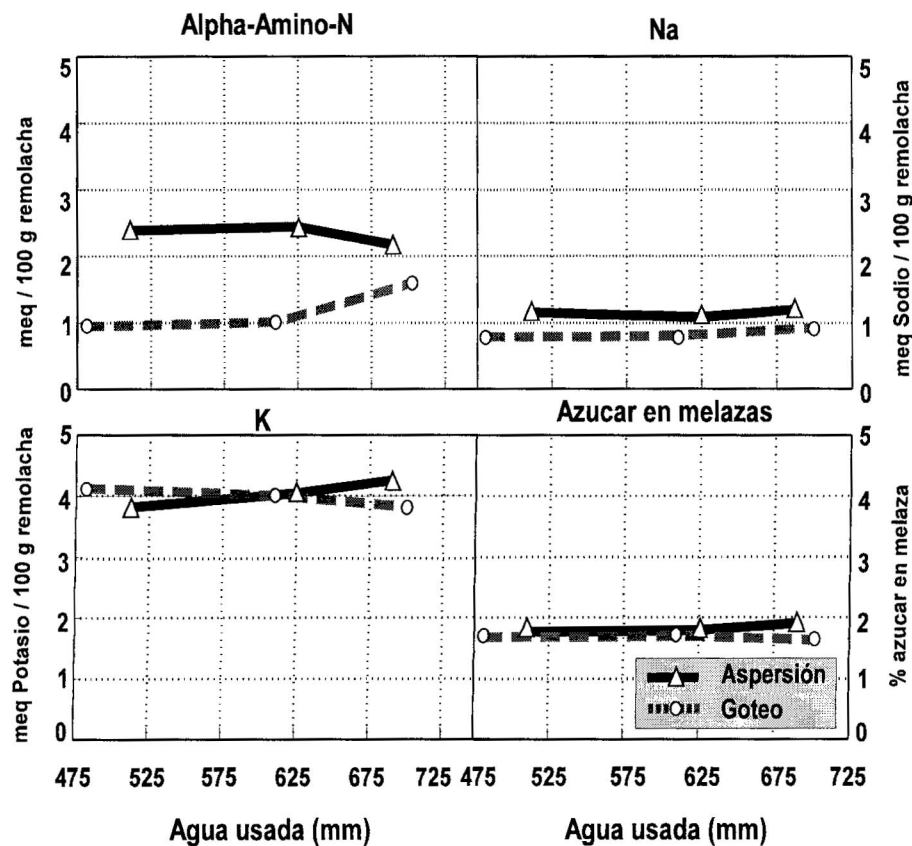


Figura 1. Parámetros de calidad tecnológica en los sistemas de riego y distintos niveles de agua usada. En todos los niveles de agua, la línea correspondiente al contenido de azúcar en melazas en riego por aspersión va por debajo de la de riego por goteo, lo que significa que la remolacha tiene menor cantidad de impurezas y % de azúcar no cristizable, y por tanto una calidad tecnológica superior.

En cuanto a la calidad tecnológica de la raíz, el coeficiente alcalino ha sido superior a 1,8 en todas las parcelas experimentales, lo que ratifica la aptitud de la remolacha para la extracción de azúcar.

Los datos de los parámetros de calidad, sodio, potasio y nitrógeno alfa-amino, fueron muy similares en el mismo sistema de riego con independencia de la dosis de abono aplicada. No obstante, al comparar los valores obtenidos en goteo y aspersión, se encontraron diferencias entre los dos sistemas de riego a favor de la aspersión en todos los niveles de agua.

La representación gráfica de estos parámetros, Figura 1, se ha hecho tomando los valores medios de las dos dosis de nitrógeno en cada sistema de riego y volumen de agua usada.

CONCLUSIONES

La remolacha azucarera se ha adaptado perfectamente a riegos de alta frecuencia como el goteo y la producción de azúcar en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ha sido entre el 10 y el 20% más alta que en riego por aspersión para niveles de agua próximos al de máxima evapotranspiración del cultivo. Sin embargo, la riqueza sacárica o % de sacarosa en la raíz, que en general no se ve afectada por el sistema de riego, ha sido superior en aspersión en los niveles óptimos de agua usada.

La eficiencia media del agua ha sido superior en goteo en un 20,2, 2,1 y 25,3% en las producciones de raíz, azúcar y materia seca, respectivamente. En el abonado nitrogenado la eficiencia media fue un 21,3, 1,4 y 23,4% más alta en goteo en los parámetros antes citados.

Tabla 4. Eficiencia del abonado nitrogenado (Ef_n) con respecto a los parámetros de producción en ambos sistemas de riego, según niveles de agua y dosis de abono.

Sistema de Riego	Nivel de Agua	Nitrógeno kg.ha^{-1}	Raíz	Azúcar	M. seca
Goteo					
	G1	180	420,0	61,7	136,1
	G2	180	368,3	55,5	120,0
	G3	180	297,2	45,0	84,4
	G1	136	518,4	75,0	171,3
	G2	136	441,9	67,6	141,9
	G3	136	360,0	54,4	120,6
	Media		401,0	59,9	129,0
Aspersión					
	A1	180	294,4	46,1	90,6
	A3	180	272,2	41,1	88,9
	A4	180	243,3	37,8	79,4
	A1	136	413,2	65,4	129,4
	A3	136	347,8	51,4	108,8
	A4	136	317,6	47,8	95,6
	Media		314,7	48,2	98,7

La calidad tecnológica de la remolacha ha sido interior en las parcelas regadas con goteo, puesto que la media de impurezas fue superior en un 40,5% en sodio, un 2,5% en potasio, un 6,5% en azúcar no cristizable en melazas y un 95,6% en nitrógeno alfa-amino, diferencia porcentual muy elevada, debido a la prolongación de la fertirrigación hasta épocas tardías del ciclo de cultivo.

