

## APROXIMACIÓN CUANTITATIVA A LA POLINIZACIÓN DEL PALTO

Gad Ish-Am Dan Eisikowitch

Universidad de Tel Aviv, Departamento de Botánica, Tel Aviv 69978, Israel

Palabras claves: abeja melífera, *Apis mellifera*, *Persea americana*, fertilización, asentamiento de la fruta,

### Abstract

Nuevas evidencias procedentes de Israel indican que el rendimiento en un cultivo saludable de paltos, eficientemente manejado, no sujeto a catástrofes relacionadas con el clima en la post floración, es principalmente una función de la actividad de la abeja melífera. Se encontró que los cultivares de palto de floración temprana se encuentran expuestos a una muy baja actividad de las abejas melíferas a lo largo de su período de floración, y el asentamiento de frutos ocurre sólo cuando la actividad de las abejas se incrementa a un nivel lo suficientemente alto. Los árboles a lo largo del perímetro graficado atrajeron una alta actividad de las abejas, resultando en una elevada tasa de polinización, y ellos cargaron más frutas que los árboles dentro de las parcelas. Este efecto fue más pronunciado cuando la actividad de las abejas fue menor. Se encontró que las tasas de polinización de cinco cultivares de paltos fueron positivamente correlacionados con la actividad de las abejas melíferas. Ellos presentaron un promedio de 60-80% estigmas polinizados con 6-10 granos de polen por estigma en los días con 20 abejas por árbol o más, y sólo 2-10% de polinización con 1-2 granos por estigma en días con menos de 5 abejas por árbol. Las tasas de polinización cruzada fueron 50-75% de las cifras anteriores en árboles adyacentes al cultivar donante del polen, y mucho menor cuando el donante del polen estaba a más de dos filas más allá.

### 1. Introducción

La evidencia acumulada a lo largo de la última década muestra que en los países con un clima mediterráneo las abejas melíferas son el principal polinizante del palto, y que la polinización puede ser un factor limitante en la productividad del palto (Bekey, 1989, Ish-Am & Eisikowitch, 1991, [1993](#); Robinson, 1989; Vithanage, 1986). Sin embargo, no se han hecho mediciones cuantitativas del asentamiento de los frutos del palto y de la dependencia del rendimiento de la densidad de abejas y la tasa de polinización. Este trabajo estuvo animado del deseo de lograr correlaciones cuantitativas, bajo condiciones de campo, entre las flores de palto y la densidad de abejas, tasa de polinización, asentamiento de la fruta y rendimiento. Estas correlaciones podrían producir una herramienta para determinar cuántas son necesarias para lograr los rendimientos potenciales de los huertos, suponiendo que no se presentan catástrofes relacionadas con el clima.

## 2. Materiales y métodos

Las observaciones se efectuaron durante las estaciones de floración de 1989-1992, en huertos de paltos del Occidente de Galilea en Israel, ambos en el Valle de Kuren (1-4 km de la costa del mediterráneo, 30 m. Sobre el nivel del mar) y en la región de colinas (a 10 km. de la costa, 300 m. Sobre el nivel del mar). Las flores de palto y la densidad de asentamiento de frutos fueron registradas en cinco inflorescencias de tamaño medio por árbol, en cinco árboles por cultivar en estudio. La densidad de abejas por árbol (BPT) (sigla en inglés) fue medida en cinco árboles por cultivar, mediante el conteo de abejas sobre todo el árbol por 1 minuto, mientras caminaba alrededor de él. La tasa de polinización fue medida usando muestras de 50 estigmas, los cuales fueron colectados cada hora de los cinco árboles por cultivar en estudio. Los estilos cosechados fueron puestos en platinas de microscopio cubiertos con gel CMC conteniendo azul de metileno y fueron mantenidos a 5° C (Comunicación personal con Melamud H.). Los granos de polen sobre los estigmas fueron contados posteriormente usando un microscopio de luz. El rendimiento fue medido contando los frutos en 20 árboles por cultivar en el otoño.

