

Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) Characterization and potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grain

A. Pérez¹, O. Saucedo², J. Iglesias¹, Hilda B. Wencomo¹, F. Reyes¹, G. Oquendo³
e Idolkys Milián¹

¹*Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"*

Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

E-mail: aristides.perez@indio.atenas.inf.cu

²*Facultad de Agronomía-Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba*

³*Unidad de Extensión, Investigación y Capacitación Agrícola de Holguín, Cuba*

Resumen

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales que por sus características agronómicas y nutricionales pudiera aportar grandes beneficios en la alimentación, tanto humana como animal, a nivel mundial, tropical y nacional. Este cultivo se adapta bien a las condiciones de Cuba, el cual mostró un incipiente desarrollo que desapareció de forma paralela a la colaboración del CAME (Consejo de Ayuda Mutua Económica). Hoy no existe una amplia tradición y experiencia en cuanto a su producción; sin embargo, diferentes ensayos indican que los rendimientos son satisfactorios y que pudieran incrementarse si se contara con tecnologías apropiadas y sustentables que permitieran expresar todo su potencial. En el presente artículo se exponen las características generales, botánicas y agronómicas del género y sus especies, así como sus potencialidades y usos, con el objetivo de actualizar el conocimiento como una contribución a dar soluciones a la actual crisis alimentaria que sufre el Planeta. Asimismo se incluyen algunos resultados obtenidos en la República de Cuba.

Palabras clave: Características agronómicas, *Sorghum bicolor*

Abstract

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is one of the cereals that due to their agronomic and nutritional characteristics could contribute large benefits in human as well as animal feeding, at world, tropical and national level. This crop is well adapted to Cuban conditions, and showed an incipient development that disappeared parallel to the collaboration of COMECON (Council of Mutual Economic Assistance). Today no vast tradition and experience exist regarding its production; however, different essays indicate that the yields are satisfactory and that they could be increased if there were appropriate and sustainable technologies that allowed to express all its potential. In this article the general, botanical and agronomic characteristics of the genus and its species, as well as its potential and usages are presented with the objective of updating knowledge as a contribution to providing solutions for the current food crisis undergone by the Planet. Likewise, some results obtained in the Republic of Cuba are included.

Key words: Agronomic characteristics, *Sorghum bicolor*

Introducción

La necesidad mundial de aumentar de manera sostenible la producción de cereales como una alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria y cubrir las necesidades crecientes de los pueblos, ha propiciado que los productores busquen mayores rendimientos en las áreas improductivas utilizando especies que se adapten a esas condiciones.

El déficit de granos previsto a partir del 2050 será de 450 millones de toneladas anuales, lo cual equivale a 220 kg/ha per cápita, por lo que se hace necesario crear estrategias para incrementar la producción con altos rendimientos.

El sorgo tropical (*Sorghum bicolor* L. Moench) presenta buena adaptabilidad y rendimientos aceptables, por lo que se le ha denominado “el cereal del siglo XXI”. A nivel mundial, a principio de los sesenta una gran producción de sorgo se empleaba directamente en la alimentación humana; mientras que en la actualidad la utilización de sorgo para el consumo animal se ha duplicado. En Cuba es muy utilizado en la Agricultura Urbana para evitar la incidencia de plagas, según Rodríguez *et al.* (2006).

La República de Cuba invierte cuantiosas sumas en la importación de granos y piensos para la alimentación humana y animal, con vista a producir y suplir las necesidades proteínicas (cada día mayores y hoy insatisfechas) de una creciente población. Los costos de estos son cada vez más altos y, a su vez, resultan difíciles de adquirir en el mercado internacional, por diversas causas económicas, políticas y sociales.

Además, no todos los cultivos de grano se adaptan bien a las condiciones ecológicas del país; su mejoramiento genético está dirigido, en la mayoría de los casos, a obtener buenos rendimientos con el empleo de altos insumos, lo cual sólo lo logran países desarrollados que subsidian sus agriculturas.

Cuba debe resolver graves problemas para la sustitución de importaciones con el empleo de granos, como el sorgo, que deben ser mejorados con tecnologías apropiadas a cada lugar.

Situación del sorgo a nivel mundial

El sorgo es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena (Pacheco, 1998). Los principales lugares de producción de sorgo se encuentran en las regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtropicos (Hidalgo, 1997; Doggett, 1998).

En África una parte importante se destina al consumo humano, mientras que en América y Oceanía la mayor parte del sorgo producido se emplea para el consumo animal; por ejemplo, en la alimentación del ganado (Ostrowski, 1998; Salermo, 1998; Oramas *et al.*, 2002), en aves de corral (Caballero, 1998a; Oramas *et al.*, 1998a; Gilbert, 1999), además de ser muy utilizado en otros países como materia prima en la almidonería y la industria alcoholera (Vitale *et al.*, 1998).

El empleo de los cereales para la alimentación animal ha sido un elemento dinámico en el ámbito del consumo global de sorgo. Su demanda constituyó la principal fuerza motriz para elevar la producción mundial y el comercio internacional a partir de los años sesenta.

La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como: Estados Unidos de América, con una producción de 11,9 millones de toneladas (Mt) de grano, India (9,5 Mt), Nigeria (7,5 Mt) y México (6,4 Mt), que se consideran como productores líderes. En la figura 1 se muestran las principales zonas del mundo donde se cultiva el sorgo. Además constituye un género de unas 20 especies de gramíneas oriundas de las regiones tropicales y subtropicales de África oriental (tabla 1).

Situación actual del sorgo en Cuba

En Cuba el sorgo se ha consumido como alimento humano y animal durante los últimos 100 años, en zonas limitadas del país tales como Bejucal, Alquizar, Quivicán y otras (Oramas *et al.*, 2003). Desde inicios de los años noventa, los investigadores de la Universidad Central de Las Villas (UCLV) comenzaron a crear

las bases científicas y técnicas para la introducción de este cereal a gran escala. En 1996 comenzó la producción del grano sobre la base de un proyecto de rotación de cultivos sorgo-arroz; en el año 2000 se destacó el Complejo Agroindustrial Arrocero de Holguín, con 100 caballerías (1 340 ha), y en el año 2001 se empezaron a multiplicar las fincas de bancos de semillas de sorgo y fueron abastecidas con un material genético de alta calidad las provincias de Granma, Villa Clara, Cienfuegos, Camagüey, Las Tunas y Holguín.

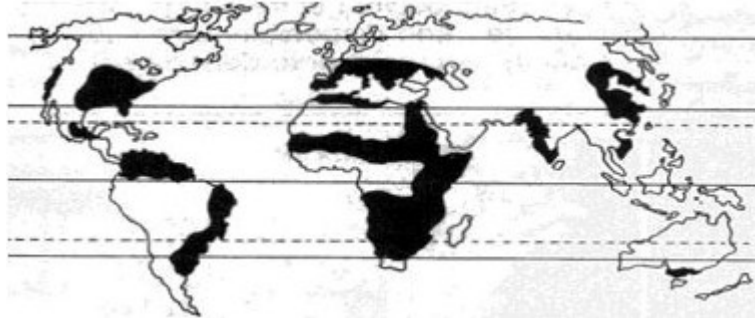


Fig. 1. Principales zonas del mundo donde se cultiva el sorgo (tomado de Caamal y Ávila, 2004).

Fig. 1. Main zones of the world where sorghum is cultivated (taken from Caamal and Ávila, 2004).

Tabla 1. Principales especies de *Sorghum* en el mundo

Table 1. Main *Sorghum* species throughout the world.

Especies	
<i>Sorghum alnum</i>	<i>Sorghum intrans</i>
<i>Sorghum amplum</i>	<i>Sorghum laxiflorum</i>
<i>Sorghum angustum</i>	<i>Sorghum leiocladum</i>
<i>Sorghum arundinaceum</i>	<i>Sorghum macrospermum</i>
<i>Sorghum bicolor</i>	<i>Sorghum matarankense</i>
<i>Sorghum brachypodium</i>	<i>Sorghum miliaceum</i>
<i>Sorghum bulbosum</i>	<i>Sorghum nitidum</i>
<i>Sorghum burmahicum</i>	<i>Sorghum plumosum</i>
<i>Sorghum controversum</i>	<i>Sorghum propinquum</i>
<i>Sorghum drummondii</i>	<i>Sorghum purpureosericeum</i>
<i>Sorghum ecarinatum</i>	<i>Sorghum stipoidesum</i>
<i>Sorghum exstans</i>	<i>Sorghum timorense</i>
<i>Sorghum grande</i>	<i>Sorghum trichocladum</i>
<i>Sorghum halepense</i>	<i>Sorghum versicolor</i>
<i>Sorghum interjectum</i>	<i>Sorghum virgatum</i>

Posteriormente hubo una segunda distribución, en julio del 2002; además de los territorios mencionados se abastecieron Guantánamo y Santiago de Cuba, y en la tercera etapa llegó a toda la Isla. Se plantea que no existe tradición en la siembra de este cereal; no obstante, constituye una alternativa viable y factible. Dada la necesidad de reducir importaciones, debido a los altos precios de los granos a nivel internacional, y en buena medida influido por las dificultades económicas actuales, se recomienda producirlo para después utilizarlo en la elaboración de productos para la alimentación humana y animal; además, la intensa sequía en estos últimos años es uno de los factores que han provocado mayores daños en muchos cultivos, y este ha resultado más tolerante a dichas condiciones que otros cereales.

Sus características de adaptabilidad en las condiciones edafoclimáticas de Cuba fueron estudiadas por Funes y Yepes (1978) y descritas por Machado y Menéndez (1979), quienes reportaron su buena plasticidad. Se plantea que este cultivo ofrece perspectivas favorables en relación con otros granos (Baffes, 1998), debido a que tiene menos requerimientos agrotécnicos, en general, y presenta una mayor plasticidad respecto a la época de siembra y el tipo de suelo (FAO-ICRISAT, 1997; ICRISAT, 1998; Niemeijer, 1998; Caballero, 1998b; Sánchez, 1998; Oramas *et al.*, 1998b).

