

INTRODUCCIÓN

Numerosos ensayos de *Miscanthus x giganteus* se han realizado en la zona norte de Europa con un genotipo estéril (triploide), un pasto perenne de gran desarrollo. El rendimiento potencial de la cosecha anual de este cultivo bioenergético ha demostrado ser buena, pero surgen algunas dudas en cuanto a su costo de implantación y su estrecha base genética.



Fue cultivado en los años '30 como planta ornamental introducida desde Japón. Posee requerimientos bajos de nutrientes y agua, tolera climas de bajas temperaturas, es potencialmente un buen cultivo para bioenergía ya que su cultivo anual permite al agricultor un ingreso regular. A partir de 1990 se iniciaron estudios a fin de bajar sus costos de implantación.



La mayor cantidad de biomasa se obtiene al final de cada época de crecimiento (20/30 t/ha materia seca), pero usualmente se considera deseable permitir que el cultivo se seque en pie durante el invierno, con una pérdida del 30 al 50 % de la biomasa, esta pérdida se tolera dado que resulta en un mejoramiento en la calidad combustible. El contenido de humedad baja al 15 % al principio de la primavera, lo que es una ventaja para el manejo y secado final. El contenido de cenizas y minerales es bajo (porque muchos nutrientes son reciclados por la caída de las hojas y por traslocación hacia los rizomas) aliviando los problemas que el potasio y el cloro pueden causar en el proceso de elaboración de combustibles.

El rendimiento final es de 12/18 t/ha de mat. seca, pero ensayos a escala semi-comercial sugieren que un rendimiento de 7/9 t/ha mat. seca es razonable para grandes extensiones. La rotación se estima en entre los 15 y 25 años pero los cultivos más antiguos tienen en la actualidad 8/10 años.

VARIEDADES EVALUADAS EN EUROPA

La mayoría de los ensayos emplean clones de *M. x giganteus* un triploide híbrido de origen incierto. En 1997 se iniciaron ensayos con 15 genotipos en 5 regiones de Europa desde Suecia a Portugal. En la zona central de Alemania se obtuvieron rendimientos de 25 t/ha/año; en zonas más hacia el sur, con limitantes de agua los rendimientos fueron de 15 t/ha/año. Los requerimientos de N para este cultivo parecen ser bajos.

FISIOLOGIA DEL CULTIVO

En los ensayos europeos se reporta un índice de hojas de 8m²/m². La altura de la canopia es de alrededor de 4 m, sin embargo luego del invierno y caída de las hojas, los tallos secos raramente pasan de los 2.5/3 m en altura.



El *Miscanthus* muestra un eficiente uso de la luz, el agua y los nutrientes. Su mecanismo fotosintético aparece como mejor adaptado para las bajas temperaturas que muchos otros cultivos C₄, permitiendo una alta productividad bajo relativas bajas temperaturas. El uso del agua es eficiente ya que no requiere sustanciales cantidades de agua para un elevado rendimiento, dada su alta productividad.

PRACTICAS CULTURALES EMPLEADAS

Elección del lugar de plantación

Cuando se elija el lugar de plantación se deberá considerar el valor ecológico y la historia del mismo, además del impacto visual sobre el paisaje ya que el *Miscanthus* es mucho más alto que los demás cultivos anuales. El acceso al lote de las maquinas plantadoras y cosechadoras, también son aspectos a tener en cuenta.

El *Miscanthus* produce buen rendimiento en distintos tipos de suelo, pero su pH óptimo esta entre los 5.5 y 7.5, el agregado de magnesio o calcio puede ser necesario durante el primer año. No deben ser suelos muy bajos que acumulen agua ya que el suelo húmedo restringe el acceso de las maquinas y el uso de maquinaria pesada en estas condiciones puede causar la compactación del suelo que afectara el buen desarrollo de las raíces.