Las observaciones fueron diseñadas para rastrear el curso estacional de las flores, abejas y densidad de asentamiento de frutos (tres observaciones por semana a lo largo de la estación de floración) y para descubrir gradientes en la densidad de abejas, tasa de polinización y rendimiento versus distancia desde el cultivar donante del polen y/o fila de graficado. Los cálculos estadísticos se ejecutaron de acuerdo a Sokal y Rohlf (1981).

## 3. Resultados

El monitoreo a lo largo de la estación de floración, las abejas melíferas y la densidad de asentamiento de frutos de los cultivares de palto de floración temprana “Ettinger” y “Hass” revelaron una clara discrepancia entre los cursos estacionales de floración y la actividad de las abejas melíferas (Fig.1). Estos cultivares recibieron poca actividad de abejas a lo largo de la mayoría de su período de floración, incluyendo su máximo de floración. El asentamiento de frutos comenzó a aparecer en las inflorescencias marcadas sólo 3 días después de que la densidad de abejas en las flores femeninas alcanzó al menos a tres abejas por árbol. Esto ocurrió sólo durante las últimas 1-2 semanas de floración de estos cultivares: un escaso asentamiento de frutos apareció en “Ettinger” durante la primera semana de floración, pero eran demasiado pocas como para ser contadas en las inflorescencias marcadas.

Todos los cultivares en estudio exhibieron una significativa correlación positiva entre porcentaje de polinización (PP) y densidad de abejas (BPT), la cual satisface mejor la curva exponencialmente ascendente:  $BPT = k1 * (1 - \text{Exp}(-2k * BPT)) + k3$ , donde B es el valor de la función para BPT = 0, y  $k1 + k3$  es la asíntota máxima para la función (Figs.2,3). Para cada cultivar, las curvas rendimiento polinización cuando un cultivar donante de polen estaba cercano fueron mayores que aquellos con un donante de polen más distante, aunque las diferencias fueron menores para las curvas de auto – mas polinización cruzada (flores de final del día) y mayores para las curvas que representan sólo la polinización cruzada. El valor de  $k3$  fue cercano al 0% para las curvas de polinización cruzada y de 3-12% para las curvas de auto polinización más polinización cruzada.

En promedio, cuando la densidad de abejas fue baja (5BPT o menos) los paltos lograron sólo entre 3-10% de flores de auto polinización con 2-3 granos de polen por estigma (PGPS) (sigla en inglés), y menos que el 4% de polinización cruzada con 1 PGPS (Figs. 4,5). Sin embargo, cuando la densidad de abejas excedía las 20 BPT, y un cultivar donante de polen estaba cercano, ellos alcanzaron 50-70% de auto polinización con hasta 7 PGPS y alrededor de un 50% de polinización cruzada con 4 PGPS, hasta sólo 20% de polinización cruzada con 1-2PGPS cuando el donante de polen estaba a más de dos filas (hileras) de distancia.

La gradiente de polinización, relativa a la distancia desde el límite de la parcela, fue estudiada en una parcela homogénea del cultivar "Reed" (19 árboles por 29 filas), limitados por los campos colindantes por los lados norte y sur, una parcela de cultivares de floración temprana hacia el este (el cual ya había completado su floración), y una parcela con variedad Nabal 30 m. hacia el oeste. La distribución de las abejas en la parcela (Fig. 6) mostró una preferencia significativa por los árboles perimetrales sobre los árboles al interior de la parcela, con un valor mínimo en el quinto árbol ( $p=0,013$  Anova sobre datos normalizados por el máximo). Las tasas de polinización revelaron la misma ventaja del perímetro (Fig. 7), con un mínimo en los árboles quinto a décimo ( $p=0,002$ , Anova sobre el porcentaje de transformación). Los rendimientos en esta parcela de "Reed" revelaron una ventaja similar del perímetro (Fig. 8). La cosecha de 1990 (7,4 toneladas por hectárea) fue aportada casi exclusivamente por los árboles del perímetro, los cuales aportaron alrededor de 18 toneladas por hectárea, en tanto que los árboles del interior de la parcela estaban casi vacíos ( $p=0,0001$ , Anova dos vías). Estos resultados de cultivo provienen de una gran floración en el año previo, aparejado con una muy baja actividad de las abejas melíferas (Las colmenas no habían sido estacionadas en el huerto mismo), y las abejas que visitaron la densa floración fueron vistas casi exclusivamente en los árboles del perímetro de las parcelas. En 1990 la floración fue nuevamente muy abundante, pero este año las colmenas fueron estacionadas al interior del huerto, resultando en una elevada densidad de abejas y un decrecimiento en la ventaja del perímetro. La producción del año siguiente (1991) fue muy abundante, 41,4 toneladas por hectárea, siendo menos significativa la ventaja del perímetro (efecto de bordes)  $p=0,002$ ). La floración de 1991, que ocurrió simultáneamente con ese gran rendimiento, fue muy esparramado, pero fue intensivamente visitada por las abejas. El año siguiente, el rendimiento fue sorprendentemente elevado, 17,7 toneladas por hectárea, con un claro efecto de la ventaja del perímetro ( $p = 0,0002$ ).

