

POLINIZACION POR ABEJAS MELIFERAS (*APIS SPP.*) Y PRODUCCION DE SEMILLA HIBRIDA DE GIRASOL: EFECTO DEL TIPO DE PLANTACION SOBRE LOS MOVIMIENTOS DE LAS ABEJAS MELIFERAS Y SU AREA DE ACTUACION

R.N. YADAV, S.N. SINHA, N.C. SINGHAL

Indian Agricultural Research Institute, Regional Station, Karnal - 132 001, INDIA

Introducción

Después de la soja, el girasol es el segundo cultivo oleaginoso para semilla más importante del mundo. Es un cultivo importante en países de clima templado como Rusia, Bulgaria, Rumanía, Canadá y EE.UU. Debido a sus propiedades non-colesterol y anticolesterol, la demanda de aceite de girasol va aumentando en el mercado mundial de un día a otro. En la India, los cultivos de girasol se extendían en los años 1999-2000 por una superficie de 1,33 hectáreas métricas, con una producción de 0,8 toneladas métricas y una productividad de 601 kg/ha.

La semilla híbrida de girasol se produce aprovechando la esterilidad genética citoplasmática masculina (Cytoplasmic Male Sterility) (CGMS). La línea CMS (línea A) es polinizada por la línea de mantenimiento (línea B) para su mantenimiento y por la línea de rehacimiento (línea R) para la producción de semilla híbrida. En ambos casos el polen es transferido entre las líneas. El polen de girasol es pesado y pegajoso, de modo que no puede ser acarreado por el viento. Son las abejas melíferas el principal agente que transfiere el polen de la línea masculina a la femenina. En general, las semillas fantasma, o sea las semillas huecas, son básicamente producto de una polinización abortada.

En general, las líneas A y R se plantan en hileras separadas, a un ratio específico para la producción comercial de semilla híbrida. PARKER (1981) reportó sobre los movimientos indiscriminados de las abejas melíferas entre las flores de los capítulos masculinos y femeninos. Esta característica de la recolección del néctar por las abejas melíferas se puede aprovechar en la transferencia del polen de la línea R a la línea A en el posicionamiento de estas plantas en las plantaciones destinadas a la producción de semilla. SEETHARAM y SATYANARAYANA (1983) observaron que las semillas pegaron mejor en las hileras de la línea A, flanqueadas por ambos lados o por uno solo por la línea parental de polen (línea R). Lo que indica que las abejas melíferas transfieren mucho más eficazmente el polen a las plantas más próximas a la fuente de polen. Por lo tanto, se requiere cambiar la posición relativa de las plantas de las líneas A y R (el diseño de la plantación) para aumentar el número de plantas de la línea A, flanqueada al menos por un lado por plantas poliníferas parentales, pero sin variar la proporción de las líneas parentales.

A tal efecto, la hilera de la línea R se puede fragmentar en bloques pequeños, que se pueden intercalar uniformemente en las hileras de la línea A. La hilera de la línea R se puede fragmentar a continuación en bloques lo más pequeños posible (por ej., bloques que consten de una sola planta), que se pueden intercalar aleatoriamente en las hileras parentales semilleras. En otras palabras, las semillas de las líneas A y R se pueden mezclar en vista de la siembra. Así aumentará la proporción de plantas de semilla parentales, flanqueadas al menos por un lado por plantas poliníferas parentales. En girasol, es fácil identificar morfológicamente a las plantas de la línea R, al presentar las líneas de rehacimiento de la mayoría de los híbridos más ramas y más capítulos respecto a una sola rama y un solo capítulo de la línea parental semillera. De manera que, finalizada la polinización de las plantas de la línea R, se les puede remover totalmente de la plantación de plantas para semilla. Y así se descarta la posibilidad de mezcla mecánica entre semillas de la línea R y semillas híbridas.

Material y métodos

El experimento se efectuó con líneas parentales (semillas parentales: CMS 7-1A y polen parental: RHA 271) en un sector público con APSH 11, girasol híbrido, en la primavera de los años 1999-2000 y en 2000-2001, en la granja IARI, Estación regional, Karnal (India). Las líneas parentales se sembraron al ratio de 1R:3A, 1R:5A y 1R:8, espaciadas a más de 600 m. El cultivo para semilla se sembró en hileras de 5 metros de largo, el 15 y el 19 de enero de 2000 y 2001, respectivamente. Entre las hileras el espaciamiento era de 60 cm y entre las plantas de 30 cm. Por cada ratio de plantación se practicaron tres tipos de plantación, a saber:

Hileras separadas (D1): las plantas parentales semilleras y las poliníferas se plantaron en hileras separadas;

Plantación mixta (D2): las líneas parentales se plantaron mezcladas;

Bloques (D3): las plantas parentales poliníferas se plantaron en bloques uniformemente dispuestos en el lote para semilla.