Origen e importancia del sorgo

El origen de este cultivo ha sido discutido a través de los años, ya que se plantea que procede del noreste de África, en la región ocupada por Etiopía, aunque se ubicó inicialmente en la India. Se introdujo en América en el siglo XVIII. Se considera que muchas especies distintas se cultivan de forma esporádica en países de América, y que los sorgos actuales son híbridos de esas introducciones o de mutantes que han aparecido.

Este cultivo tiene gran importancia a escala mundial, pues está comprobado que puede sustituir cereales como el trigo y el maíz en la mayoría de los usos de estos, tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje o grano para la cebsa de animales, y también en la industria.

A su vez posee alto potencial de producción de granos y buenas perspectivas de contribución al desarrollo de la agricultura.

Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del sorgo, según Wikipedia (2007), es la siguiente:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Género	<i>Sorghum</i> Moench, 1794

Descripción del género

El sorgo se conoce con varios nombres: mijo grande y maíz de guinea en África occidental, kafir en África austral, duro en el Sudán, mtama en África oriental, iowar en la India y kaoliang en China (Duke, 1983).

Se le denominó sorgo por la capacidad de crecer hasta alcanzar una altura elevada; el nombre procede del latín *surgere*.

Morfología

El sorgo tiene hábito y fisiología vegetal (metabolismo de las plantas C_4) similares a los del maíz (*Zea mays*). El género *Sorghum* presenta un sistema radical profuso que le brinda una estructura de soporte muy desarrollada, lo que permite acumular gran cantidad de reservas; además le confiere una mayor capacidad de penetración y mejor persistencia en climas secos, donde la escasez de agua se mantiene por períodos prolongados; su tallo es grueso, con espigas que nacen por pares, y la altura puede oscilar de 1 a 3 m. Los nudos presentan abundantes pilosidades. Las hojas son alternas, aserradas, lanceoladas, anchas y ásperas en su margen; estas tienen la propiedad de quitinización durante los períodos secos, lo que retarda el proceso de desecación (González, 1961; Duke, 1983).

Tiene inflorescencias en panojas; cada panícula puede contener de 400 a 8 000 granos, con un valor energético aproximado de 1,08 Mcal/kg; comparado con el maíz es un poco más rico en proteínas, pero más pobre en materia grasa deficitaria en lisina. El color del grano varía desde un blanco translúcido hasta un pardo rojizo muy oscuro, con gradaciones de rosado, rojo, amarillo, pardo y colores intermedios; sus semillas son esféricas y oblongas, de aproximadamente 3 mm de tamaño.

Las flores tienen estambres y pistilos, pero se han encontrado en Sudán sorgos dioicos. Su semilla es gruesa, comprimida, oval y desnuda, y presenta varios colores como café, azulado, negro, blanco, rojizo y amarillo, entre otros.

Es una planta que puede crecer desde 0 a los 1 500 msnm, pero la mejor altura para su cultivo está entre 0 y 800 m.

Se plantea que el número de días al corte es una característica de importancia primordial cuando se trata de identificar variedades forrajeras (Ruiz y Cruz, 2005). Este cultivo tiene una gran capacidad para rebrotar después de cortes sucesivos, con lo que se logra prolongar su vida productiva por cinco o seis años, bajo un sistema adecuado de manejo y fertilización.

Es una especie fotoperiódica. En Nicaragua García *et al.* (2003) reportaron respuestas acerca de las variedades fotoinsensibles, y en El Salvador asocian el sorgo al maíz (DGEA, 2004); mientras que Arias *et al.* (2004) plantean que si se asocia con soya representaría una opción ventajosa en Cuba, no sólo para mejorar la eficiencia de utilización de la tierra, sino para promover una mayor calidad del forraje cosechado, sin afectar la producción del grano.

Ecología o exigencias del cultivo

Las exigencias del sorgo para grano en términos de calor son más elevadas que las del maíz. Es una especie que se desarrolla bien en condiciones de clima cálido, con lluvias moderadas y bien distribuidas.

Para la germinación este cultivo necesita temperaturas de 12 a 13°C y el crecimiento de la planta se activa cuando estas sobrepasan los 15°C, con el óptimo alrededor de los 32°C. Se plantea que los descensos de temperatura en el momento de la floración pueden reducir el rendimiento del grano, además de producir esterilidad de las espiguillas y afectar también la viabilidad del grano de polen. Las temperaturas muy altas durante los días posteriores a la floración reducen el peso final del grano.

La temperatura de 38°C merma los rendimientos por el aborto de sus flores; mientras que la de 27°C resulta ideal para el período reproductivo. Asimismo, 21°C representa la mínima para un buen crecimiento, y 18°C significa la óptima del suelo para su germinación.

Correa (2001) planteó que la temperatura está relacionada con la época de siembra, pues las altas temperaturas aumentan las pérdidas, por coincidir con su período reproductivo. Crece bien en suelos cuyo pH oscile entre 5,5 y 8,5; sin embargo, el pH ideal está entre 5,5 y 6,5. Soporta la sal y se plantea que las variedades azucaradas exigen la presencia de carbonato cálcico en el suelo, lo que aumenta el contenido en sacarosa de los tallos y las hojas. Prefiere suelos sanos, profundos, no demasiado pesados. No debe utilizarse como cultivo antecedente de los cereales de otoño.

El empleo del sorgo como cultivo ha mostrado su valor agregado a la naturaleza y a los suelos mediante el aporte de materia orgánica y la mejora de las condiciones hidrológicas y químicas. Es eficiente en el consumo hídrico y contribuye a evitar los riesgos de erosión; en las rotaciones de cultivo favorece el incremento productivo y el rendimiento de las áreas.

Economía hídrica

El sorgo se considera el cultivo más eficiente en el uso del agua (Graveros, 2003). Es tolerante a la sequía (tabla 2), capaz de sufrir escasez de agua durante un período de tiempo bastante largo y reemprender su crecimiento más adelante cuando cesa esta.

Tabla 2. Efecto de la sequía en el desarrollo.

Table 2. Effect of drought on development.

Sequía	Efecto
Inicial	Prolonga el ciclo de desarrollo
Final	Acelera la maduración del grano

Por otra parte, necesita menos cantidad de agua que otros granos para formar un kilogramo de materia seca (tabla 3), debido a mecanismos de escape o de tolerancia a la sequía (especialmente en la etapa de diferenciación floral) sin perjudicar el rendimiento (Castro *et al.*, 2000). Se plantea que el período crítico de

necesidad de agua comprende desde el momento que aparece la panícula en las hojas del vértice de las plantas, hasta el final del estado leñoso del grano.

Tabla 3. Agua necesaria para producir 1 kg de MS.

Table 3. Water needed to produce 1 kg

Cereal	Cantidad (kg)
Sorgo	27,1
Maíz	35,0
Trigo	50,5
Soja	64,5

Las variaciones en los rendimientos por efecto de la deficiencia hídrica son menos marcadas en el sorgo, debido a su menor sensibilidad al estrés hídrico, sobre todo en el período crítico de la generación. A pesar de que el sorgo tiene la capacidad de permanecer latente durante la sequía, para después crecer en los períodos favorables, el estrés modifica su comportamiento: el inicial conduce generalmente a una prolongación del ciclo de cultivo, mientras que el tardío acelera la madurez.

La enzima carboxilasa fosfoenilpiruvato es la responsable de que esta planta tenga habilidad para mantener la eficiencia fotosintética bajo estrés (Maranville y Madhavan, 2002). También se plantea que cuando el tejido experimenta estrés hídrico, en este se produce un cierre estomático para restringir la pérdida de agua, o debe ajustar el tamaño de la célula o el potencial osmótico, de manera tal que el potencial hídrico de la célula baje para mantener la fluidez del agua líquida (Krieg, 2000).

Se han estudiado muchas variedades de sorgo, tales como: CIAP 2, CIAP 6 y CIAP 132-R. Saucedo (2008) destaca la variedad UDG-110, la cual muestra un alto grado de tolerancia a la sequía y evasividad al calor; otras variedades registradas presentan cualidades importantes.

Resistencia a la sequía

De acuerdo con lo informado por Saucedo (2008), el sorgo presenta las siguientes características:

- Un sistema radical muy ramificado (su índice radical duplica al del maíz) y un déficit de presión de difusión en sus raíces, también superior al de la mayoría de los cultivos.
- Una capa de cera que recubre las hojas y tallos, que disminuye la evaporación.
- Células motoras o higroscópicas que están regular y abundantemente dispuestas a lo largo de la nervadura central de las hojas, de modo que producen un acartuchamiento de toda la hoja cuando falta el agua, formando un ambiente confinado que disminuye la evaporación; este mecanismo es una importante contribución a la economía de agua. En el maíz, en cambio, las células motoras existen en focos aislados y, como consecuencia, su resistencia a la sequía es mucho menor.
- Un número de estomas mayor que en el maíz, pero su tamaño es mucho menor (aproximadamente la mitad). Esto le brinda mayor seguridad a la apertura y cierre, respondiendo con prontitud a las variaciones de humedad del ambiente.
- Facultad de entrar en “reposo vegetativo” cuando falta el agua. Los sorgos, en general, entran en período de dormancia o reposo vegetativo, que abandonan cuando hay de nuevo disponibilidad de agua (fig. 2).

Preparación de suelo

La preparación adecuada del terreno es esencial para obtener una buena cosecha (Saucedo, 2008; Pérez y Hernández, 2009). Se recomienda arar a una profundidad de 10 a 20 cm de acuerdo con el tipo de suelo, entre 22 y 30 días antes de la siembra, ya que de esa forma se controlan los insectos y las malezas.