#### 4. Discusión

El rol de la polinización como un factor limitante en la productividad del palto ha sido cuestionado, debido a que un palto florido trae unas 50.000 flores nuevas cada día, las cuales podrían producir un elevado rendimiento estacional si sólo el 1% de las flores de 1 día se asentaran (Davenport, 1986). Sin embargo, las primeras observaciones cualitativas en Israel encontraron que el asentamiento de frutos en campo no ocurre en días de baja actividad apícola, con un porcentaje de polinización de menos del 20% (Eisikiwitch & Melamud, 1982). La correlación altamente positiva encontrada aquí entre la densidad de abejas y la tasa de polinización y el rendimiento, a lo largo de la estación de floración (Fig 1) y a través de la parcela (Figs 6, 7, 8), enfatiza la dependencia de la polinización del palto, el asentamiento de frutos y el rendimiento en relación a la abeja melífera, y la importancia de una alta tasa de polinización por fruto asentado.

Shoval (1987) demostró que aún que, solo un grano de polen que penetre el ovario es necesario para la fertilización, la tasa de fertilización de las flores polinizadas (actualmente, la tasa de flores con un tubo polínico que alcance el ovario) es fuertemente afectada por el número de PGPS (granos de polen que penetren el estilo). En las flores “Hass” que han sido polinizadas a mano mediante polen “Ettinger”, el encontró que de 1- 4 PGPS resultan en una fertilización de sólo un 4%, e incluso 5-19 PGPS producen sólo una fertilización de 11%. Solo a niveles de 20 – 30 PGPS estuvo asegurada una sustancial tasa de fertilización. Nosotros encontramos una correlación positiva significativa entre porcentaje de polinización y PGPS, en la cual una alta densidad de abejas correspondiendo a promedios de 5- 7 granos de auto polinización y 4 a polinización cruzada por estigma (Fig. 5), con sólo un 24% de los estigmas portando 20 o más granos de polen (ISH-Am, 1994). Por lo tanto, nosotros suponemos que la necesidad de ambos una alta densidad de abejas y una alta tasa de polinización para la fertilización es una característica sustancial para el sistema reproductivo del palto.

Estas conclusiones pueden proporcionar un cierto discernimiento en cuanto a situaciones de bajos rendimientos por bajas tasas de polinización. Las flores del Palto son escasamente atractivas para las abejas melíferas, comparadas a las flores de los Cítricos., mostaza silvestre y algunos otros cultivos, así como las especies silvestres en Israel (Ish-Am& Eisikowitch, presentado para su publicación). Los cultivares de paltos de floración temprana en Israel están altamente expuestos a esta competencia entre las flores, resultando en una muy baja actividad de las abejas durante la mayoría de sus períodos de floración, la cual no suficiente para la fertilización y el asentamiento de los frutos (Fig. 1).

Uno podría concluir que si la competencia entre las abejas se incrementase más abejas se moverían hacia los paltos. Esto ocurre naturalmente con los cultivares de floración tardía de Israel, y puede ser logrado artificialmente mediante la adición de colmenas de abejas a los huertos durante el período de floración de los cultivares de floración temprana Vithanage, 1990). Las abejas mismas no se distribuyen igualmente a través de la parcela de paltos, y ellas usualmente prefieren los árboles del perímetro por sobre los árboles al interior de la parcela (Fig. 6). Como resultado, la tasa de polinización y el asentamiento de frutos puede ser muy baja dentro de la parcela, y muy alta en el perímetro (Figs. 7,8). En este caso, nuevamente, incrementar la densidad de abejas para procurar el forzar a las abejas para incrementar su actividad sobre los árboles al interior de la parcela.