Preparación del Suelo

La calidad en la preparación del suelo es vital para el establecimiento del cultivo y su posterior facilidad de manejo. Debe iniciarse en el otoño previo a la plantación, comenzando con la aplicación de un herbicida de amplio espectro (glifosato) para el control de cualquier maleza perenne. El suelo debe ser luego arado y dejado transcurrir el invierno en esa condición. Inmediatamente antes de la plantación en la primavera, se debe pasar un arado rotativo para refinar bien el suelo para facilitar el enraizamiento.



Material a plantar

El material a plantar se obtiene de rizomas de 2/3 años cortados en pequeñas piezas utilizando un arado rotativo, las piezas obtenidas pueden replantarse para obtener una nueva planta, pero deben tener al menos 2 ó 3 yemas. Los rizomas pueden conservarse más de un año a 4°C, pero los mejores resultados se logran replantando dentro de las 24 horas de obtenidos.

Método de plantación

Las rizomas se replantan a comienzo de primavera, con un contenido alto de humedad en el suelo, a 5/10 cm. de profundidad, la densidad optima es de 20.000/ha y el completo establecimiento del cultivo se logra a los 3 ó 4 años. Para un enraizamiento aceptable se debe utilizar una plantadora semiautomática de papas, esto requiere rizomas de no más de 10 cm de longitud, la densidad dependerá de la velocidad de rueda plantadora.

A la plantadora puede seguir un rolo compactador a fin de asegurar un buen contacto suelo-rizoma. Alternativamente los rizomas pueden desparramarse con esparcidor de estiércol y luego un rolo, pero este método disminuye el porcentaje de implantación.



Actualmente no existen equipos comerciales específicamente diseñados para la plantación y cosecha. En Europa plantadoras de papas y cosechadoras han sido modificados con éxito para tal fin. Para la cosecha se puede emplear una cosechadora picadora de forrajes y luego enfardado en grandes fardos.



ENERGIA Y BALANCE DE CO₂

Comparado con otras opciones de bioenergía, el miscanthus puede ubicarse entre los cultivos anuales y los perennes arbóreos, en términos de su ciclo de vida. Si, altos rendimientos pueden ser obtenidos, su energía y balance de carbono pueden ser favorables (no tan bueno como un cultivo de madera) y las emisiones de óxido nítrico son bajas comparadas con otros cultivos anuales, debido a su eficiente uso de los nutrientes.

Sin embargo el estudio del balance energético indica que la energía total (output/input) es bajo 1:1, pudiendo llegar a 9:6 según el tipo de combustión en el que se lo emplee. Se recomienda que para el desarrollo de nuevos clones estos sean estériles (triploides) para evitar que puedan convertirse en una maleza.

Fuentes consultadas

Pyter Rich, et al Growing Giant Miscanthus in Illinois. University of Illinois
Wales Biomass Centre Cardiff University - Llysdyman FieldCentre Newbridge on Wye
Llandrindod Wells Powys. D1 6 AS

Bibliografía sobre el tema

- Acaroglu, M., and A. S. Aksoy. 1998. Third year growing results of C₄ energy plant *Miscanthus sinensis* in producing energy from biomass. pp. 758-759. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- Bao Iglesias, M., J. L. Rodríguez R., I. Crespo R., and J. Lamas A. 1996. *Miscanthus sinensis* plantations in Galicia, north-west Spain: results and experience over the last three years. pp. 608-612. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Boelcke, B., S. Buech, and S. Zacharias. 1998. Effects of miscanthus cultivation on soil fertility and the soil water reservoir. pp. 911-914. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany. [GERMAN YIELD RESULTS]
- Bullard, M. J., D. G. Christian, and C. Wilkins. 1996. The potential of graminaceous biomass crops for energy production in the UK: An overview. pp. 592-597. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers. [YIELD RESULTS]
- Christou, M., D. Papavassiliou, E. Alexopoulou, and A. Chatziathanassiou. 1998. Comparative studies of two potential energy crops in Greece. pp. 935-938. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany. [YIELD RESULTS]
- Danalatos, N. G., C. Dalianis, and S. Kyritsis. 1996. Growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* "giganteus" under optimum cultural management in north-eastern Greece. pp. 548-553. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.