Según las características del terreno, se recomiendan dos o tres pases de rastras y el último, un día antes de plantar. En las tablas 4 y 5 se presentan algunos factores físicos y químicos del suelo y su influencia en los aspectos fisiológicos y agronómicos que benefician el crecimiento, desarrollo y rendimiento del sorgo.

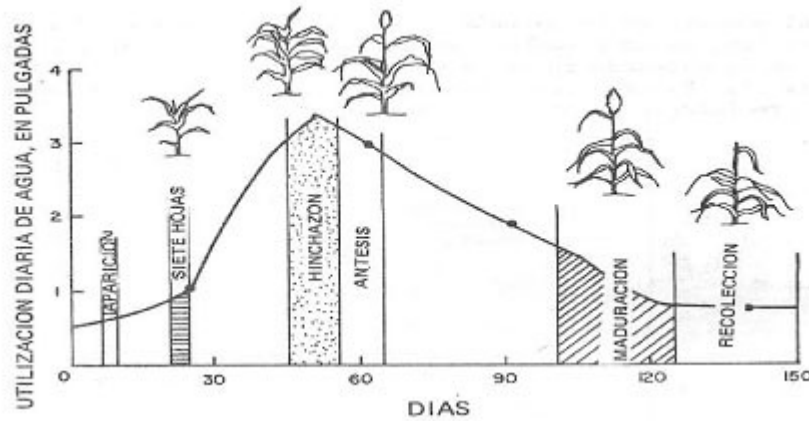


Fig. 2. Utilización diaria de agua por la planta de sorgo desde la semillación hasta la recolección.

Fig. 2. Daily utilization of water by the sorghum plant from seed running up to collection.

Tabla 4. Influencia de algunos factores físicos del suelo en el comportamiento agronómico del sorgo.

Table 4. Influence of some physical factors of the soil on the agronomic performance of sorghum.

Factores físicos	
Condición	Influye en:
Capacidad de infiltración	Captación del agua de lluvia
Capacidad de retención del agua	Disponibilidad de agua para las plantas
Relación oxígeno/agua	Metabolismo de las raíces: respiración y toma de nutrientes
Baja resistencia a la penetración	Desarrollo de raíces en profundidad

Tabla 5. Influencia de algunos factores químicos del suelo en el comportamiento agronómico del sorgo.

Table 5. Influence of some chemical factors of the soil on the agronomic performance of sorghum.

Factores químicos	
Condición	Influye en:
pH adecuado	No limita el crecimiento por bloqueo de nutrientes o por fitotoxicidad
Balanceda provisión de nutrientes	Crecimiento saludable y vigoroso

Siembra

Se debe establecer el cultivo en la época de siembra recomendada, para evitar los excesos o deficiencias de agua durante el crecimiento y desarrollo de la planta. Correa (2001) plantea que la época está relacionada con la temperatura del suelo: a menor temperatura, aumentan las pérdidas.

La siembra se realiza a chorrillo, con sembradora mecánica o manual, colocando la semilla entre 1 y 3 cm de profundidad.

La distancia entre hileras puede ser de 18, 36, 54 ó 72 cm, en dependencia del equipo disponible y de la densidad de siembra. En general, para la época de invierno se recomiendan distancias no menores de 36 cm, y entre hileras en la siembra con riego por gravedad, espaciamientos de 50 cm para facilitar el manejo.

La densidad de siembra, con distancias de 18 y 36 cm, debe ser de 300 000 plantas/ha; y para espaciamentos de 54 y 72 cm, entre 200 000 y 250 000 plantas/ha. Las densidades más altas se recomiendan cuando hay condiciones adecuadas de humedad.

La cantidad de semilla dependerá de las densidades recomendadas y el porcentaje de germinación; esta es aproximadamente de 10-12 kg/ha.

Manejo de la plantación

Fertilización

Antes de decidir la cantidad de fertilizante que se aplicará es conveniente contar con un análisis del suelo del área, aunque la recomendación general es de 90-60-30 kg de N, P y K por hectárea, respectivamente.

En África se han realizado estudios sobre la respuesta a la aplicación de N y P en sorgos sensibles al fotoperíodo (Bationo y Vlek, 1998; Pandey *et al.*, 2001).

La extracción de nitrógeno es mayor cuando se incrementa el rendimiento y la concentración de N en varias partes de la planta (Maranville *et al.*, 2001; García *et al.*, 2003).

Si se utiliza abono de la fórmula 10-30-10, se deben aplicar 184 kg de fertilizante por hectárea en el momento de la siembra y 174 kg de urea, 242 kg de nitrato de amonio o 372 kg de sulfato de amonio por hectárea, 22 días después de la emergencia.

Alelopatía del sorgo

La alelopatía se refiere a los efectos perjudiciales o beneficiosos que, directa o indirectamente, son el resultado de la acción de compuestos químicos liberados por una planta, los cuales ejercen su acción en otra.

En todo fenómeno alelopático existe una planta (donor) que libera al medio ambiente, por una determinada vía (lixiviación, descomposición de residuos, entre otros) compuestos químicos, los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) influyen en la germinación, el crecimiento o el desarrollo de esta última (Samprieto, 2003).

La mayoría de las plantas necesitan su propio espacio. La cantidad de luz del sol y el crecimiento que alcanzan, indican el espacio que tienen alrededor de ellas, y el sorgo se destaca por protegerlo.

El sorgo posee rasgos alelopáticos. Las raíces de este tipo de cultivo liberan toxinas al suelo que impiden el desarrollo de las plantas invasoras. Estas propiedades alelopáticas del sorgo son más fuertes que en otras plantas.

La toxina principal del sorgo es el sorgoleone, un compuesto que es más activo para combatir las malezas que otros compuestos alelopáticos. El sorgo produce esta sustancia en su raíz y en los pelos absorbentes. Su efecto alelopático lo convierte en un cultivo que minimiza los gastos en las labores de limpieza y en la fitotecnica, respecto a otros.

Combate de malezas

Las malezas son plantas indeseables que crecen como organismo macroscópico junto a las plantas cultivadas, a las cuales les interfieren su normal desarrollo. Son una de las principales causas de la disminución del rendimiento de diferentes cultivos, debido a que compiten por la luz solar, los nutrientes y el dióxido de carbono (Rodríguez, 2000).

Como las plántulas de sorgo son débiles y crecen lentamente durante las primeras semanas posteriores a la germinación, el efecto de la competencia con las malezas en las primeras 3 ó 4 semanas después de la emergencia puede ser devastador. Es el período en que debe mantenerse limpio el cultivo.

El combate de malezas en el sorgo puede hacerse en forma mecánica o química, pero esta última es la más eficiente y oportuna para mantener una siembra limpia y a bajo costo. Si se hace en forma mecánica, son suficientes dos deshierbes con implementos manuales o cultivadoras para eliminar las malezas. Esto garantiza

suelos laborables y gastos posteriores en limpieza mínimos, que son favorecidos por el efecto alelopático anteriormente mencionado.

En la tabla 6 aparecen los herbicidas químicos más recomendados en el control de malezas.

Tabla 6. Control químico de malezas.

Table 6. Chemical control of weeds.

Herbicida	Aplicación total dosis/ha	Aplicación en banda	Aplicación
Atrazina 50	2,0 kg	1,0 kg	Preemergente
2,4D- Amina	1,5 L	1,0 L	Postemergente
Atrazina 50 + 0,5D Amina	1,0 kg + 1,0 L	0,5 kg + 0,5 L	Postemergente

Blanco (2006) planteó que con la utilización del sorgo se puede controlar el desarrollo de las malezas y, por tanto, el uso de herbicidas, práctica que se está llevando a cabo en Cuba.

Además, otra forma de controlar las malezas es con la inclusión del sorgo uranífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) en rotaciones agrícolas; con esto se mejoran también las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido al gran aporte de residuos (Blanco, 2006; Esremi y Martínez, 2007).

Plagas y enfermedades más frecuentes del sorgo

Plagas

El sorgo suele ser atacado por una o dos plagas principales en cada agroecosistema; dichas plagas son especies persistentes y graves, lo que determina las prácticas de control. Si el hombre no toma medidas concretas al respecto, la población de las plagas excede el nivel de perjuicio económico cada año, y a menudo en zonas muy amplias. Saucedo (2008) plantea que el sorgo es atacado durante su crecimiento y desarrollo por insectos y por otras plagas secundarias y ocasionales.

Entre las principales, por el daño que causan, se mencionan la mosquita del sorgo, los pulgones y el barrenador del tallo (Iannone, 2003). En la tabla 7 se muestran los insectos que atacan al sorgo.

Tabla 7. Principales insectos que atacan el sorgo

Table 7. Main insects that attack sorghum

Nombre vulgar	Nombre científico	Parte de la planta dañada	Distribución geográfica
Mosquita del sorgo	<i>Contarinia sorghicola</i>	Flores, grano en formación	África y Asia
Pulgones	<i>Schizaphis graminum (Rondani)</i>	Flores, grano en formación	Cosmopolita
Barrenador del tallo	<i>Chilo partellus (Swing)</i>	Tallos, panojas	África y Asia
Mosca de los vástagos	<i>Atherigona soccata (Rondani)</i>	Daña el punto de crecimiento, causando necrosis en el corazón	África y Asia
Chinche Jowar	<i>Calocaris angustatus (Leth.)</i>	Semillas	Asia
Arañuela del sorgo	<i>Contarinia sorghicola (Coq.)</i>	Semillas en desarrollo	Cosmopolita

Martínez *et al.* (2007) plantearon que muchos de estos daños ocasionados a las plantaciones de sorgo por insectos, pueden evitarse utilizando eficientemente medidas de combate cultural, como son:

- buena preparación del terreno;
- adecuado control de malezas;
- uso de híbridos o variedades tolerantes o resistentes;
- destrucción de residuos de cosecha;

- rotación de cultivos;
- asociación de cultivos;
- selección correcta de la época y la secuencia de siembra;
- manejo de la flora adventicia.