En consecuencia, sugerimos usar nuestras correlaciones cuantitativas entre densidad de abejas, tasa de polinización, número de granos de polen por pistilo (PGPS) y asentamiento de frutos para el monitoreo de las abejas durante la floración del palto, y agregando colmenas según sea necesario. De acuerdo a este trabajo algún asentamiento de frutos se inicia cuando la densidad de abejas alcanza a 3 abejas por árbol (3 BPT), pero 10 a 20 BPT son necesarias para una eficiente propia fertilización, 25 BPT o más son requeridas para una eficiente fertilización cruzada de las primeras dos filas adyacentes al cultivar donador de polen, y más de 55 BPT son necesarias para lograr esta meta 4 filas más allá del donante del polen.

## Referencias

Bekey R., 1989. A las abejas o no ser. Calif. Grower. 13:30-32.

Davenport T.L., 1986. Floración del Palto. Hort. Rev. 8:257-289

Eisikowitch D., y Melamud. H., 1982, Experimentos preliminares para incrementar las tasas de polinización del palto (En hebreo). Alon Hanotea. 37:19-29.

[Ish-Am G., 1994. Inter relaciones entre la floración del palto y abejas melíferas y sus implicaciones sobre la fecundación en Israel. \(En hebreo, Abst. En Inglés\). Tesis para el Grado de Ph.D. Universidad de Tel Aviv. Tel Aviv. Pp.157.](#)

Ish-Am G., y Eisikowitch D., 1991. Rutas posibles de polinización del palto por abejas melíferas. Acta Hort. 288:225-233.

[Ish-Am G., y Eisikowitch D., 1993.El comportamiento de la abeja melífera \(\*Apis mellifera\*\) al visitar las flores del palto \(\*Persea americana\*\) y su contribución a su polinización. J. Apic. Res. 32:175-186.](#)

Ish-Am G., y Eisikowitch D., El asentamiento del fruto del palto está limitado por su escasa atracción de las flores a las abejas melíferas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. (Presentado para su Publicación).

Robinson W.S., Nowogrodzki R., Morse R.A., 1989. El valor de las abejas como polinizadoras de los cultivos de los U.S. Amer. Bee J. 129:411-423, 477-487.

[Shoval S., 1987. Tasa de polinización y crecimiento del tubo polínico del palto, en relación al rendimiento \(En hebreo, Abst. En Inglés\). Tesis para M.Sc. Universidad Hebrea. Jerusalem. pp. 161.](#)

Sokal R.R., y Rohlf F.J., 1981. Biometría. Los principios y prácticas estadísticas en la Investigación Biológica. Universidad del Estado de Nueva York, Stony Brook N.Y. pp 859.

Vithanage H.I.N.V., 1986. El rol de los insectos en la polinización del palto. En: Williams E.G., Knox R.B. e Irvine D. (eds.): Polinización 86, Actas de un Symposium. p:42-47.

Vithanage H.I.N.V., 1990. El rol de la abeja Europea (*Apis mellifera* L.) en la polinización del palto. J. Hort. Sci. 65:81-86.