Entre las 9 y las 11 horas, se estuvo observando durante 15 minutos, en cada tipo de plantación, los movimientos y el área de actuación de las abejas melíferas (*Apis mellifera*). Las recolectoras de polen y de

néctar se contaron por separado. Las abejas melíferas con polen en su corbícula se registraron como recolectoras de polen y las restantes como recolectoras de néctar. Los datos se interpretaron teniendo en cuenta el ratio de plantación, para determinar el efecto de los tres tipos de plantación. Los movimientos de las recolectoras de polen y de néctar se agruparon en cuatro categorías.

- M1: abejas melíferas que se desplazaron de capítulos masculinos a capítulos masculinos;
- M2: abejas melíferas que se desplazaron de capítulos masculinos a capítulos femeninos;
- M3: abejas melíferas que se desplazaron de capítulos femeninos a capítulos masculinos;
- M4: abejas melíferas que se desplazaron de capítulos femeninos a capítulos femeninos.

A una abeja melífera que se encontraba pecoreando sobre un capítulo de la línea masculina se le estuvo observando continuamente hasta el momento en que dejó el respectivo capítulo para posarse sobre otro de su área de actuación. Se midió la distancia cubierta por la abeja en este vuelo y se recontaron los capítulos sobrevolados. A la abeja que pasó a la siguiente planta se le consideró como posada en "la planta más cercana", y en "la planta más lejana" cuando sobrevoló uno o varios capítulos.

Cinco capítulos femeninos, situados a distancias variables (30, 60, 120 y 180 cm) de las plantas masculinas se rotularon en los distintos tipos de plantación, siendo el ratio de 1R : 8A. A efectos del cálculo del porcentaje de semillas formadas, estas plantas se cosecharon y se trillaron individualmente.

El porcentaje de semillas formadas = (número de semillas llenas/número de semillas llenas + huecas) x 100.

Resultados y discusiones

Movimiento de las abejas melíferas

Como movimiento de las abejas melíferas en la plantación de girasol para semilla híbrida se definió el vuelo de una abeja melífera de una flor a otra, independientemente de la distancia y la línea parental. En el caso de la producción de semilla híbrida, en el momento de la plantación de dos líneas parentales hay cuatro combinaciones de capítulos y de movimientos de las abejas melíferas. Las recolectoras de polen concentraron su actuación sobre los capítulos masculinos y mostraron menos interés por el néctar o los movimientos hacia la línea femenina. Se observó que las recolectoras de polen recogieron el polen de la parte superior del tubo de la antera y lo depositaron en la corbícula, inservible para la polinización. Razón por la cual se les consideró menos importantes para la polinización. En cambio, las recolectoras de néctar que introducían su cabeza y trompa entre los pétalos y tubos de las anteras presentaban el cuerpo completamente cubierto de granulillos (FREE, 1964). Es el motivo por el que sólo presentamos los resultados relativos a las recolectoras de néctar y el total de abejas y discutimos únicamente sus movimientos.

Tabla I

Efecto del tipo de plantación sobre el movimiento de la abeja melífera entre las líneas parentales híbridas de girasol APSH II