Se plantea, en el caso de las mosquitas, que el lote debe revisarse cerca del mediodía (momento de mayor actividad de estos insectos) y efectuar el tratamiento en forma inmediata. La siembra temprana, dentro de las fechas recomendadas, contribuye a reducir la incidencia de esta plaga. No se recomienda utilizar pesticidas ni otras sustancias, excepto si sobrepasa el daño económico (Chessa, 2007).

En el caso de los pulgones, es de vital importancia revisar el lote para detectar su presencia en el cultivo antes de la cosecha y el almacenamiento. El manejo integrado de las plagas constituye el medio idóneo, sostenible y eficiente para reducir el daño económico.

Los métodos químicos de control en los barrenadores del tallo son poco efectivos, por lo que para disminuir su incidencia se recomiendan algunas de las prácticas culturales mencionadas anteriormente; una de las más usadas es la rotación de cultivos. De ser necesario pueden controlarse a través del método químico (INTA, 2008). En la tabla 8 se presentan los métodos más utilizados.

Tabla 8. Métodos químicos de control.

Table 8. Chemical control methods.

Plaga	Insecticida (principio activo)
Mosquita	Cipermetrina 25%
	Diametoato 50%
	Clorpirifos 50% + Cipermetrina 5%
	Deltametrina 5%
	Endosulfan 35%
	Permetrina 5%
Pulgones	Fenvalerato 50%
	Pirimicarb 50%
	Dimetoato 50%
	Clorpirifos 48%

Es importante destacar la resistencia del sorgo a los insectos y ácaros cuando se le considera como parte del sistema de manejo de las plagas, ya que puede anular la capacidad de una plaga para alcanzar el nivel de daño económico, ya sea por razones de no preferencia o de antibiosis, o por incremento de la tolerancia del cultivo a los daños. En forma análoga, puede crear una situación en la que los agentes naturales de control sean más eficaces debido a tasas más bajas de incremento de la plaga (FAO, 1980).

Enfermedades

Los sorgos sufren el ataque de enfermedades que perjudican su producción de grano y forraje, lo que además deteriora su valor nutritivo. Estas enfermedades varían en importancia, en cada área y de año en año, debido a diferentes condiciones ambientales, híbridos, prácticas culturales, variación en los organismos causales o a la interacción de cualquiera de estos factores. La siembra de las variedades resistentes es la mejor medida de combate contra las enfermedades fungosas y bacterianas que atacan el sorgo, por lo que el combate con fungicidas no se utiliza en este cultivo. A continuación se describen las enfermedades más importantes (tabla 9).

Saucedo (2008), un científico cubano que ha profundizado en el estudio integral de *S. bicolor*, brinda muchas sugerencias para el combate de las enfermedades del sorgo, entre las que se encuentran las siguientes:

- siembra de los híbridos recomendados, ya sea para la época de invierno o verano;
- uso de semilla tratada con fungicidas;
- distancias y densidades propias para la siembra de invierno y de verano;
- control eficiente de las malezas;
- control eficiente de insectos del follaje, el tallo y la panoja;
- fertilización no excesiva, sobre todo de nitrógeno
- en cultivo bajo riego, mantener la humedad continua durante todo el período de llenado del grano;
- en cultivo de seca, procurar cortes parejos en el tallo;
- eliminar los rastrojos;
- rotación de cultivos.

Tabla 9. Enfermedades de mayor importancia que invaden el cultivo del sorgo.

Table 9. Most important diseases that affect the sorghum crop.

Nombre	Agente causal	Tipo de patógeno	Daño
Ermohosado del grano en campo (<i>molding</i>)	<i>Fusarium moniliforme</i>	Hongo	Invasión de tejidos en el momento de la floración, lo que disminuye su llenado y aumenta las pérdidas.
Ermohosado del grano almacenado	<i>Penicillium</i> y <i>Aspergillus</i>	Hongo	Deterioro del grano, podredumbre de la espiga.
Ergotismo del sorgo	<i>Sphacelia sorghi</i>	Hongo parasitario	Afecta las flores no polinizadas (Formento, 2004); provoca pérdidas por reducción en la cantidad y calidad de los granos y dificultad en la cosecha.
Estria bacteriana	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Bacteria	Ataca la lámina y la vaina foliar. Impide la formación de granos y disminuye el rendimiento.
Mildío	<i>Pseudoperonospora sparsa</i>	Hongo	Deshilachado de la hoja, esterilidad total, sin formación de la panoja.
Podredumbre basal y de la raíz	<i>Fusarium moniliforme</i>	Hongo	Vuelco de la planta, pérdidas en el rendimiento y reducción del llenado del grano.
Podredumbre carbonosa	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Hongo	Vuelco de la planta, pérdidas en el rendimiento y reducción del llenado del grano.
Mosaico enarizante del maíz y el sorgo	MDMV (virus transmitido por pulgones)	Virus	Formación de manchas y anillos necróticos.

Saucedo (2008) informó que las aves constituyen un enemigo de este cultivo, pues existen muchas especies, como por ejemplo los gorriones, que se alimentan del grano en la fase láctea; mientras que otros como los mirlos y los estorninos se alimentan de los granos maduros. Otros resultados al respecto fueron reportados por Saucedo (2009).

Las aves causan pérdidas considerables a la agricultura. Se estima que en los Estados Unidos de Norteamérica las pérdidas atribuibles a las aves alcanzan entre los 50 y 100 millones de dólares.

En muchas regiones del mundo una cosecha rentable de sorgo depende, en parte, de la capacidad del cultivo para resistir los daños causados por varias especies. La clave está en sembrar variedades de sorgo resistentes y con características de grano amargo, ya que las aves no se alimentan con este grano, excepto cuando no tienen otro alimento.

Al respecto, Saucedo *et al.* (2008) plantearon que la variedad CIAP-132-R presenta características promisorias para evitar el daño causado por los pájaros, debido a la composición química y los aspectos morfológicos del grano.

Cosecha

La cosecha del sorgo puede hacerse cuando el grano alcanza la madurez fisiológica, aproximadamente 90 días después de la germinación. En este momento el grano tiene entre 25 y 30% de humedad; sin embargo, si no se cuenta con la infraestructura adecuada para el secado, lo más aconsejable es cosechar cuando posee entre 15 y 18% de humedad. Para ello se debe hacer la siembra en la fecha recomendada, de forma tal que coincida con el mes más seco de la temporada; así se evita que se desarrollen enfermedades de la panoja, que pueden llegar a afectar la calidad del grano (Saucedo, 2008). Normalmente la cosecha se hace en forma mecanizada, con el uso de máquinas combinadas.

El grano de sorgo se puede almacenar con 11-13% de humedad, pero si la aireación es apropiada resulta seguro hacerlo con un contenido mayor (alrededor del 15%). Para lograr un adecuado almacenamiento de los granos se requieren depósitos bien construidos. Es esencial una estructura hermética para preservar el grano de la humedad, los roedores y los insectos.

El ambiente ideal es de 8 a 12°C y una humedad relativa entre 50 y 60%. Las bodegas deben fumigarse por lo menos una vez cada 15 días, con un producto residual como malatión o sus equivalentes, siguiendo la recomendación de la casa comercial, sobre residualidad, para su posterior uso como alimento; si se trata de grano destinado a semilla, se le debe aplicar además un fumigante como el fosfuro de aluminio (Phostoxin) o un equivalente.

Empleo del sorgo como alimento energético en la dieta animal

En Cuba, el desarrollo de altas producciones de sorgo constituye una alternativa viable para solucionar el gran obstáculo que frena el crecimiento de las producciones porcinas, avícolas y ganaderas: la base alimentaria.

El sorgo puede ser procesado para incrementar el valor alimenticio de las raciones a través de diferentes técnicas. Los productos se ofrecen como alimento al ganado, a las gallinas ponedoras de huevo, otras aves, los cerdos y las ovejas, y también son utilizados en la alimentación de las mascotas.

Su contenido de celulosa, lignina y otros carbohidratos complejos en la fibra bruta, lo convierten en una fuente energética y proteínica de alta calidad nutricional en la crianza y engorde de los animales. El exceso de energía se almacena en forma de grasa corporal, y este es el elemento más costoso en la producción porcina.

Las producciones porcinas se desarrollan con sistemas de explotación que utilizan tecnologías muy avanzadas, los cuales incluyen altos volúmenes de cereales y fuentes proteínicas, que por lo general no se producen en cantidades suficientes y rentables en el país. Ello genera una fuerte dependencia de las materias primas extranjeras (Argenti y Espinosa, 2000).

En ese sentido, Acuero *et al.* (1983) y Saucedo *et al.* (2008) plantearon que la sustitución parcial o total del maíz por sorgo puede incrementar las ganancias de peso vivo; mientras que Neumann *et al.* (2002) señalaron que cuando se utiliza *S. bicolor* en ensilajes mixtos, esto representa un menor costo de producción y podría ser una alternativa técnicamente recomendable para los sistemas de producción que presentan deficiencias de áreas de cultivo.

Tanto la panícula ensilada como el grano seco o ensilado de sorgo pueden ser utilizados como fuentes principales de energía en la alimentación de los cerdos en crecimiento y ceba (Marrero *et al.*, 2008).

Los concentrados que se utilizan para la alimentación de las aves deben poseer la mayor cantidad de nutrientes, para garantizar el buen desarrollo y el crecimiento sano y equilibrado; por eso deben combinar carbohidratos, minerales, vitaminas, proteínas y grasas en las cantidades adecuadas. Ello se puede lograr con el empleo de este grano.

