

ОПЫЛЕНИЕ МЕДОНОСНЫМИ ПЧЕЛАМИ (*APIS SPP.*) И ПРОИЗВОДСТВО ГИБРИДНЫХ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА: ЭФФЕКТ СРЕДСТВА НАСАЖДЕНИЯ НА ДВИЖЕНИЯ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ И ИХ ПЛОЩАДИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Р.Н. ЯДАВ, С.Н. СИНХА, Н.К.СИНГАЛ, ИНДИЯ

*R.N. YADAV¹, S.N. SINHA¹, N.C. SINGHAL¹
Indian Agricultural Research Institute, Regional Station, Karnal- 132 001, INDIA*

Введение

После сои подсолнечник находится на втором месте в мире в категории семенниковых масличных культур. Данное растение является важной культурой в странах с умеренным климатом как Российская Федерация, Болгария, Румыния, Канада и США. Благодаря его свойствам против холестерина, спрос подсолнечникового масла на мировом рынке растет ежедневно. В Индии подсолнечник впервые культивирован на площади 1,33 га в 1999-2000 гг. Получено 0,8 т, а продуктивность составляло 601 кг/га.

Гибридные семена подсолнечника получены путем использования генетической мужской цитоплазматической стерильности (Cytoplasmic Genetic Male Sterility) (CGMS). Линия CMS (линия А) опыляется линией консервирования (линия В) для ее консервирования и линией восстановления (линия R) для производства гибридных семян. В двух случаях пыльца переносится между линиями. Пыльца подсолнечника тяжеловесная и липкая и поэтому не может быть перенесена ветром. Медоносная пчела является основным агентом переноса пыльцы от мужской линии к женской. Вообще, семена прозрачные (пустые, без ядра) появляются как результат несоответствующего опыления.

Вообще, линии А и R насажены отдельными рядами по специальной программе для коммерческого производства гибридных семян. ПАРКЕР (1981) написал доклад о недискриминационных движениях медоносных пчел между цветками мужских и женских соцветий. Этот вид сбора нектара медоносными пчелами можно использовать в случае переноса пыльцы от линии R к линии А путем позиционирования этих растений на семенниках. СЕТХАРАМ и САТИАНАРАЯНА (1983) отметили более сильную завязь семян на рядах линии А, окруженной с двух сторон или только с одной стороны линией R. Это показывает, что медоносные пчелы более эффективно переносят пыльцу с растений, расположенных недалеко от источника пыльцы. Поэтому необходимо менять относительную позицию растений линии А и R (схему насаждения) для увеличения числа растений линии А, ограниченной хотя бы с одной стороны растениями отцовских растений, но не меняя пропорцию отцовских линий.

Для этого ряды линии R можно разделять на небольшие блоки, которые можно единообразно размещать в рядах линии А. Ряды линии R можно продолжать разделять на самые маленькие блоки (до одного растения), которые можно случайно размещать на рядах отцовских семенников. Иными словами, семена линий А и R могут быть смешаны до насаждения. Это увеличивает пропорцию отцовских семенниковых растений, соседствующих хотя бы с одной стороны сотцовскими пыльценосными растениями. В случае подсолнечника растения линии R могут быть легко идентифицированы на морфологической основе, так как линии восстановления большинства гибридов имеет больше рамок и больше соцветий по сравнению с одной рамкой и одним соцветием семенниковой отцовской линии. Таким образом, после завершения опыления растения линии R могут быть полностью удалены с участка растений семенников. В результате исключаются возможности механического смешивания семян линии R с гибридными семенами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Эксперимент проведен с родительскими линиями (родительские семена : CMS 7-1A и родительская пыльца: RHA 271) в местном секторе с APSH 11, и гибридным подсолнечником весной 1999-2000 и 2000-2001 гг. на ферме IARI областной станции Карнал, Индия. Родительские линии насажены в отношении 1R:3A, 1R:5A и 1R:8, каждая на расстоянии более 600 м. Семенник насажен на рядах 5 м длины с 15 и 19 января 2000, соответственно, 2001 г. Между рядами было расстояние в 60 см, между растениями – 30 см. В случае каждого отношения насаждения применены три типа насаждения, а именно:

- Отдельные ряды (D1): родительские семенниковые растения и пыльценосные насажены на отдельных рядах;
- Смешанное насаждение (D2): родительские линии смешанно насажены;

- Блоки (D3): пыльценосные родительские растения насажены в блоках, однородно размещенных на семенниковом участке.