- Eppel-Hotz, A., S. Jodl, W. Kuhn, K. Marzini, and W. Munzer. 1998. *Miscanthus*: New cultivars and results of research experiments for improving the establishment rate. pp. 780-786. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- Foti, S., S. L. Cosentino, C. Patane, and P. Guarnaccia. 1996. Growth and yield of C₄ species for biomass production in the Mediterranean environment. pp. 616-621. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers. [ITALY YIELD RESULTS]
- Hallgren, A. L., and J. Oskarsson. 1998. Minimization of sintering tendencies in fluidized-bed gasification of energy crop fuels. pp. 1700-1703. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- Hasler, P., T. Candinas, and T. Nussbaumer. 1998. Utilization of ashes from the combustion of hay, miscanthus, hemp, straw and wood as fertilizer. pp. 192-195. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- Himken, M., J. Lammel, D. Neukirchen, U. Czypionka-Krause, and H.-W. Olf. 1997. Cultivation of *Miscanthus* under West European conditions: Seasonal changes in dry matter production, nutrient uptake and remobilization. *Plant and Soil* 189:117-126.
- Hotz, A., W. Kuhn, and S. Jodl. 1996. Screening of different miscanthus cultivars in respect of yield production and usability as a raw material for energy and industry. pp. 523-527. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Huisman, W., G.J. Kasper, and P. Venturi. 1996. Technical and economic feasibility of the complete production -- transport chain of *Miscanthus x giganteus* as an energy crop. Paper presented at the First European Energy Crops Conference, Enschede, The Netherlands, September 30-October 1, 1996.
- Jodl, S., A. Eppel-Hotz, and K. Marzini. 1998. Examination of the ecological value of miscanthus expanses -- faunistic studies. pp. 778-779. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany. [BIODIVERSITY]
- Jorgensen, U. 1996a. *Miscanthus* yields in Denmark. pp. 48-53. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Jorgensen, U. (1996b). Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K and Cl in miscanthus in Denmark. *Biomass and Bioenergy* 12:155-169. [YIELD RESULTS]
- Jorgensen, R.N., and B.J. Jorgensen. 1996. The effect of N₂O emission on the net CO₂ displacement by energy crop production. pp.1701-1706. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Jorgensen, U., and R. Venendaal. 1997. European energy crops overview: species, costs and commercial development. R.P. Overend and E. Chorner (eds.). pp.57-69. In *Making a Business from Biomass*. Proceedings of the 3rd Biomass Conference of the Americas, Montreal. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Kaltschmitt, M., G.A. Reinhardt, and T. Stelzer. 1996. LCA of biofuels under different environmental aspects. pp. 369-386. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers. [LIFE CYCLE ANALYSIS]
- Koessler, C., and W. Claupein. 1998. Root systems of miscanthus in different growing periods. pp. 369-386. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany. pp. 842-845. [ROOTING DEPTH]
- Lambert, L., G. Gaillard, and J.-L. Hersener. 1996. Energy balance of the thermic use of *Miscanthus* in comparison with wood and fuel oil. pp. 634-637. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Lewandowski, I., and G. Kahnt. 1993. Development of a tissue culture system with unemerged inflorescences of *Miscanthus 'giganteus'* for the induction and regeneration of somatic embryoids. *Beitrag zur Biologie der Pflanzen* 67:439-451.
- Lewandowski, I., A. Kicherer, and P. Vonier. 1995. CO₂-balance for the cultivation and combustion of *Miscanthus*. *Biomass and Bioenergy* 8:81-90.
- Lewandowski, I., and A. Kicherer. 1997. Combustion quality of biomass: Practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. *European J. Agronomy* 6:163-177.