Las semillas (de trigo, maíz, cebada, arroz, avena y sorgo, entre otros) enteras o en harinas, suministran carbohidratos de calidad a las aves.

En las tablas de la 10 a la 13 se muestra el valor nutricional del sorgo; en ellas se destacan la composición y el valor nutritivo de los forrajes y los subproductos fibrosos húmedos, según FEDNA (2004).

Tabla 10. Composición química (% de MS).

Table 10. Chemical composition (% DM).

Materia seca	pH	Cenizas	PB	NH ₄	EE
<20	3,95	10,41	11,26	0,09	3,41
20-25	3,89	8,56	10,17	0,03	3,49
25-30	3,97	8,66	9,87	0,02	3,38
30-35	3,90	8,49	9,34	0,02	3,30
>35	3,86	8,99	9,63	0,02	3,51

Tabla 11. Composición química (% de MS).

Table 11. Chemical composition (% DM).

Materia seca	FB	FND	FAD	EM Mcal/kg
<20	32,39	60,28	36,84	2,21
20-25	31,17	58,32	35,63	2,20
25-30	30,13	56,88	33,94	2,19
30-35	29,10	55,43	33,06	2,21
>35	29,72	55,78	33,78	2,21

Tabla 12. Macrominerales (% de MS).

Table 12. Macrominerals (% DM).

Ca	P	Mg
0,59	0,61	0,57

Tabla 13. Valor proteínico.

Table 13. Protein value.

Materia seca	Degradabilidad del N (%)	Digestibilidad intestinal PB indegradable (%)	PDIE (g/kg)	PDIN (g/kg)	Lisina (% PDIE)	Metionina (% PDIE)
<20	55	55	69	56	7,32	1,75
20-25	55	55	63	55	7,32	1,75
25-30	55	55	61	57	7,32	1,75
30-35	55	55	57	56	7,32	1,75
>35	55	55	59	56	7,32	1,75

Usos industriales

El sorgo no solo se utiliza en la alimentación de los animales, sino también para fines industriales; en este aspecto tiene los mismos usos que el maíz. Se destaca en la producción de almidón, dextrosa, miel de dextrosa, aceites comestibles y bebidas; en la elaboración de cervezas, bebidas locales y materias colorantes, cosméticos, papel, productos farmacéuticos, confituras, mezcla en café y cárnicos, entre otras (Saucedo, 2008); además las panículas se emplean para la confección de escobas o se queman para obtener cenizas ricas en potasio.

De los tallos de esta planta se pueden obtener otros productos, como jarabes y azúcares. La producción de etanol constituye una fuente alternativa para la obtención de energía a partir de este cultivo. La harina de sorgo es pobre en gluten, pero es más blanca y nutritiva que la del mijo; con ella se fabrican tortas y galletas, que sirven de base en la alimentación humana, ya sea sola o asociada al maíz o al mijo. En la India, China y algunas regiones de África, el sorgo constituye un elemento muy importante. El grano se come quebrándolo y cocinándolo en la misma forma que el arroz, o moliéndolo para obtener harina y elaborar pan sin levadura.

Conclusiones

El sorgo de grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo después del trigo, el arroz, el maíz y la avena. En África es empleado para la alimentación humana, pero en América y Oceanía se usa para la fabricación de harinas y piensos destinados a la cría de los animales. Este cultivo posee amplia distribución geográfica por su plasticidad ecológica. Su buen comportamiento agronómico le concede favorables atributos: no es exigente a los suelos fértiles; es alelopático, por lo que requiere de pocas labores de cultivo y limpieza; compete, entre las plantas cultivadas de amplio uso, como una de las más resistentes a la sequía o con gran economía hídrica para producir un kilogramo de biomasa comestible; es resistente a las plagas y enfermedades, aunque sensible al ataque de las aves durante las cosechas y a los insectos durante el almacenamiento. Las variedades comúnmente empleadas en el trópico en los países en vías de desarrollo, no expresan un alto potencial productivo (2 t/ha/cosecha) debido a la carencia de recursos, pero existen variedades de altos rendimientos que pueden usarse con la aplicación de tecnologías adecuadas.

Las diversas y amplias virtudes de esta planta desde el punto de vista agronómico, así como en la alimentación humana y animal, la industria, la gastronomía y la medicina, le confieren atributos excepcionales para el incierto futuro alimentario que se avecina.

Referencias bibliográficas

- Acuero, R. *et al.* 1983. Utilización del grano de sorgo como fuente energética en raciones para cerdos en crecimiento y engorde. *Zootecnia Tropical*. 1:54
- Argenti, P. & Espinosa, F. 2000. Alimentación alternativa para cerdos. Maracay. <http://www.Fonaiap.gov.ve/publica/divulga/fdG1/alimen.html>. [Consulta: 15/2/08]
- Arias, V.A. *et al.* 2004. Comportamiento de dos variedades de sorgo asociados con soya. *Centro Agrícola*. 31 (3-4):48
- Baffes, J. 1998. Structural reforms and price liberalization in Mexican agriculture. *Journal of International Development*. 10 (5):575
- Bationo, A. & Vlek, P.L.G. 1998. The role of nitrogen fertilizers applied to food crops in the Sudano-Sahelian zone of West Africa. In: Soil fertility management in West African land use systems. (Eds. Renard, G. *et al.*). Margraf Verlag, Weikersheim, Germany. p. 41
- Blanco, Yanelys. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*. 27:5
- Caamal, I.C. & Ávila, D.J.A. 2004. Sorgo uranífero. Monografías. En línea: <http://www.monografias.com/trabajos/sorgo/sorgo.shtml>. [Consulta: 16/2/08].
- Caballero, C. 1998a. Sorgo forrajero. *ABC Rural*. p.9

- Caballero, R. 1998b. Recuperación de la disponibilidad de semilla categorizada de granos básicos del país. Instituto de Investigación Hortícolas “Liliana Dimitrova”, La Habana. p. 274
- Castro, N.J. *et al.* 2000. Producción de biomasa en línea de sorgo con respuesta al estrés hídrico. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:321
- Correa, U.A. 2001. El sorgo en la producción animal. CREAS Zona Oeste, Gacetilla Informativa No. 166
- Chessa, A. 2007. El sorgo uranífero. MAIZAR. Asociación de Maíz Argentino. [En línea]: <http://www.maizar.org.ar/nertext.php?id=273>. [Consulta: 9/4/08]
- DGEA. 2004. Anuario de estadísticas agropecuarias 2003. Dirección General de Economía Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). San Salvador, El Salvador. p. 989
- Doggett, H. 1998. Sorghum. 2nd edition. Longman Scientific and Technical, London. 512 p.
- Duke, J. 1983. Sorghum X alnum Parodi. Handbook of energy crops. [En línea]: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy/Sorghum-X_almum.html. [Consulta: 8/8/05]
- Esremi, J.E & Martínez, R.F. 2007. Desarrollo y determinación del rendimiento del sorgo uranífero ante cambios en la oferta de nitrógeno. INTA. [En línea]: <http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion-vegetal/sorgo/evaluacion-manejo/20221-051227-desa.htm>. [Consulta: 30/5/08]
- FAO. 1980. Producción y protección vegetal: Introducción al control integrado de las plagas del sorgo. [En línea]: <http://www.fao.org/docrep/T1147s07.htm#factores%20de%20la%20competencia>. [Consulta: 11/6/08]
- FAO-ICRISAT. 1997. La Economía del sorgo y del mijo en el mundo; hechos, tendencias y perspectivas. ICRISAT. 123 p.
- FEDNA. 2004. Tablas FEDNA de valor nutritivo y subproductos fibrosos húmedos. I. Forrajes. (Eds. S. Calsamiglia, A. Ferret y A. Bach). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 42 p.
- Formento, Norma. 2004. Problemas sanitarios asociados a las panojas de sorgo. INTA. Paraná. [En línea]: <http://www.produccion-animal.com.ar>. [Consulta: 3/4/08]
- Funes, F. & Yepes, S. 1978. Discriminación de especies y variedades de gramíneas introducidas en Cuba. *Rev. cubana Cienc. agric.* 12:179
- García, L. *et al.* 2003. Determinación del uso eficiente de nitrógeno en cuatro variedades de sorgo para grano en la zona del Pacífico de Nicaragua. *La Calera*. 3:36
- Gilbert, P.M. 1999. Sorgo en nutrición animal. *ABC Rural*, 13 de enero, p. 3
- González, A.T. 1961. Experimentación sobre el cultivo de sorgo en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 160 p.
- Graveros, I.E. 2003. Cultivos sorgos graníferos. [En línea]: <http://www.produccion.com.ar/2003/03ago-10.htm>. [Consulta: 21/3/08]
- Hidalgo, J.C. 1997. Evaluación del control químico de cuatro malezas en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en el valle de Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingenieros Agrónomos. Zamorano, Honduras. [En línea]: <http://fai.unne.edu.ar/biología/plantas/Alelopatía.htm>. [Consulta: 20/3/08]
- Iannone, N. 2003. Daño de *Diatraea* en sorgo. Alerta. Ataque de *Diatraea* en maíz. INTA. Pergamino. [En línea]: <http://www.nt-solutions.com.ar/> [Consulta: 7/12/07]
- ICRISAT. 1998. Partnerships in research for development. Annual Report. Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas. Andha Pradesh, India. 12 p.
- INTA. 2008. Consideraciones para el cultivo de sorgo granífero. [En línea]: <http://www.produccion-animal.com.ar/> [Consulta: 10/3/08]