Fig. 1: Flower, Honey-Bee and Fruitlet Density in 'Hass', 1992 Seasonal Course

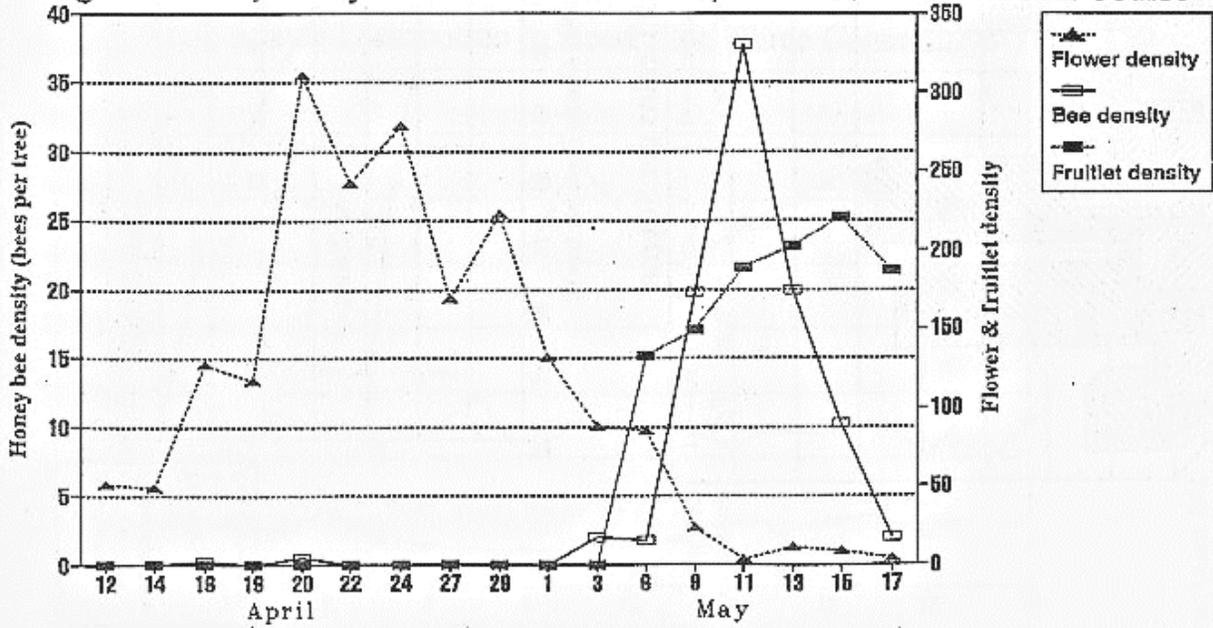
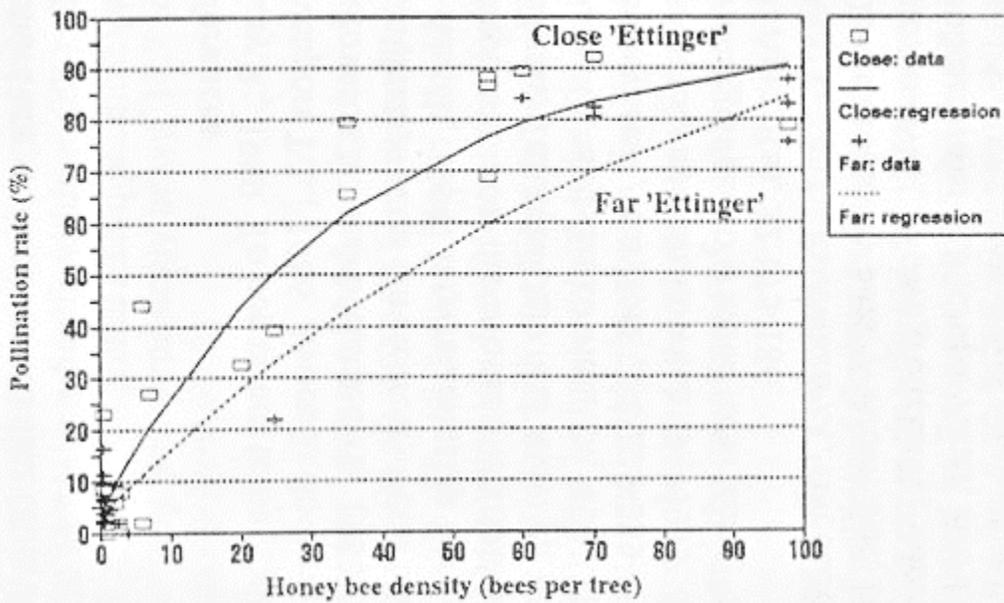
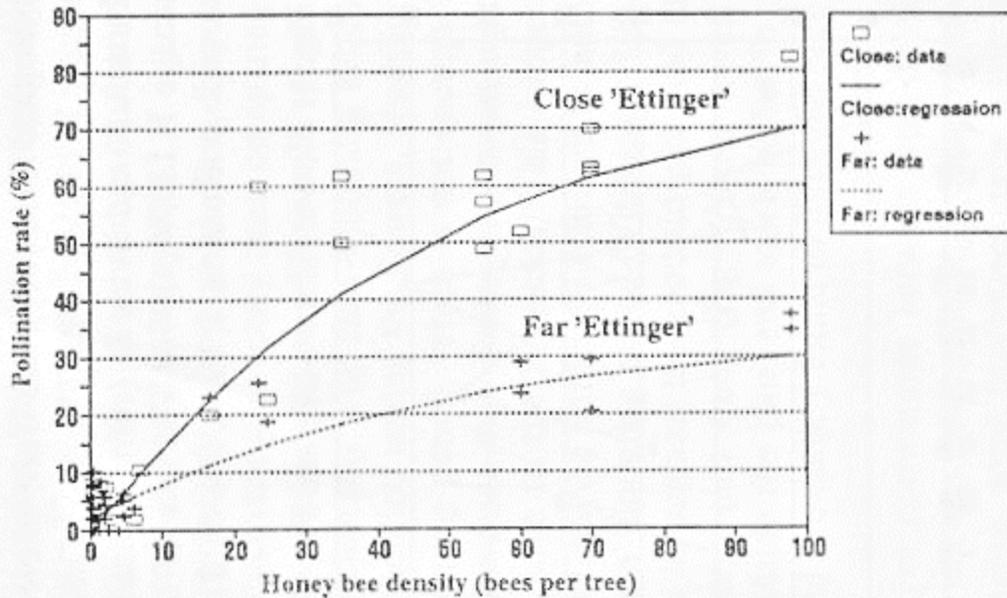