Tipos de plantación	Número de <i>Apis mellifera</i> en 2000							
	Recolectoras de néctar				Recolectoras de polen o néctar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Hileras separadas (D1)	31 (24)	22 (17)	19 (15)	57 (44)	46 (31)	26 (17)	20 (13)	58 (39)
Plantación mixta (D2)	38 (31)	25 (21)	11 (9)	47 (39)	47 (35)	27 (20)	13 (10)	47 (35)
Bloques (D3)	36 (30)	19 (16)	22 (18)	42 (35)	47 (34)	24 (17)	24 (17)	45 (32)
Media	35 (28)	22 (18)	17,3 (14)	48,7 (40)	46,7 (33)	25,7 (18)	19 (13)	50 (35)
	Número de <i>Apis mellifera</i> en 2001							
Hileras separadas (D1)	21 (38)	5 (9)	4 (7)	25 (45)	24 (41)	5 (9)	4 (7)	25 (43)
Plantación mixta (D2)	15 (26)	9 (16)	6 (10)	28 (48)	17 (28)	9 (15)	6 (10)	28 (47)
Bloques (D3))	18 (35)	7 (14)	3 (6)	23 (45)	22 (40)	7 (13)	3 (5)	23 (42)
Media	18 (33)	7 (13)	4,3 (8)	25,3 (46)	20 (35)	7 (12)	4,3 (8)	25,3 (45)
	Incidencia (%) de <i>Apis mellifera</i> (media de los años)							
D1	31,0	13,0	11,0	44,5	36,0	13,0	10,0	41,0
D2	28,5	18,5	9,5	43,5	31,5	17,5	10,0	41,0
D3	32,5	15,0	12,0	40,0	37,0	15,0	11,0	37,0
Media	30,7	15,5	10,8	42,7	34,8	15,2	10,3	39,7

Loque va entre paréntesis representa el porcentaje de los valores. M1 = movimiento de macho a macho; M2 = de macho a hembra; M3 = de hembra a macho y M4 = de hembra a hembra.

La incidencia del número total de abejas melíferas (tabla I) que se movían entre las líneas parentales (M1 + M4) fue de 68 y 80 % entre las líneas (M2 + M4) y de 31 y 20 % en el año 2000 y respectivamente 2001. La media de los tipos de plantación mostró que 33 y 35 % de las abejas melíferas se movieron dentro de la línea parental masculina (M1), y 35 y 45 % dentro de la línea parental femenina (M4) en el año 2000, respectivamente 2001. La incidencia de abejas melíferas que se movieron desde la línea masculina hacia la femenina (M2) fue de 18 y 12 %, mientras que el número de las que se movieron desde la línea femenina a la masculina (M3) representó 13 y 8 % en los dos años. Casi el 30 % de las recolectoras de néctar (media de los tipos y los años) se desplazaron dentro de la línea masculina. La incidencia de abejas (media de los años) con movimientos M1 fue respecto a 31 % en D1 (hileras separadas) y 32,5 % en D3 (bloques) la más baja en D2 (plantación mixta) - 28,5 %. La baja incidencia de los movimientos de las abejas dentro de la línea masculina en la plantación mixta puede deberse también a que dentro de este tipo las plantas de la línea masculina estaban dispersas. En el caso de la producción de semilla híbrida, el movimiento de las abejas desde la línea masculina hacia la femenina (M2) es la más importante desde el punto de vista de la polinización. La incidencia de recolectoras de néctar que se desplazaban de la línea masculina a la femenina (M2) fue la más elevada (21 y 16 %) en D2; le siguen D3 (16 y 14 %) y D1 (17 y 9 %) en 2000, respectivamente 2001. Los valores medios relativos a los tipos de plantación mostraron que sólo una pequeña parte (12,18 %) del número total de abejas melíferas se desplazó de las flores parentales masculinas a las femeninas. DEGRANDI HOFFMAN y MARTIN (1993) reportaron incidencias de 6,5 a 12,8 % de los movimientos de las abejas desde las líneas masculinas a las femeninas, mientras que MUÑOZ RODRIGUEZ (1979) reportó un valor de sólo 4,2 %. La proporción del número total de abejas melíferas (recolectoras de polen o de néctar) fue máximo (17,5 %) en D2 sobre 15 % en D3 y 13 % en D1 (media de los años). La incidencia más alta de abejas melíferas con este comportamiento (M2) se debió a que en una plantación mixta las plantas de la línea masculina estaban rodeadas de plantas de la línea femenina.

El movimiento de las abejas melíferas de los capítulos de la línea femenina a los de la línea femenina también es crítico para la polinización, ya que el polen transferido verticalmente de masculino a femenino puede ser diseminado también horizontalmente de línea femenina a femenina. DEGRANDI HOFFMAN y MARTIN (1995) observaron en sus estudios que la mayor parte del polen de girasol presente en el cuerpo de las abejas melíferas que pecoreaban sobre plantas masculinas estériles provenía de los capítulos masculinos estériles anteriormente visitados. En el presente estudio, en todos los tipos de plantación gran número de abejas se desplazaron dentro de la línea femenina. La incidencia de recolectoras de polen con este comportamiento (M4) en estos dos años fue mayor en D1 (44,5 %), seguido de cerca de D2 (43,5 %) y D3 (40 %). La elevada incidencia de D1 se debió a que todas las plantas femeninas se plantaron conjuntamente.