- Krieg, D.R. 2000. Cotton water relations. Proceedings of the 2000 Cotton Research Meeting and Summaries of Cotton Research Progress. (Ed. D.M. Oesterhuis). Agricultural Experiment Station, University of Kansas. USA. p. 7
- Machado, R. & Menéndez, J. 1979. Descripción de gramíneas y leguminosas. En: Los pastos en Cuba. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. p. 91
- Maranville, J.W. & Madhavan, S. 2002. Physiological adaptations for nitrogen use efficiency in sorghum. *Plant and Soil*. 245:25
- Maranville, J.W. *et al.* 2001. Comparison of nitrogen use efficiency of a newly developed sorghum hybrid and two improved cultivars in the Sahel of West Africa. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 33:1519
- Marrero, L.I. *et al.* 2008. Producción de ensilaje de sorgo uranífero con vistas a la alimentación del cerdo. Memorias. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana. (cd-rom)
- Martínez, E. *et al.* 2007. La protección de los cultivos. En: Manejo integrado de plagas. Manual práctico. (Ed. E. Martínez). Centro Nacional de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba. p.19
- Neumann, M. *et al.* 2002. Resposta econômica da terminação de novilhos e confinamento, alimentados com silagens de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). *Ciência Rural*. 32 (5):849
- Niemeijer, D. 1998. Soil nutrient harvesting in indigenous teras water harvesting in Eastern Sudan. *Land Degradation and Development*. 9 (4):323
- Oramas, G. *et al.* 1998a. Evaluación de variedades promisorias de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de grano para consumo humano y animal. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", La Habana. 164p.
- Oramas, G. *et al.* 1998b. Nueva colección se sorgo (*Sorghum bicolor* L.) para diferentes fines. IIHLD, La Habana. 161 p.
- Oramas, G. *et al.* 2002. Obtención de variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) de doble propósito a través del método de selección progenie por surco. *Agrotecnia de Cuba*. 28 (1):39
- Oramas, G. *et al.* 2003. Evaluación de nuevas variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de grano para consumo humano y animal. *Cultivos Tropicales*. 24 (1):73
- Ostrowski, B. 1998. Sistemas intensivos en invierno. *Mundo Lácteo*. 4 (44):148
- Pacheco, D.R. 1998. Caracterización agronómica de dieciseis maicillos mejorados (*Sorghum bicolor* L. Moench) en diferentes localidades. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciatura. El Zamorano, Honduras
- Pandy, R.K. *et al.* 2001. Nitrogen fertilizer response and use efficiency for three cereal crops in Niger. *Communications in Soil Science an Plant Analysis*. 32:1465
- Pérez, A. & Hernández, A. 2009. Empleo de forrajeras proteicas y sorgo energético en la dieta porcina. Conferencia dictada en el Taller Regional sobre alimentación porcina. Matanzas, Cuba. (s.p.)
- Rodríguez, A.N. *et al.* 2006. Agricultura Urbana: Una expresión de la agricultura agraria cubana. En: Las Investigaciones agropecuarias en Cuba cien años después. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. p. 115
- Rodríguez, T.E. 2000. Combate y control de malezas. Protección y Sanidad Vegetal. Maíz en Venezuela. [En línea]: <http://www.cl/suelo.php?pid=S0718-34292006000200008&Escrip=Sciarttext>. [Consulta: 12/12/07]
- Ruiz, V.J. & Cruz, C.R.J. 2005. Selección de cultivares forrajeros de sorgo (*Sorghum bicolor*) y mijo (*Pennisetum americanum*) por índices de eficiencia de producción y calidad. *Agronomía Mesoamericana*. 16 (2):159
- Salermo, J.C. 1998. Forrajeras en su máximo esplendor. *Mundo Lácteo*. 4 (40):46

- Samprieto, D.A. 2003. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. [En línea]: www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas%20artificiales/19-alelopatia.htm
- Sánchez, M. 1998. Densidad de población óptima de sorgo enano de grano "V-3018". Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIH "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. p. 47
- Saucedo, O.M. 2008. Empleo del sorgo en la alimentación animal y humana. Taller Nacional sobre empleo del sorgo. Universidad Central de Las Villas. Villa Clara, Cuba.
- Saucedo, O.M. 2009. Estudio regional de las aves que atacan el sorgo. Taller de la región Central sobre alimentación porcina. CIAP. Facultad Agropecuaria-Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba. (cd-rom)
- Saucedo, O.M. *et al.* 2008. Sistema de control de daño de las aves en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la provincia de Villa Clara. Memorias. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana. (cd-rom)
- Vitale, J.D. *et al.* 1998. Expected effects of devaluation on cereal production in the Sudanian region of Mali. *Agricultural Systems*. 57 (4):489
- Wikipedia. 2007. La enciclopedia libre. Esbozo de botánica. [En línea]: <http://es.wikipedia.org/wiki/CategorA:Wikipedia:Esbozo-botAnica>. [Consulta: el 5/3/08].

Recibido el 19 de octubre del 2009

Aceptado el 15 de diciembre del 2009

Characterization and potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) grain

Abstract

Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is one of the cereals that due to their agronomic and nutritional characteristics could contribute large benefits in human as well as animal feeding, at world, tropical and national level. This crop is well adapted to Cuban conditions, and showed an incipient development that disappeared parallel to the collaboration of COMECON (Council of Mutual Economic Assistance). Today no vast tradition and experience exist regarding its production; however, different essays indicate that the yields are satisfactory and that they could be increased if there were appropriate and sustainable technologies that allowed to express all its potential. In this article the general, botanical and agronomic characteristics of the genus and its species, as well as its potential and usages are presented with the objective of updating knowledge as a contribution to providing solutions for the current food crisis undergone by the Planet. Likewise, some results obtained in the Republic of Cuba are included.

Key words: Agronomic characteristics, *Sorghum bicolor*

Introduction

The world need to sustainably increase the cereal production as an alternative to contribute to food security and cover the growing needs of the peoples, has encouraged farmers to look for higher yields in unproductive areas using species that adapt to those conditions.

The foreseen grain deficit from 2050 will be 450 million tons per year, which is equivalent to 220 kg/ha per capita, for which it is necessary to create strategies in order to increase production with high yields.

Tropical sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) shows good adaptability and acceptable yields, for which it has been called “the cereal of the 2st century”. Worldwide, in the early sixties a large amount of sorghum production was used in human feeding; while at present the use of sorghum for animal consumption has doubled. In Cuba it is largely used in urban agriculture to avoid pest incidence, according to Rodríguez *et al.* (2006).

The Republic of Cuba invests large amounts of money to import grains and concentrates for human and animal feeding, in order to produce and supplement protein needs (higher each day and not satisfied as of today) of an increasing population. Their costs are increasingly higher and they, in turn, are difficult to acquire in the international market, because of diverse economic, political and social causes.

In addition, not all grain crops adapt well to the ecological conditions of the country; their genetic improvement aims, in most cases, at obtaining good yields with the use of high inputs, which is only achieved by developed countries that subsidize their agriculture.

Cuba must solve serious problems for substituting imports with the use of grains, such as sorghum, which should be improved with adequate technologies for each site.

Sorghum situation worldwide

Sorghum is the fifth most important cereal in the world, after wheat, rice, corn and oat (Pacheco, 1998). The main production locations of sorghum are in arid and semiarid regions of the tropics and subtropics (Hidalgo, 1997; Doggett, 1998).

In Africa an important part is destined to human consumption, while in America and Oceania most of the sorghum produced is used for animal consumption; for example, to feed cattle (Ostrowski, 1998; Salermo, 1998; Oramas *et al.*, 2002), poultry (Caballero, 1998a; Oramas *et al.*, 1998a; Gilbert, 1999), in addition to being much used in other countries as raw material in the starch and alcohol industries (Vitale *et al.*, 1998).

The use of cereals for animal feeding has been a dynamic element in the global consumption of sorghum. Its demand constituted the main driving force to increase world production and international market since the sixties.

The demand for sorghum is strongly concentrated in such countries as the United States, with a production of 11,9 million tons (Mt) of grain, India (9,5 Mt), Nigeria (7,5 Mt) and Mexico (6,4 Mt), which are considered leading producers. Figure 1 shows the main zones of the world where sorghum is cultivated. In addition, it constitutes a genus of 20 grass species native from the tropical and subtropical regions of Eastern Africa (table 1).

Current situation of sorghum in Cuba

In Cuba sorghum has been consumed by humans and animals during the past 100 years, in limited zones of the country, such as Bejucal, Alquizar, Quivicán and others (Oramas *et al.*, 2003). Since the early nineties, researchers from the Central University of Las Villas (UCLV) began to create the scientific and technical bases for the large-scale introduction of this cereal. In 1996 the grain production started based on a sorghum-rice crop rotation project; in 2000 the Agroindustrial Rice Production Complex of Holguín stood out with 1 340 ha, and in 2001 the sorghum seed bank farms began to be multiplied and the provinces Granma, Villa Clara, Cienfuegos, Camagüey, Las Tunas and Holguín received high quality genetic material.

Afterwards, there was a second distribution, in July, 2002; in addition to the above-mentioned regions Guantánamo and Santiago de Cuba were supplied, and in the third stage the distribution covered the whole island. No tradition is said to exist on the plantation of this cereal; however, it is a viable and feasible alternative. Given the need to reduce imports, due to the high prices of grains worldwide, and influenced to a large extent by the present economic difficulties, its production is recommended to be then used in the elaboration of products for human and animal feeding; in addition, the intense drought in recent years is one of the factors that have caused more damage in many crops, and this has turned out to be more tolerant to such conditions than other cereals.

Its adaptability characteristics under the edaphoclimatic conditions of Cuba were studied by Funes and Yepes (1978) and described by Machado and Menéndez (1979), who reported its good plasticity. This crop is said to offer favorable perspectives in relation to other grains (Baffes, 1998), because it has less agrotechnical requirements, in general, and shows higher plasticity regarding the planting moment and soil type (FAO-ICRISAT, 1997; ICRISAT, 1998; Niemeijer, 1998; Caballero, 1998b; Sánchez, 1998; Oramas *et al.*, 1998b).