Начиная с 9 по 11 ч наблюдали в течение 15 мин в случае каждого вида насаждения за движениями и сферой деятельности медоносных пчел (*Apis mellifera*). Сборщицы пыльцы и нектара подсчитывали отдельно. Медоносные пчелы с корзиночками пыльцы зарегистрированы как сборщицы пыльцы, а остальные – как сборщицы нектара. Данные приведены в зависимости от отношения насаждения для установления эффекта трех типов насаждения. Движения сборщиц пыльцы и нектара сгруппированы на 4 категории:

- M1: пчелы, которые двигались от мужских соцветий к мужским;
- M2: пчелы, которые двигались от мужских соцветий к женским;
- M3: пчелы, которые двигались от женских соцветий к мужским;
- M4: пчелы, которые двигались от женских соцветий к женским.

За медоносной пчелой, собирающей с соцветия межской линии наблюдали непрерывно до момента, когда она покинула данное соцветие и попала на другое из сферы ее деятельности. Измерено расстояние, покрытое пчелой в течение такого полета и подсчитаны соцветия над которыми пчела летала. Пчелу, которая прилетела к следующему растению считали "пчелой, прилетевшей на самое близкое растение", и "пчелой, прилетевшей на самое далекое растение", когда она летела вдоль нескольких соцветий.

Пять женских соцветий, находящихся на различных расстояниях (30, 60, 120 и 180 см) от мужских растений, предусмотрены этикетками в рамках особых способов насаждения (отношение 1R: 8A). Для определения процента полученных семян данные растения были собраны отдельно.

Процент полученных семян = (численность полных семян/численность полных семян + пустых) X 100.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ДИСКУССИИ

Движения медоносных пчел

В качестве движения медоносной пчелы на насаждении подсолнечника для гибридных семян определен полет пчелы от одного растения к другому, независимо от расстояния и родительской линии. В случае производства гибридных семян, в момент насаждения двух родительских линий существуют четыре комбинации соцветий и движений медоносной пчелы. Было отмечено, что сборщицы пыльцы сконцентрированы на мужских соцветиях, показывая меньше интереса к нектару женской линии. Нами отмечено также, что сборщицы пыльцы собирали пыльцу с верхней части трубки пыльника. Эта пыльца складирована в корзинки и не играла никакой роль в процессе опыления. По этой причине этих пчел считали менее интересными для опыления. Что касается же сборщиц нектара, следует отметить, что они искали нектар головой и языком в лепестках и пыльниках, полностью покрываясь пыльцой (ФРИ, 1964). По этой причине представляем результаты деятельности сборщиц нектара и обсуждаем только их движения.

В 2000 и, соответственно, 2001 гг. частота численности пчел (таблица I) в рамках родительских линий M1 + M4 составляла 68 и 80%, а между M2 + M4 – 31 и 20%. В 2000 и, соответственно, 2001 гг. средняя образ насаждения показала, что 33 и 35% медоносных пчел летали в зоне мужской родительской линии M1. а 35 и 45% - в зоне женской M4. В этот же период наблюдений отмечено, что частота медоносных пчел от мужской к женской линий M2 составляла 18 и 12%, а пчел от женской к мужской линий M3 – 13 и 8%. Почти 30% сборщиц нектара (средняя наблюдений в 2000 и 2001 гг.) летали в зоне мужской линии. Частота пчел (средняя наблюдений) с полетами на M1 была, по сравнению с 31% у D1 (отдельные ряды) и 32,5% у D3 (блоки) самой низкой у D2 (смешанное насаждение), а именно, 28,5%. Это, по всей вероятности, можно объяснить тем, что в этом случае, растения мужской линии были разбросаны. С точки зрения процесса опыления в случае производства гибридных семян лет пчел от мужской к женской линии M2 играет наиважнейшую роль. Частота сборщиц нектара от мужской к женской линии M2 была наивысшей (21 и 16%) у D2; затем следовали D3 (16 и 14%) и D1 (17 и 9%) в 2000 и, соответственно, 2001 гг. Средние значения типа насаждения показали, что лишь небольшая часть (12,18%) пчел летела с мужских родительских соцветий к женским. ДЕГРАНДИ ГОФФМАН и МАРТИН (1993) доложили о частоте от 6,5 до 12,8% полета пчел от мужским линиям к женским, а МУНЬОС РОДРИГЕЗ (1970) – только 4,2%. Пропорция общего числа пчел (сборщиц пыльцы или нектара) была максимальной (17,5%) у D2, а у D3 и D1 – 15% и, соответственно, 13%. Самая высокая частота пчел с таким поведением (M2) объясняется тем, что в случае смешанного насаждения растения мужской линии были окружены растениями женской линии.