Area de actuación

Mientras más grande sea el número de plantas parentales semilleras, mejor será la cosecha de semilla por área, siempre que se mantenga la relación entre cosecha y planta. Por consiguiente, la relación en el momento de la plantación entre las líneas femeninas y las masculinas es importante. Y está determinada por la producción de polen de la línea R y su diseminación por los polinizadores. Area de actuación de las abejas melíferas significa cuán lejos dispersan éstas el polen para una polinización efectiva. En el presente estudio, el área de actuación se valoró en tres formas distintas.

1. *Rango de vuelo*: el rango del vuelo es la distancia entre dos capítulos visitados sucesivamente. Los datos (tabla II) indicaron que la mayor proporción de abejas (41 y 52 %) operaron a una distancia de 30 cm, 31-60 cm (20 %), 61-90 cm (13 y 18 %) y más de 90 cm (18-20 %) en los años 2000 y respectivamente 2001. RIBBANDS (1964) reportó que las abejas melíferas restringen su área de pecoreo a zonas pequeñas cuando las flores abundan y la recolección se efectúa a lo largo de las hileras de plantas. SEETHARAM y SATHYANARAYANA (1983) reportaron mayor número de semillas formadas en las hileras de la línea A, flanqueadas por uno o por ambos lados por hileras de la línea R. Lo que indica que las abejas melíferas trabajaron sobre las plantas más cercanas. En el año 2000, la incidencia más alta (72 %) de recolectoras de polen que actuaron en un espacio de 30 cm fue observada en D1, seguido de D3 (60 %) y D2 (22 %). En el año siguiente sólo fue observado un escaso número de recolectoras de polen. La alta incidencia de recolectoras de polen que actuaron en D1 en un área de 30 cm se debió a que todas las plantas masculinas se hallaban plantadas en la cercanía. En el año 2000, la incidencia de recolectoras de néctar y de polen a más de 90 cm fue máxima en el tipo de plantación D2 (25 y 33 %), seguido de D3 (13 y 20 %) y D1 (13 y 11 %). Una tendencia similar para los tres tipos de plantación se advirtió también en el año siguiente (2001). Lo que sugiere que las plantaciones mixtas a ratios aumentados son las convenientes, porque la distancia entre las plantas masculinas y las femeninas es mayor.

Tabla II

Efecto de los tipos de plantación (D) sobre la incidencia de abejas melíferas con distintos rangos de vuelo y sobre la producción de semilla híbrida de girasol APSH 11

Tipos de plantación	Número de abejas melíferas (2000)											
	Rango de vuelo (cm)											
	Recolectoras de polen (P)				Recolectoras de néctar (N)				Total (P + N)			
	<30	31-60	61-90	>90	<30	31-60	61-90	>90	<30	31-60	61-90	>90
Hileras separadas (D1)	13 (72)	3 (17)	0 (0)	2 (11)	6 (40)	4 (26)	3 (20)	2 (13)	19 (58)	7 (21)	3 (9)	4 (12)
Plantación mixta (D2)	2 (22)	1 (11)	3 (33)	3 (33)	10 (50)	3 (15)	2 (10)	5 (25)	12 (41)	4 (14)	5 (17)	8 (28)
Bloques (D3)	6 (60)	2 (20)	0 (0)	2 (20)	13 (54)	6 (25)	2 (8)	3 (13)	19 (56)	8 (24)	2 (6)	5 (15)
Media	7 (57)	2 (16)	1 (8)	2,3 (19)	9,7 (49)	4,3 (22)	2,3 (12)	3,3 (17)	16,7 (52)	6,3 (20)	3,3 (10)	5,7 (18)
	Número de abejas melíferas (2001)											
Hileras separadas (D1)	0 (0)	2 (50)	1 (25)	1 (25)	17 (52)	6 (18)	6 (18)	4 (12)	17 (45)	8 (22)	7 (19)	5 (14)
Plantación mixta (D2)	0 (0)	2 (40)	0 (0)	3 (60)	14 (40)	6 (17)	7 (20)	8 (23)	14 (35)	8 (20)	7 (18)	11 (27)
Bloques (D3)	5 (71)	0 (0)	1 (14)	1 (14)	11 (37)	7 (23)	6 (20)	6 (20)	16 (43)	7 (19)	7 (19)	7 (19)
Media	1,7 (32)	1,3 (25)	0,7 (13)	1,7 (32)	14 (43)	6,3 (19)	6,3 (19)	6,0 (18)	15,7 (41)	7,7 (20)	7 (18)	7,7 (20)

Los paréntesis representan valores porcentuales.