Origin and importance of sorghum

The origin of this crop has been discussed through the years, because it is said to be native from northeastern Africa, in the region occupied by Ethiopia, although it was initially located in India. It was introduced in America in the 18th century. It is considered that many distinct species are sporadically grown in American countries, and that the current sorghum species are hybrids of those introductions or of mutants that have appeared.

This crop is very important worldwide, because it has been proven to substitute such cereals as wheat and corn in most of their usages, in human feeding as well as the production of forage or grain for animal fattening, and also in the industry.

In turn, it has high grain production potential and good perspectives of contribution to the development of agriculture.

Taxonomic classification

The taxonomic classification of sorghum, according to Wikipedia (2007), is the following:

Genus description

Sorghum is known by several names: large millet and Guinea corn in western Africa, kafir in southern Africa, duro in Sudan, mtama in eastern Africa, iowar in India and kaoliang in China (Duke, 1983).

It was called sorghum due to its capacity to grow until reaching a considerable height; the name comes from Latin *surgere*.

Morphology

The habit and physiology (metabolism of C₄ plants) of sorghum are similar to those of corn (*Zea mays*). The *Sorghum* genus shows a profuse root system that provides it with a highly developed support structure, which allows it to accumulate a large quantity of reserves; in addition, it allows the plant a higher penetration capacity and better persistence in dry climates, where water shortage is maintained for long periods; its stem is thick, with paired thorns, and the height can vary from 1 to 3 m.

The nodes show abundant pilosities. The leaves are alternate, serrate, lanceolate, wide and rough on their edge; they have the property of chitinization during the dry periods, which delays the desiccation process (González, 1961; Duke, 1983).

It has inflorescences in panicles; each panicle can contain from 400 to 8 000 grains, with an approximate energy value of 1,08 kg; compared to corn it is a little richer in protein, but poorer in deficit fatty matter in lysine. The color of the grain varies from translucent white to very dark reddish brown, with gradations of pink, red, yellow, brown and intermediate colors; its seeds are spherical and oblong, about 3 mm in size.

The flowers have stamens and pistils, but dioecious sorghum plants have been found in Sudan. The seed is thick, compressed, oval and naked, and shows such colors as coffee, bluish, black, white, reddish and yellowish, among others.

It is a plant that can grow from 0 to 1 500 masl, but the best altitude for its cultivation is between 0 and 800 m.

The number of days before cutting is said to be an essential characteristic when identifying forage varieties (Ruiz and Cruz, 2005). This crop has a large regrowth capacity after successive cuttings, with which its productive life can be extended for five or six years, under an adequate management and fertilization system.

It is a photoperiodical species. In Nicaragua García *et al.* (2003) reported responses about the photoinensitive varieties, and in El Salvador sorghum is associated to corn (DGEA, 2004); while Arias *et al.* (2004) state that its association with soybean would represent an advantageous choice in Cuba, not only to improve land utilization efficiency, but also to promote higher quality of the harvested forage, without affecting grain production.

Crop ecology or demands

The demands of sorghum for grain in terms of heat are higher than those of corn. It is a species that grows well under warm climate conditions with moderate or well distributed rainfall.

For germination this crop needs temperatures from 12 to 13°C and plant growth is activated when they exceed 15°C, with optimum temperature around 32°C. It is said that temperature decreases at the flowering moment can reduce grain yield, besides producing sterility of the spikelet and affecting the viability of the pollen grains. Very high temperatures during the days after flowering reduce the final weight of the grain.

A temperature of 38°C lowers yields due to flower abortion; while a temperature of 27°C is ideal for the reproductive period. Likewise, 21°C represents the minimum for good growth, and 18°C is the optimum soil temperature for germination.

Correa (2001) stated that temperature is related to planting season, because high temperatures increase losses, as they coincide with the reproductive period. The plant grows well on soils which pH oscillates between 5,5 and 8,5; however, the ideal pH is between 5,5 and 6,5. It stands salt and it is said that sugared varieties demand the presence of calcium carbonate in the soil, which increases the saccharose content of

stems and leaves. It prefers healthy, profound, not too heavy soils. It should not be used as antecedent crop of autumn cereals.

The use of sorghum as crop has shown its aggregated value to nature and soils by means of the contribution of organic matter and the improvement of hydrological and chemical conditions. It is efficient in water consumption and contributes to avoid erosion risks; in crop rotations it favors productive increase and yield of the areas.

Water economy

Sorghum is considered the most efficient crop in water use (Graveros, 2003). It is tolerant to drought (table 2), capable of undergoing water shortage during a pretty long time and reassuming its growth later on when drought ceases.

On the other hand, it needs less water than other grains to form one kilogram of dry matter (table 1), due to mechanisms of escape or tolerance to drought (especially in the floral differentiation stage) without damaging yield (Castro *et al.*, 2000). It is said that the critical period of water need lasts from the moment the panicle emerges in the leaves of the plant apex, to the end of the ligenous state of the grain.

The yield variations due to water deficiency are less remarkable in sorghum, because of its lower sensitivity to hydric stress, mainly in the critical period of generation. Although sorghum has the capacity to remain latent during drought, to grow later in favorable periods, stress modifies its performance: the initial one generally leads to the prolongation of the cultivation cycle, while the late one accelerates maturity.

The enzyme carboxylase phosphoenilpiruvate is the one responsible for the ability of this plant to maintain photosynthetic efficiency under stress (Maranville and Madhavan, 2002). It is also said that when the tissue undergoes hydric stress, a stomatic closure occurs in it to restrict water loss, or it should adjust the cell size or the osmotic potential, so that the hydric potential of the cell decreases to maintain the fluency of liquid water (Krieg, 2000).

Many sorghum varieties have been studied, such as: CIAP 2, CIAP 6 and CIAP 132-R. Saucedo (2008) makes emphasis on variety UDG-110, which shows a high degree of tolerance to drought and evasiveness to heat; other registered varieties show important qualities.

Drought resistance

According to the report made by Saucedo (2008), sorghum shows the following characteristics:

- a) A highly branched root system (its root index doubles that of corn) and a deficit of diffusion pressure in its roots, also higher than most crops.
- b) A wax layer that covers leaves and stems and reduces evaporation.
- c) Motor or hygroscopic cells that are regularly and abundantly arranged along the central nervature of the leaves so that the whole leaf is rolled when there is water shortage, creating a confined environment that decreases evaporation; this mechanism is an important contribution to water economy. On the contrary, in corn, motor cells exist in isolated spots and, as a consequence, its resistance to drought is lower.
- d) A higher number of stomas than corn, but their size is much lower (approximately half). This offers higher safety to opening and closure, promptly responding to humidity variations of the environment.
- e) Capacity to enter “vegetative resting” in case of water shortage. Sorghums, in general, enter dormancy or vegetative resting, which they leave when there is water availability again (fig. 2).

Soil preparation

Adequate soil preparation is essential to obtain a good harvest (Saucedo, 2008; Pérez and Hernández, 2009). Plowing at a depth of 10-20 cm according to the soil type, between 22 and 30 days before seeding, is recommended, because thus pests and weeds are controlled.

According to the land characteristics, harrowing two or three times is recommended, the last time a day before seeding. Tables 4 and 5 show some physical and chemical factors of the soil, and their influence on the physiological and agronomic aspects benefitting sorghum growth, development and yield.

Seeding

The crop should be established in the recommended season, in order to avoid water excesses or deficiencies during the plant growth and development. Correa (2001) states that the season is related to soil temperature: at lower temperature, the losses increase.

Seeding is done by drilling, with a mechanical or manual drilling machine, placing the seed at a depth between 1 and 3 cm.

The distance between rows can be 18, 36, 54 or 72 cm, depending on the available equipment and the seeding density. In general, for winter, distances not lower than 36 cm are recommended, as well as spaces of 50 cm between rows when gravity irrigation is used.

The planting density, with distances of 18 and 36 cm, should be 300 000 plants/ha; and for 54 and 72 cm spacing, between 200 000 and 250 000 plants/ha. The highest densities are recommended for adequate humidity conditions.

The seed quantity will depend on the recommended densities and the germination percentage; it is about 12 kg/ha.

Plantation management

Fertilization

Before deciding the quantity of fertilizer to be applied it is convenient to have a soil analysis of the area, although the general recommendation is 90-60-30 kg of N, P and K per hectare, respectively.

Studies have been conducted in Africa on the response to the application of N and P in photoperiod-sensitive sorghums (Bationo and Vlek, 1998; Pandey *et al.*, 2001).

Nitrogen extraction is higher when the yield and concentration of N in several parts of the plant increase (Maranville *et al.*, 2001; García *et al.*, 2003).

If fertilizer of the formula 10-30-10 is used, 184 kg of fertilizer per hectare should be applied at the seeding moment and 174 kg of urea, 242 kg of ammonium nitrate or 372 kg of ammonium sulfate per hectare should be applied, 22 days after emergence.

Allelopathy of sorghum

Allelopathy refers to the detrimental or beneficial effects that are, directly or indirectly, the result of the action of chemical compounds released by a plant, which exert their action on another plant.

In every allelopathic phenomenon there is a plant (donor) that releases chemical compounds to the environment in a certain way (lixiviation, residue decomposition, etc.); these compounds, when incorporated by another plant (recipient), influence the germination, growth or development of the latter (Samprieto, 2003).

Most plants need their own space. The quantity of light and growth they reach, indicate the space that surrounds them, and sorghum stands out for defending its own space.

Sorghum has allelopathic traits. The roots of this crop type release toxins to the soil that prevent the development of invading plants. These allelopathic properties are stronger in sorghum than in other plants.

The main sorghum toxin is sorgoleone, a compound that is more active for fighting weeds than other allelopathic compounds. Sorghum produces this substance in its root and absorbing hairs. Its allelopathic effect turns it into a crop that minimizes expenses in the weeding and management labors, as compared to others.