Эффект образа насаждения на движения медоносной пчелы между гибридными родительскими линиями подсолнечника APSH

Planting designs	Number of <i>Apis mellifera</i> in 2000							
	Nectar collector				Pollen or nectar collector			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Separate rows (D1)	31	22	19	57	46	26	20	58
	(24)	(17)	(15)	(44)	(31)	(17)	(13)	(39)
Mixed planting (D2)	38	25	11	47	47	27	13	47
	(31)	(21)	(9)	(39)	(35)	(20)	(10)	(35)
Blocks (D3)	36	19	22	42	47	24	24	45
	(30)	(16)	(18)	(35)	(34)	(17)	(17)	(32)
Mean	35	22	17,3	48,7	46,7	25,7	19	50
	(28)	(18)	(14)	(40)	(33)	(18)	(13)	(35)
Number of <i>Apis mellifera</i> in 2001								
Separate rows (D1)	21	5	4	25	24	5	4	25
	(38)	(9)	(7)	(45)	(41)	(9)	(7)	(43)
Mixed planting (D2)	15	9	6	28	17	9	6	28
	(26)	(16)	(10)	(48)	(28)	(15)	(10)	(47)
Blocks (D3)	18	7	3	23	22	7	3	23
	(35)	(14)	(6)	(45)	(40)	(13)	(5)	(42)
Mean	18	7	4,3	25,3	20	7	4,3	25,3
	(33)	(13)	(8)	(46)	(35)	(12)	(8)	(45)
Frequency (%) of <i>Apis mellifera</i> (average over years)								
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
Mean	30.7	15.5	10.8	42.7	34.8	15.2	10.3	39.7

В скобках приведен процент значений: M1 = полет от мужской линии к мужской, M2 = от мужской к женской, M3 = от женской к мужской и M4 = от женской к женской.

Полет пчел с соцветий женской линии к соцветиям женской линии является критическим для процесса опыления, так как пыльца, переданная вертикально от мужской линии к женской может быть распределена и горизонтально от женской линии к женской. ДЕГРАНДИ ГОФФМАН и МАРТИН (1995) отметили, что наибольшая часть пыльцы подсолнечника на теле пчел, собирающих с стерильных мужских растений, происходила от предварительно посещенных мужских стерильных соцветий. В нашем исследовании, в случае всех типов насаждения, большое число пчел летало в зоне женской линии. Частота сборщиц пыльцы с таким поведением (M4) в течение двух лет наблюдений была наивысшей у D1 (44,5%), затем у D2 (43,5%) и у D3 (40%). Высокую частоту у D1 объясняем тем, что все женские растения насаждены в одном месте.

ПЛОЩАДЬ ПОЛЕТА

Когда число родительских семенниковых растений больше, урожай семян/площадь будет лучшим, если не изменять отношение между урожаем и растением. Это значит, что при насаждении, отношение между женскими и мужскими линиями играет очень важную роль. Оно определяется выделением пыльцы линией R и ее распределением агентами опылителями. Площадь полета медоносных пчел обозначает как далеко переносят они пыльцу для эффективного опыления. В нашей работе данная площадь выражена в трех случаях.