- Lewandowski, I. 1998a. EMI: European *Miscanthus* Improvement - the results of the first year of a *Miscanthus* breeding project. pp. 930-932. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- Lewandowski, I. 1998b. Production of *Miscanthus* and switchgrass. pp. 13-21. In *Production and Use of Perennial Rhizomatous grasses (PRG) in the Energy and Industrial Sector of Europe*. Proceedings of the 1st Workshop held within 10th Bioenergy Conference, Würzburg, Germany, June 1998. [OVERVIEW]
- McLaughlin, S.B., R. Samson, D. Bransby, and A. Wiseloge. 1996. Evaluating physical, chemical and energetic properties of perennial grasses as biofuels. pp. 1-8. In *Bioenergy '96*, Proceedings of the 7th National Bioenergy Conference, Nashville, Sept. 1996.
- Moilanen, A., M. Nieminen, K. Sipilä, and E. Kurkela. 1996. Ash behavior in thermal fluidized-bed conversion processes of woody and herbaceous biomass. pp. 1227-1232. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Molenaar, J.A., W. Huisman, and P. Venturi. 1996. Energy consumption and costs of the production chain of *Miscanthus x giganteus*. pp. 867-872. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Nikolaisen, L.S. 1998. PRG grasses for energy use. pp. 50-54. In *Production and Use of Perennial Rhizomatous grasses (PRG) in the Energy and industrial Sector of Europe*. Proceedings of the 1st Workshop held within 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, June 1998. [FUEL CHARACTERISTICS]
- Papatheofanous, M.G., E.G. Koukios, G. Marton, and J. Dencs. 1996. Characterization of *Miscanthus sinensis* potential as an industrial and energy feedstock. pp. 504-508. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers. [CELLULOSE CONTENT]
- Pari, L. 1996. First trials on *Arundo donax* and *Miscanthus* rhizomes harvesting. pp. 889-894. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Parsby, M.S. 1996. Economic assessment of straw and energy crops for agriculture and carbon dioxide reduction. pp. 1689-1694. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Schwarz, H., P. Liebhard, K. Ehrendorfer, and P. Ruckebauer. 1994. The effect of fertilization on yield and quality of *Miscanthus sinensis* 'giganteus.' *Industrial Crops and Products* 2:153-159. [AUSTRIA YIELD RESULTS]
- Schwarz, K.-U., J.B. Kjeldsen, W. Munzer, and R. Junge. 1998. Low cost establishment and winter survival of *Miscanthus x giganteus*. pp. 947-950. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- Visser, I. 1996. Co-combustion of *Miscanthus* and coal. pp. 1460-1461. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers.
- Venturi, P., and W. Huisman. 1997. State of art of the production of *Miscanthus x giganteus* in Europe. pp. 155-165. In *Making a Business from Biomass*. Proceedings of the 3rd Biomass Conference of the Americas, Montreal (eds. R.P. Overend and E. Chornet). Pergamon/Elsevier Publishers.
- Venturi, P. and W. Huisman. 1998. Modeling the optimization of primary production costs of *Miscanthus*. pp. 806-809. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Biomass Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- Venturi, P., W. Huisman, and J. Molenaar. 1998. Mechanization and costs of primary production chains for *Miscanthus x giganteus* in the Netherlands. *Journal of Agricultural Engineering Research* 69:209-215.
- Walsh, M. and S. McCarthy. 1998. *Miscanthus* handbook. pp. 1071-1074. In *Biomass for Energy and Industry*, Proceedings of the 10th European Bioenergy Conference, Würzburg, Germany, June 1998. C.A.R.M.E.N. Publishers, Rimpfing, Germany.
- White House. 1999. *Executive Order on Invasive Species 1999-02-03*. The White House, Washington, DC, 3-Feb-1999.
- Wilkins, C., and S. Redstone. 1996. Biomass production for energy and industry in the far South-West of England. pp. 799-806. In *Biomass for Energy and the Environment*, Proceedings of the 9th European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, June 1996. Pergamon/Elsevier Publishers. [RHIZOME HARVESTING]