Weed control

Weeds are undesirable plants that grow as macroscopic organisms next to cultivated plants, on whose normal development they interfere. They are one of the main causes of yield decrease in different crops, because they compete for sunlight, nutrients and carbon dioxide (Rodríguez, 2000).

As sorghum seedlings are weak and grow slowly during the first weeks after germination, the effect of competition with weeds in the first 3 or 4 weeks after emergence can be devastating. This is the period in which the crop must be kept clean.

Weed control in sorghum can be done mechanically or chemically, but the latter is the most efficient and timely to maintain a clean plantation at a low cost. If it is done mechanically, two weeding labors with manual tools or cultivators are enough to eliminate weeds. This guarantees manageable soils and minimum later weeding expenses, which are favored by the above-mentioned allelopathic effect.

Table 6 shows the most recommended chemical herbicides in weed control.

Blanco (2006) stated that with the use of sorghum weed growth can be controlled and, thus, the use of herbicides is avoided, a practice that is being carried out in Cuba.

In addition, another way of controlling weeds is with the inclusion of *Sorghum bicolor* L. Moench in agricultural rotations; with it the physical, chemical and biological properties of the soil are also improved, due to the large contribution of residues (Blanco, 2006; Esremi and Martínez, 2007).

Most frequent pests and diseases of sorghum

Pests

Sorghum is often attacked by one or two main pests in each agroecosystem; such pests are persistent and important species, which determines the control practices. If concrete measures are not taken in that regard, the pest population exceeds the level of economic detriment each year, and often in very wide zones. Saucedo (2008) states that sorghum is attacked during its growth and development by insects and other secondary and occasional pests.

Among the main ones, due to the damage they cause, are the sorghum fly, aphids and stem borers (Iannone, 2003). Table 7 shows the insects that attack sorghum.

Martínez *et al.* (2007) reported that most of the damage caused to sorghum plantations by insects can be prevented using efficiently cultural control measures, such as:

- Good land preparation;
- adequate weed control;
- use of hybrids or tolerant or resistant varieties;
- destruction of harvest residues;
- crop rotation;
- crop association;
- correct selection of the planting season and sequencing;
- management of the adventitious flora.

It is said in the case of flies, that the lot should be checked around noon (moment of higher activity of these insects) and the treatment applied immediately. Early planting, within the recommended dates, contributes to reduce the incidence of this pest. Neither pesticides nor other substances are recommended, unless the economic damage is exceeded (Chessa, 2007).

In the case of aphids, it is extremely important to check the lot to detect their presence in the crop before harvest and storage. Integrated pest management constitutes the ideal, sustainable and efficient method to reduce the economic damage.

Chemical control methods are little effective in borers, for which in order to reduce their incidence, some of the above-mentioned cultural practices are recommended; one of the most used is crop rotation. In case it is necessary, they can be controlled through a chemical method (INTA, 2008). Table 8 shows the most used methods.

It is important to emphasize the resistance of sorghum to insects and mites when it is considered part of the integrated pest management, because the capacity of a pest to reach the economic damage level can be annulled, due to non preference or antibiosis reasons, or the increase of the crop tolerance to damage. Similarly, it can create a situation in which natural control agents are more efficient due to lower pest increase rates (FAO, 1980).

Diseases

Sorghums undergo the attack of diseases that damage their grain and forage production, which besides deteriorates their nutritive value. These diseases vary in importance in each area and among years, because of different environmental conditions, hybrids, cultural practices, variation in causing organisms or the interaction of any of these factors. Planting resistant varieties is the best control measure against the fungal and bacterial diseases that affect sorghum, for which fungicide control is not used in this crop. The most important diseases are described in table 9.

Saucedo (2008), a Cuban scientist who has thoroughly and integrally studied *S. bicolor*, offers many suggestions for the control of sorghum diseases, among which are the following:

- planting the recommended hybrids, for the winter or summer;
- use of fungicide-treated seeds;
- appropriate distances and densities for winter and summer planting;
- efficient weed control;
- efficient control of foliage, stem and panicle insects;
- non excessive fertilization, especially nitrogen;
- when cultivating with irrigation, maintain continuous moisture during the whole grain-filling period;
- when cultivating without irrigation, make even cuttings in the stem;
- eliminate residues;
- crop rotation.

Saucedo (2008) reported that birds constitute an enemy of this crop, because there are many species, such as sparrows, which eat the grain in the lactic stage; while others, such as blackbirds and starlings eat the mature grains. Other results in this regard were reported by Saucedo (2009).

Birds cause remarkable losses in agriculture. In the United States the losses ascribable to birds are estimated to reach between 50 and 100 million dollars.

In many regions of the world a cost-effective harvest of sorghum depends, partly, on the crop capacity to stand the damage caused by several species. The key is in planting resistant sorghum varieties with bitter grain characteristics, because birds do not feed on this grain, except when they do not have any other available feedstuff.

Regarding this, Saucedo *et al.* (2008) reported that the variety CIAP-132-R shows promising characteristics to avoid bird damage, due to the chemical composition and the morphological aspects of the grain.

Harvest

The sorghum harvest can be done when the grain reaches physiological maturity, approximately 90 days after germination. At this moment the grain has between 25 and 30% moisture; however, if the adequate

drying infrastructure does not exist, it is most advisable to harvest when it has between 15 and 18% moisture. For that purpose planting should be performed in the recommended date, so that it coincides with the driest month of the season; thus, the development of panicle diseases, which can affect grain quality, is avoided (Saucedo, 2008). Normally the harvest is mechanized, with the use of combine harvesters.

The sorghum grain can be stored with 11-13% moisture, but if aeration is appropriate it is safe to do it with a higher content (around 15%). In order to achieve adequate storage of the grains well built deposits are required. An airtight structure is essential to preserve the grain from moisture, rodents and insects.

The ideal environment is from 8 to 12°C and a relative humidity between 50 and 60%. The storehouses should be fumigated at least once every 15 days, with a residual product such as Malathion or its equivalents, following the recommendation of the commercial firm, about residuality, for the later use of the grain as food; in the case of the grain to be used as seed, a fumigant such as aluminum phosphide (Phostoxin) or an equivalent should also be applied.

Use of sorghum as energy feedstuff in animal diets

In Cuba, the development of high sorghum productions constitutes a viable alternative to solve the large obstacle that hinders the growth of pig poultry and cattle productions: the feeding basis.

Sorghum can be processed to increase the feeding value of the rations through different techniques. The products are supplied as feed to cattle, laying hens, other poultry species, pigs and sheep, and they are also used for feeding pets.

Its content of cellulose, lignin and other complex carbohydrates in the crude fiber makes it an energy and protein source of high nutritional quality in animal raising and fattening. The energy excess is stored as body fat, and this is the most costly element in pig production.

Pig productions are developed with exploitation systems that use highly advanced technologies, including high volumes of cereals and protein sources, which, in general, are not sufficiently and cost-effectively produced in the country. This generates strong dependence on foreign raw materials (Argenti and Espinosa, 2000).

In this sense, Acuero *et al.* (1983) and Saucedo *et al.* (2008) reported that the partial or total substitution of corn by sorghum can increase live weight gains; while Neumann *et al.* (2002) stated that when *S. bicolor* is used in mixed silages, this represents lower production costs and could be a technically advisable alternative for the production systems that show deficiencies of crop areas.

The ensiled sorghum panicle as well as the dried or ensiled grain can be used as main energy sources to feed growing and fattening pigs (Marrero *et al.*, 2008).

The concentrates used to feed poultry should have the highest quantity of nutrients to guarantee good development and healthy and balanced growth; for such reasons they must combine carbohydrates, minerals, vitamins, proteins and fats in adequate quantities. This can be achieved with the use of this grain.

The seeds (of wheat, corn, barley, rice, oat and sorghum, among others) whole or in meals supply high quality carbohydrates to birds.

Tables 10 to 13 show the nutritional value of sorghum; in them the composition and nutritive value of forages and humid fibrous byproducts, according to FWDNA (2004), stand out.

Industrial usages

Sorghum is used not only in animal feeding, but also for industrial purposes; in this aspect it has the same usages as corn. It stands out in the production of starch, dextrose, dextrose molasses, edible oils, beverages, in the elaboration of beers, local beverages and dyeing substances, make-up, paper, pharmaceutical products, jams, mix in coffee and meat products, among others (Saucedo, 2008); in addition, the panicles are used for elaborating brooms or are burned to obtain potassium-rich ashes.

From the stems of this plant other products can be obtained, such as syrups and sugars. The ethanol production constitutes an alternative source for obtaining energy from this crop. The sorghum meal is poor in gluten, but it is whiter and more nutritive than that of millet; with it cakes and biscuits are elaborated, which serve as basis for human feeding, alone or associated to corn and millet. In India, China and some regions of Africa, sorghum constitutes a very important element. The grain is broken and cooked in the same way as rice, or ground to obtain meal and elaborate unleavened bread.

Conclusions

Grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is the fifth most important cereal in the world after wheat, rice, corn and oat. In Africa it is used for human feeding, but in America and Oceania it is used to make meals and concentrates for animal raising. This crop has wide geographical distribution due to its ecological plasticity. Its good agronomic performance grants it favorable traits: it does not demand fertile soils; it is allelopathic, for which it requires little cultivation and weeding work; it competes, among the widely used plants, as one of the most drought-resistant or with high water economy to produce one kilogram of edible biomass; it is resistant to pests and diseases, although it is sensitive to bird attacks during harvests and to insects during storage. The commonly used varieties in tropical developing countries do not show a high production potential (2 t/ha/harvest) due to resource shortage, but there are high yield varieties that can be used with the application of adequate technologies.

The diverse and vast virtues of this plant from the agronomic point of view, as well as in human and animal feeding, industry, gastronomy and medicine, grant it exceptional characteristics for the upcoming uncertain feeding future.