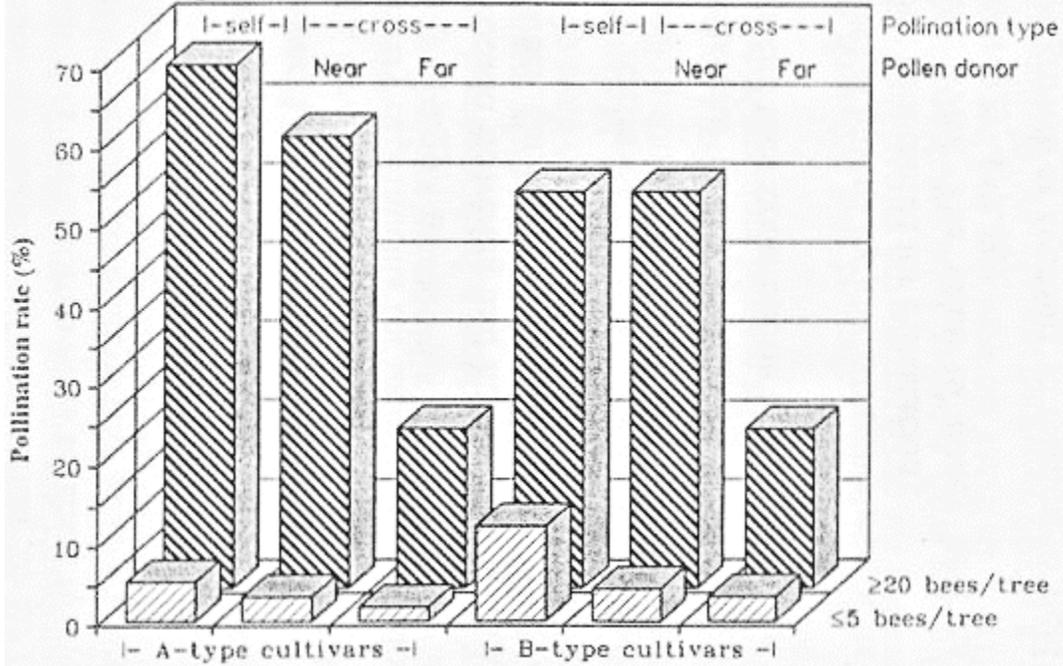
Fig. 2: Pollination Rate vs. Bee Density  
'Hass': self plus cross-pollination