2. *Aterrizaje de las abejas melíferas sobre la flor más cercana/distante:* Para una polinización efectiva es muy importante dónde se va a posar la abeja melífera inmediatamente después de haber visitado una flor masculina. Si después de haber dejado una flor masculina la abeja no sobrevoló ninguna otra planta, se consideró que se posó sobre la planta más cercana. Cuando sobrevoló al menos una planta, se consideró que se posó sobre una planta distante. Casi el 83 % de las recolectoras de néctar y 64 % de las de polen (tabla III) pasan a la planta más cercana, probablemente para ahorrar energía. ROBINSON (1984) reportó que después de terminar su faena sobre una planta masculina las abejas prefieren trasladarse a una planta cercana antes que a una planta masculina estéril distante. Más o menos 55 % de las recolectoras de polen de D2 se posaron sobre la planta más cercana, en D1 62,5 % y en D3 75,5 % (media de los años). El número de abejas melíferas fue menor en D2 debido a que las plantas poliníferas se hallaban dispersas por el lote. La incidencia muy grande de recolectoras de néctar que se posaron en la planta más cercana en todos los tres tipos de plantación se debió al movimiento indiscriminado entre flores masculinas y femeninas.

Tabla III

Incidencia (%) de abejas melíferas que después de dejar una planta polinífera híbrida de girasol, APSH 11, se posan sobre la planta más cercana/distante en los distintos tipos de plantación

Tipos de plantación	Incidencia (%) de abejas melíferas (a lo largo de los años) que se posaron					
	sobre la flor más cercana			sobre la flor más distante		
	P	N	T	P	N	T
Hileras separadas (D1)	62,5	88,5	83,0	37,5	11,5	17,0
Plantación mixta (D2)	55,0	82,5	77,0	45,0	17,5	23,0
Bloques (D3)	75,5	77,5	76,5	24,5	22,5	23,5
Media	64,3	82,8	78,8	35,7	17,2	21,2

P = recolectoras de polen; N = recolectoras de néctar; T = total (P + N)

3. *Formación de semillas a distancias variables del polen parental:* En general, la disponibilidad del polen no es un problema en el caso del girasol, al producir una sola planta un número muy grande (125 - 250 millones) de granos de polen (DEODIKAR et al., 1977). Se produjo una declinación en la formación de semillas con el crecimiento de la distancia de la fuente de polen (fig. 1). La magnitud de la declinación en la formación de semillas se notó a medida que fue creciendo la distancia de la fuente de polen. Fue menor en D2 respecto a D3 y D1. Esto puede deberse a la mayor dispersión de las plantas poliníferas dentro de la plantación. ROBINSON (1984) y SKINNER (1988) comprobaron una declinación de la cosecha de semilla con el aumento de la distancia respecto a la fuente de polen.