La incidencia de la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado con respecto a la calidad tecnológica de la raíz ha sido mínima puesto que las cantidades aplicadas no han sido muy diferentes.

Según los resultados obtenidos cabe suponer que el riego por goteo en remolacha puede ser un sistema de interés en determinadas zonas con déficit de agua, a pesar de los inconvenientes de introducción y manejo que puede presentar para los agricultores habituados a otros sistemas de riego como aspersión y pie.

LISTA DE SIMBOLOS

- Ef_a Eficiencia del agua. Unidad de producto por cada unidad de agua usada. Así, kg de producto/kg o litros de agua usada, o tm de producto/ m^3 de agua.
- Ef_n Eficiencia del nitrógeno. Unidad de producto por cada unidad de fertilizante aplicado. Kg de producto/kg de nitrato.
- ET Evapotranspiración potencial o máxima del cultivo.

REFERENCIAS

- Anónimo (1981) Applying nutrients sand other chemicals to trinkle-irrigated crops. Univ. of California. Div. of Agrie. Sci. Bull. n° 1893.
- Cavazza, L., Venturi, G. and Amaducci, M.T. (1976) Outlines on the state of irrigation of the sugar beet in the world. Proceedings of the 39th Winter Congres of International Institute for Sugar Beet Research.
- De Benito Muñoz, A., Lopez Carrion, T., Mompin Bocos, A. y Guirao Sola, J (1991) Influencia del abonado nitrogenado sobre la producción de la remolacha azucarera en regadío en el Duero. Jornadas Técnicas sobre Riegos. Granada.
- De Benito Muñoz, A., Lopez Carrion, T., Mompin Bocos, A. y Guirao Sola, J. (1993) Eficiencias del agua y del nitrógeno aplicados sobre la producción de azúcar en remolacha. Jornadas Técnicas sobre Riegos. Valladolid.
- Draycott, A.P and Messen A.B. (1977) Response by sugar beet to irrigation, 1965-75. Journal of Agrieultural Science, Cambridge, 89, 481-93.
- Draycott, A.P. (1993) Nutrition. In: The sugar beet crop: Science into practice. Ed. D.A. Cooke and R.K. Scott. Chapman and Hall págs. 238-274. London.
- Dunham, R.J. (1989) Irrigation sugar beet in the United Kingdom. In Proceedings of the 2nd Northwest European irrigation Conference, Silsoe 1987. United Kingdom Irrigation Association and Cranfield Press, pp 109-29.
- Dunhan, R.J. (1993) Water use and irrigation. In the Sugar Beet Crop. Science into practice. Ed. by D.A Cooke and R.k. Scott. Chapman and Hall. Londres.
- FAO. (1974) Riego por goteo. Comisión Europea de Agricultura. Estudio FAO sobre Riego y Avenamiento n° 14.
- FAO. (1977) Las necesidades de agua de los cultivos. J. Doorenbos y W. O. Pruitt. Estudio FAO de Riego y Drenaje n° 24.
- Feigen, A., Letey, J. and Jarrel, W.M. (1982) Nitrogen utilization efficiency by drip irrigated celery receiving preplant or water applied N fertilizers. Agron. J. 74: 978-983.
- Haddock, J.L. Taylor, S.A. and Milligan, C.H. (1974) Irrigation fertilization, and soil anagement of crop in rotation. Utah Agricultural Experiment Station. Utah State University Bull 49.
- Hanks, R.J., Keller, J., Rasmunsen, V.P. and Wilson G.A. (1976) Line source sprinkler for continuos variable irrigation- crops production studies. Soil Sci. Soc. Am. J. 40: págs 426-429
- Hills, F.J., Winter, S. R. and Henderson, D. W. (1990) Sugarbeet. In: Irrigation of Agricultural crops. Ed. B.A. Stewart and D.R. Nielsen. Agronomy Monograf. n° 30, págs 795-810. Madison.
- Howell, T.A., Ziska, L.H., McCormick, R.L., Burtch, L.M and Fischer, B.B. (1987) Response of sugerbeets to irrigation frequency and cutoff on a clay loam soil. Irrigation Science, 8, 1-11.
- Internacional Commision for Uniform Method of Sugar Analysis (ICUMSA) (1982). Proceedings. Dublin.
- Mompin Bocos, A., Lopez Carrion, T., De Benito Muñoz, A. y Guirao Sola, J. (1993) Sugar beet yield response to water and nitrogen in the Duero Valley. In: Proceeding of 56th Winter Congress International Institute for Beet Research. Bruselas.
- Oldfield, J.F.T. (1974) Quality requirements for economic processing in the factory. In Proceedings of the 37th Winter Congress of the International Institute for Sugar Beet Research. Session II, Report n° 2, 2 pp.
- Pollach, G. (1989) Qualità: espiriezza austriache. In Report of the Congress 'Bietola: Obiettivo Qualità- Strategie per conciliare esigenza agricole e industriali'. Salsomaggiore, pp 21-7.
- SAS Institute Inc. (1982) User's Guide Statistics. Cary. NC
- Wieninger, L. and Kubadinow, N. (1971). Beziehungen swischen Rübenanalysen und technologistsche Bewertung von Zuckerrüben. In Comptes Rendus de la XIV^{mc} Assamblée Générale de la Commission Internationale Tecnique de la Sucrierie, pp.523-38.