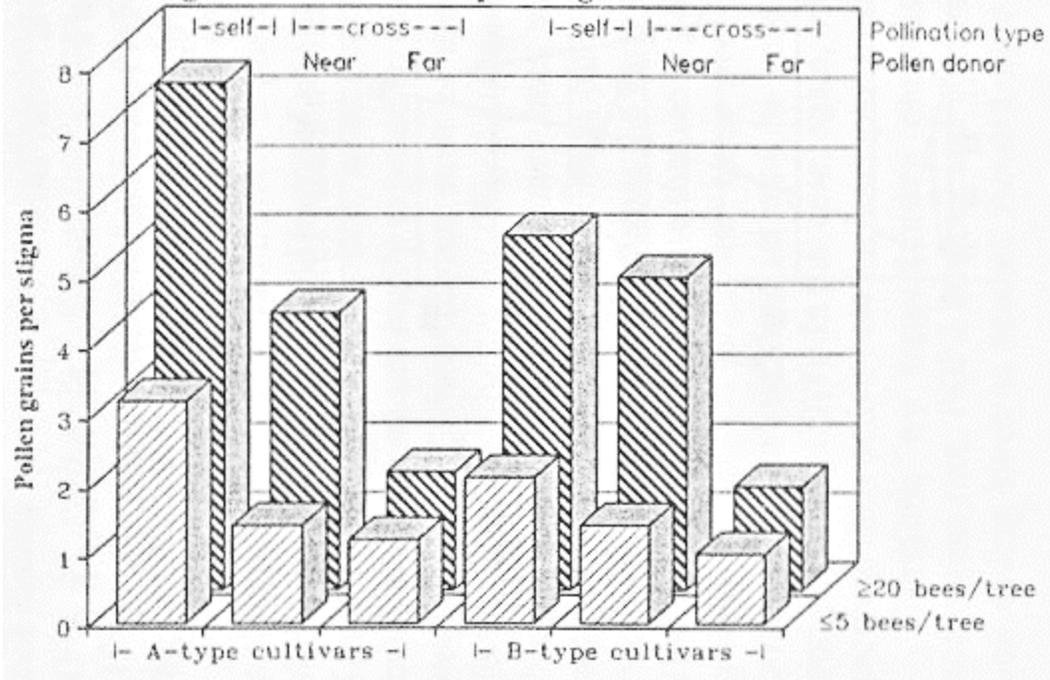
**Fig.3: Pollination Rate vs. Bee Density**  
 'Hass': cross-pollination