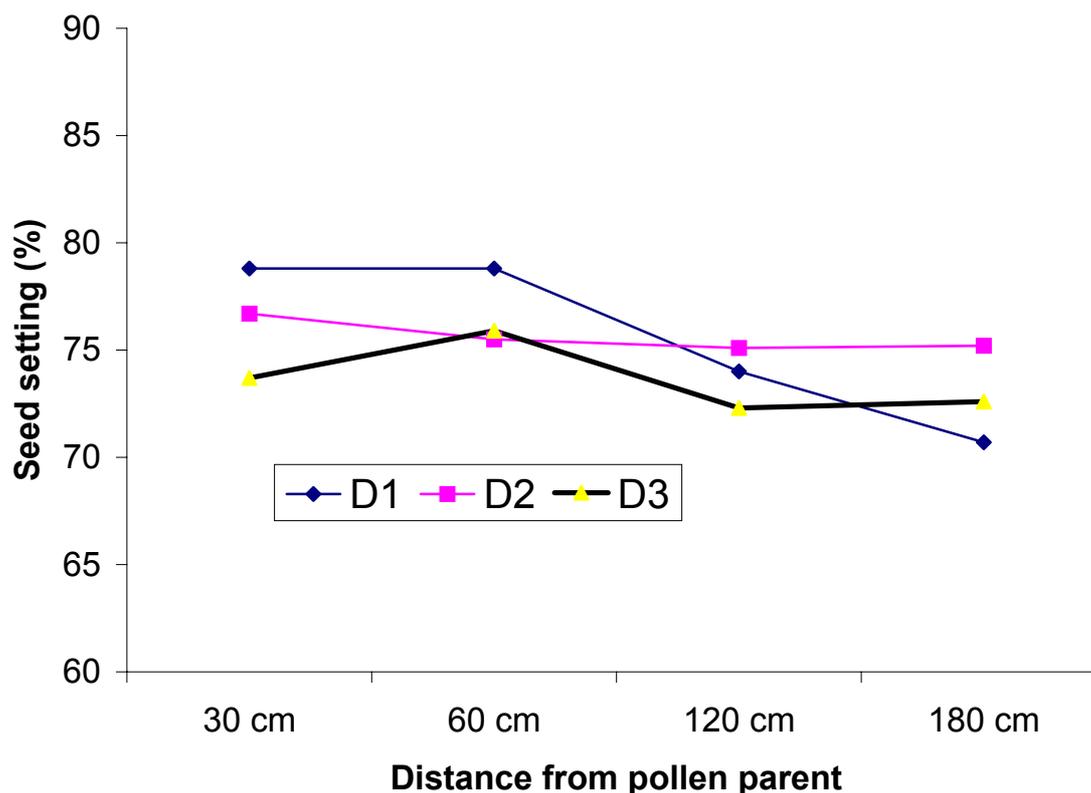


Fig. 1 - Formación de las semillas (%) en plantas parentales femeninas situadas a distancias variables de las plantas parentales poliníferas

Los resultados obtenidos en la formación de semillas y en el área de actuación de las abejas melíferas en los distintos tipos de plantación sugieren que las poblaciones parentales de plantas femeninas y masculinas poliníferas se pueden acomodar a ratios de plantación aumentados, adoptando el tipo mixto (D2), siendo menores las pérdidas ocasionadas por fallos en la formación. Por supuesto, este tipo de plantación requiere más trabajo y más atención por parte del productor de semilla. Una mayor cosecha de semilla por área se puede conseguir a través de un pequeño compromiso operacional, sembrando en mezcla las líneas parentales a un ratio de plantación mucho mayor.

BIBLIOGRAFIA

- DeGrandi Hoffman G., Martin J.H., The size and distribution of the honeybee (*Apis mellifera* L.) cross-pollinating population on male-sterile sunflowers (*Helianthus annuus* L.), *Journal of Apiculture Research* 32(3-4) (1993), 135-142
- DeGrandi Hoffman G., Martin J.H., Does a honeybee (*Apis mellifera*) colony's foraging population on male-fertile sunflowers (*Helianthus annuus*) affect the amount of pollen on nestmates foraging on male-steriles? *Journal of Apiculture Research* 34(3) (1995), 109-114
- Deodikar G.B., Seethalaxmi V.S., Suryanarayana M.C., Floral biology of sunflower with special reference to honeybees, *Journal of Palynology* 18 (1977), 115-125
- Free J.B., The behaviour of honeybees on sunflowers (*Helianthus annuus* L.), *Journal of Applied Ecology*, 1(1) (1964), 19-27
- Muñoz Rodríguez A.F., Sunflower pollination by honeybees, *Vida Apícola* 84 (1979), 14-17
- Parker F.D., Sunflower pollination: Abundance, Diversity and seasonality of bees and their effect on seed yields, *Journal of Apiculture Research* 20(1) (1981), 49-61
- Ribbands C.R., The behaviour and social life of honeybees, Dover Publications, NY, 1964, USA
- Robinson R.G., Distance from pollen source and yields of male sterile sunflower and sorghum, *Canadian Journal of Plant Science* 64(4) (1984), 857-861
- Seetharam A., Satyanarayana A.R., Method of hybrid seed production in sunflower (*Helianthus annuus* L.). I. Effect of parental ratios and method of pollination on hybrid seed yield and its attributes, *Seed Research* 11(1) (1983), 1-7
- Skinner J.A., Pollination of male sterile sunflower by bees in California, *Dissertation Abstracts International: B (Science and Engineering)* 48(8) (1988), 2198B, 120 pp