1. *Дальность полета*: это расстояние между двумя последовательно посещенными соцветиями. Данные (табл. II) показали, что в 2000 и, соответственно, 2001 г. наибольшее число пчел (41 и 52%) отмечено в случае площади в 30 см, затем 31-60 см (20%) и 61-90 см (13 и 18%) и более 90 см (18-20%). РИБАНДС (1964) показал, что медоносные пчелы сокращают дальность полета в случае наличия обилия цветков, причем сбор осуществляется вдоль рядов растений. СЕЕТХАРАМ и САТИАНАРАЯНА (1983) указали большую численность семян на рядах линии A, которая была с одной или двух сторон ограничена рядами линии R. Это показывает, что медоносные пчелы работали на самых близких растениях. В 2000 г. самая высокая частота (72%) сборщиц пыльцы, активных в радиусе 30 см отмечена у D1, затем у D3 (60%) и D2 (22%). В 2001 году отмечена лишь небольшая численность сборщиц пыльцы. Высокая частота сборщиц пыльцы, активных в D1 на площади 30 см определена тем, что все мужские растения были недалеко насаждены одно от другого. В 2000 г. частота сборщиц нектара и пыльцы на расстояниях более 90 см была максимальной в случае D2 (25 и 33%), затем у D3 (13 и 20%) и D1 (13 и 11%). Одинаковые результаты получены и в 2001 г.

Эффект типа (образа) насаждения (D) на частоту медоносных пчел в зависимости от дальности их полета и на урожай гибридных семян APSH 11

Planting designs	Number of <i>Apis mellifera</i> (2000)											
	Pollen gatherer (P)				Flight distance (cm) of Nectar collector (N)				Total (P+N)			
	<30	31-60	61-90	>90	<30	31-60	61-90	>90	<30	31-60	61-90	>90
Separate rows (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)
Mixed planting (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)
Blocks (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)
Mean	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)
	Number of <i>Apis mellifera</i> (2001)											
Separate rows (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)
Mixed planting (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)
Blocks (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)
Mean	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)

В скобках – значения в процентах

2. Посадка пчел на самое близкое/отдаленное растение. Для эффективного опыления важную роль играет место посадки пчелы после посещения мужского цветка. Если после вылета с мужского цветка пчела не летала над тем или иным растением, считали, что ее посадка осуществлена на самое близкое растение. При полете пчел над хотя бы одним растением считают, что ее посадка осуществлена на растение, растущее на далекое расстояние. Почти 83% сборщиц нектара и 64% сборщиц пыльцы (таблица III) останавливаются на самом близком растении, вероятно, для экономии энергии. РОБИНСОН (1984) показал, что после посещения мужского растения пчелы предпочитают отдыхать на близко расположенном растении, чем на отдаленном мужском стерильном. Около 55% сборщиц пыльцы от D2 остановились на самом близком растении, в случае D1 62,5%, а у D3 75,5%. Число медоносных пчел было меньшим у D2 так как пыльценосные растения были разбросаны на участке. Высокая частота сборщиц нектара в случае трех образов насаждения объясняется недискриминационными полетами пчел по рядам мужских и женских цветков.

Таблица III

Частота (%) медоносных пчел, которые, после вылета с одного пыльценосного гибрида подсолнечника APSH 11 останавливаются на самом близком/отдаленном растении в случае разных образов насаждения

Planting designs	Frequency (%) of honeybees (over years) landing on					
	Nearest flower head			Distant flower head		
	P	N	T	P	N	T
Separate rows (D1)	62.5	88.5	83.0	37.5	11.5	17.0
Mixed planting (D2)	55.0	82.5	77.0	45.0	17.5	23.0
Blocks (D3)	75.5	77.5	76.5	24.5	22.5	23.5
Mean	64.3	82.8	78.8	35.7	17.2	21.2

P – сборщицы пыльцы; N – сборщицы нектара; T – общее (P, N)

3. Образование семян на различных расстояниях от родительской пыльцы. Вообще, пыльца подсолнечника не вызывает проблем с точки зрения размещения, так как одно растение производит большое количество пыльцевых зерн (125-250 млн.) (ДЕЛДИКАР с сотр., 1977). Отмечено сокращение темпа формирования семян по мере отдаления от источника пыльцы (рис. 1). Это можно объяснять большим распространением пыльценосных растений на плантации. РОБИНСОН (1984) и СКИННЕР (1988) отметили сокращение урожая семян в зависимости от увеличения расстояния от источника пыльцы.