**Fig. 4: Pollination Rate, 4-Season Mean**



**Fig. 5: Pollen Grains per Stigma**



**Fig. 6: Honey-Bee Distribution in 'Reed' Plot, Two Days in 1990**

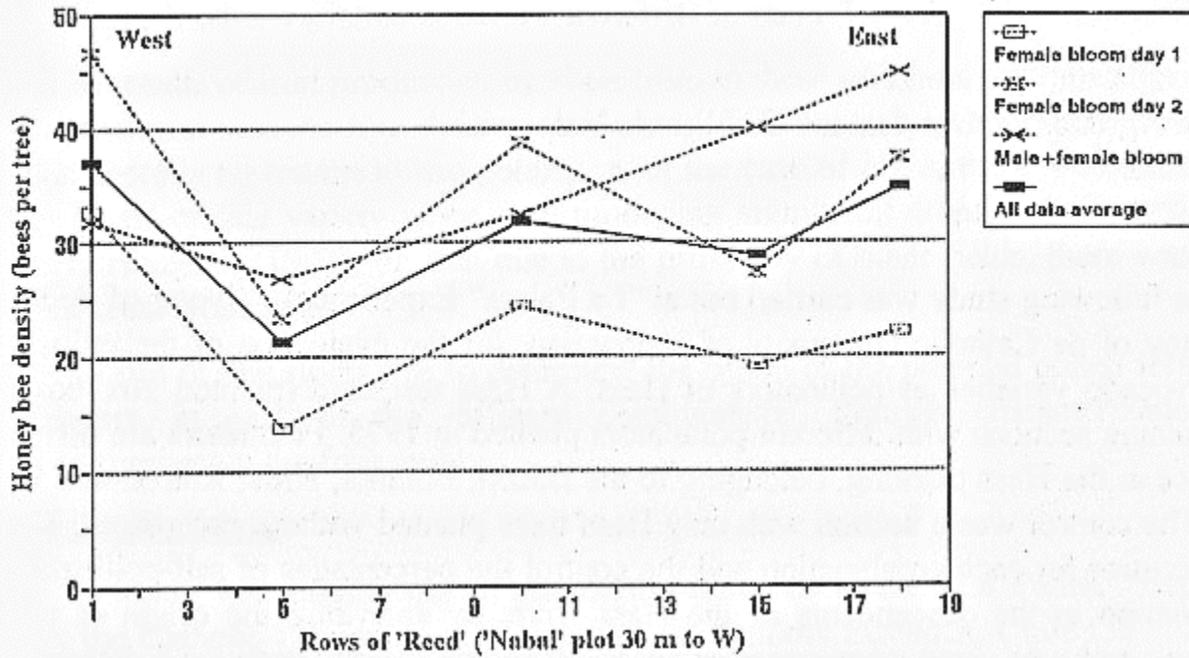


Fig. 7: Pollination Rate Gradient in 'Reed' Plot, Four Days in 1991

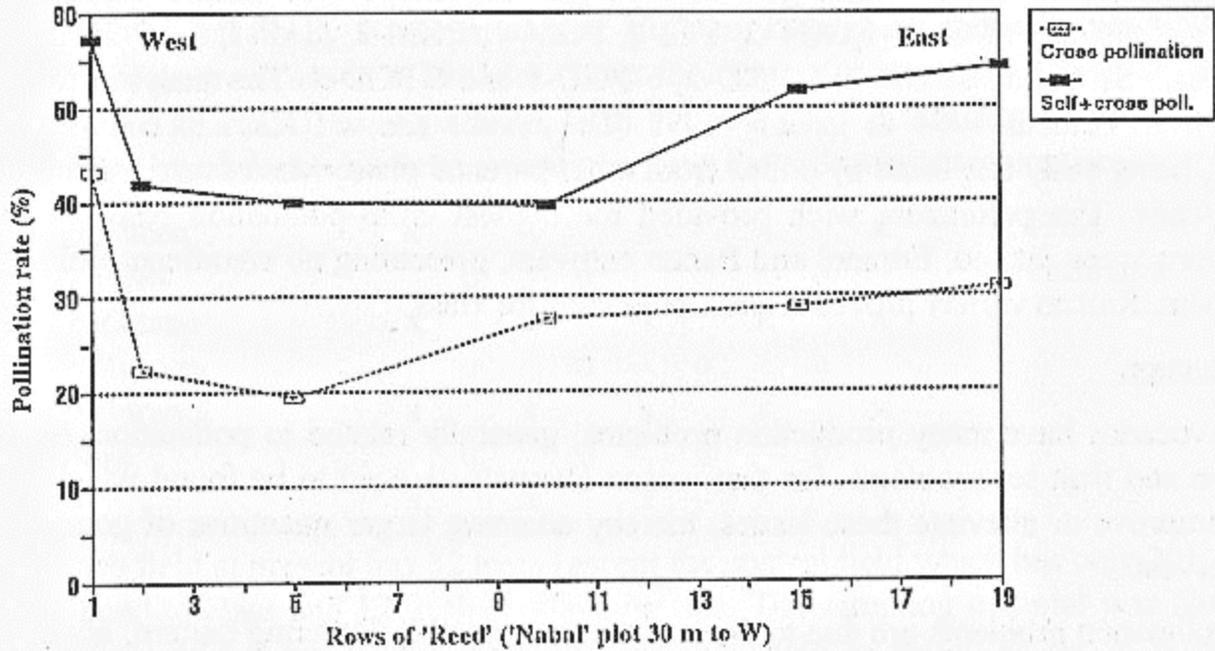


Fig. 8: Yield Spatial Distribution in 'Reed' Plot, Three Consecutive Years' Data