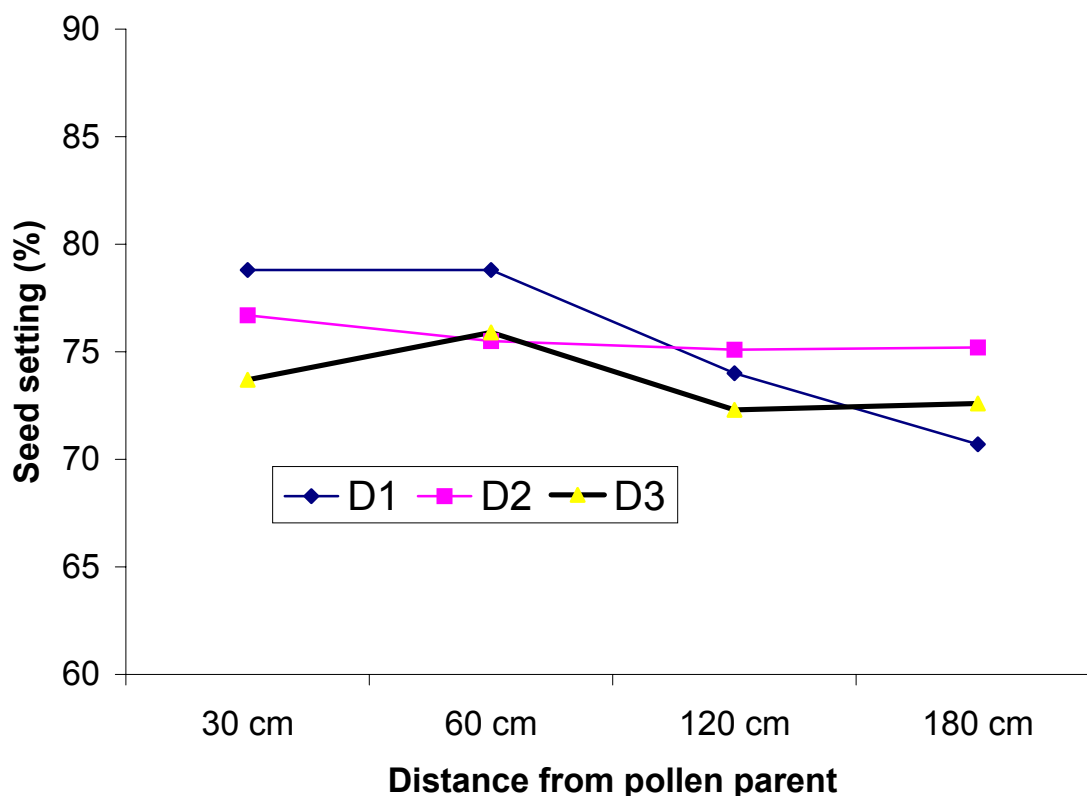


Рис. 1: Образование семян (%) у женских родительских растений, находящихся на различных расстояниях от родительских пыльценосных растений

Результаты процесса образования семян на площади полета пчел в случае различных образцов насаждения показали, что родительские популяции женских и мужских пыльценосных растений могут быть приспособлены в рамках увеличенных отношений насаждения. Затем следует смешанный способ (D2), потери от необразования являются меньшими. Этот тип насаждения требует больше работы и внимания ухода от производителя семян. Более высокий урожай семян/площадь можно получать с помощью небольшим операционным компромиссом, насаждая родительские линии в смешанном виде при более высоком отношении насаждения.

ЛИТЕРАТУРА

- 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 Rodriguez A.F., Sunflower pollination by honeybees, *Vida Apicola* 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