

НОВА ЦИТОПЛАЗМЕНА МЪЖКА СТЕРИЛНОСТ,  
ПОЛУЧЕНА ОТ ОБРАЗЕЦ НА ДИВИЯ ЕДНОГОДИШЕН ВИД  
*Helianthus praecox ssp. praecox* Engelm. and Gray

Людмила Николова, Михаил Христов  
Добруджански Земеделски Институт - гр. Генерал Тошево

**Резюме**

*Николова, Л., М. Христов, 2004. Нова цитоплазмена мъжка стерилност, получена от образец на дивия едногодишен вид Helianthus praecox ssp. praecox Engelm. and Gray.*

Получен е нов източник на цитоплазмена мъжка стерилност при слънчогледа от междувидов хибрид с произход от кръстоска *Helianthus praecox ssp. praecox* - образец GT-E-028 x *H. annuus* - линия HA-300. Първото стерилно растение е установено в F<sub>3</sub>. Растението е разклонено, с нормално развити стерилни съцветия на централното стъбло и разклоненията. Закрепването на стерилността е осъществено първо с линия HA-300 B. Новият източник е регистриран в листата на ЦМС-източниците като PPR-28 с F.A.O. код PRP2. Като закрепители на стерилността на този източник на ЦМС могат да се използват самоопрашените линии 2607 B, 1234 B, HA-300 B, HA-821 B, 4511 B, 364 B, 369 B, 373 B, 375 B, 377 B, 380 B, 381 B, 384 B, 385 B, 387 B, 389 B, 478 B, 527 B, 542 B, 555 B, 556 B, 557 B, 576 B, 587 B, 752 B и др., както и линия 67 R, която е възстановител на фертилността на ЦМС-Pet-1, а като възстановители на фертилността - линиите 2517 R и 2534 R.

**Ключови думи:** Междувидова хибридизация, *H. praecox ssp. praecox* Engelm. and Gray., Цитоплазмена мъжка стерилност, Закрепители, Възстановители

**Abstract**

*Nikolova, L., M. Christov, 2004. New cytoplasmic male sterility obtained from an accession of the wild annual species H. praecox ssp. praecox Engelm. and Gray.*

A new source of cytoplasmic male sterility was obtained in sunflower from an interspecific hybrid originating from the combination *Helianthus praecox ssp. praecox* - GT-E-028 x *H. annuus* - line HA-300. The first sterile plant was in F<sub>3</sub> generation. It was branched, with normally developed sterile inflorescences on top of the stem and branches. The maintenance was first accomplished by line HA-300 B. The new CMS source was registered in the list of CMS sources as PPR-28 with an F.A.O. code PRP2. Inbred lines 2607 B, 1234 B, HA-300 B, HA-821 B, 4511 B, 364 B, 369 B, 373 B, 375 B, 377 B, 380 B, 381 B, 384 B, 385 B, 387 B, 389 B, 478 B, 527 B, 542 B, 555 B, 556 B, 557 B, 576 B, 587 B, 752 B, etc., as well as line 67 R, which is a restorer line for CMS

-Pet-1, could be used as maintainers of CMS PPR-28 and lines 2517 R and 2534 R restore the fertility of the new CMS source.

**Key words:** Interspecific hybridization, *H. praecox* ssp. *praecox* Engelm. and Gray., Cytoplasmic male sterility, Maintainer lines, Restorers of fertility

## УВОД

Междувидовата хибридизация се използва вече век и става все по-атрактивна за селекционерите заради възможностите, които предоставя за пренасянето на гени от дивите видове от род *Helianthus* в генома на културния слънчоглед. Такива са например гените, обуславящи цитоплазмената мъжка стерилност. Цитоплазмената стерилност е много важно условие за хибридно производство при слънчогледа и е обект на проучване от много изследователи: Leclercq (1968, 1969); Анащенко (1974); Georgieva-Todorova (1975); Fick (1978); Serieys (1980); Христов (1990) и др. През 1969 г. Leclercq открива първия, най-подходящ, известен и широко разпространен източник на ЦМС при слънчогледа, получен от *H. petiolaris*. След това са открити още ЦМС-източници от *H. petiolaris*: Leclercq (1974); Whelan (1980); от *H. lenticularis* и *H. annuus* (Анащенко, 1974); от *H. maximiliani* (Whelan & Dorrell, 1980); *H. giganteus* (Whelan, 1981) и други диви видове от род *Helianthus* (Heiser, 1982; Serieys, 1996; Bohorova et al., 1992; Christov, 1990, 1992, 1996 и др.). Класическата ЦМС Pet-1 все още е стабилна. За нея са установени много източници на Rf-гени, внедрени в линии с висока комбинативна способност, поради което новите източници на ЦМС малко се използват от селекционерите (Skoric, 1992). Все още няма създадени търговски хибриди на основата на други ЦМС-източници. Използването на един източник на ЦМС носи потенциален риск за хибридно слънчогледопроизводство. Стерилната цитоплазма може да бъде предпоставка за повишаване чувствителността на слънчогледа към някои болести и други стресови фактори (Christov, 1996). Новите ЦМС източници представляват голям интерес и са потенциал, готов за внедряване в селекцията на слънчогледа. За преодоляването на този проблем работят много изследователи: Fick et al. (1974); Fernandez et al. (1974); Цветкова (1975); Vannozzi & Paolini (1984); Crouzillat et al. (1987); Skoric et al. (1988); Christov (1992); Serieys (1992); Hahn & Friedt (1992); Iuoras et al. (1992, 1994); Atlagic & Marinkovic (1995); Virupakshappa & Gowda (1996); Atlagic et al., (1996); Jan (1995, 1997) и др.

Целта на това изследване е получаване на нов източник на ЦМС от дивия едногодишен вид *H. praecox* ssp. *praecox* Engelm. and Gray. и установяване на възможности за използването му при слънчогледа.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

В проучването са включени следните материали:

- див едногодишен вид - *H. praecox* ssp. *praecox* Engelm. and Gray. - образец GT-E-028;

- културен слънчоглед - *H. annuus* L

-самоопрашени линии с нормална цитоплазма: 2607 В, 1234 В, НА-300 В, НА-821 В, както и 364 В, 369 В, 373 В, 375 В, 377 В, 380 В, 381 В, 384 В, 385 В, 387 В, 388 В, 389 В, 473 В, 478 В, 504 В, 527 В, 542 В, 555 В, 556 В, 557 В, 576 В, 587 В, 588 В, 591 В, 752 В, 4511 В и др..

-самоопрашени линии с гени за възстановяване на фертилността на ЦМС-Pet-1 (Rf линии): 67 R, 2517 R, 2534 R.

Първото мъжкостерилно растение е получено в F<sub>3</sub> от комбинация E-028 x HA-300 през 1996 г. Растението е разклонено, с разклонения, завършващи с нормално развити, стерилни съцветия. Част от съцветията са изолирани, а други са оставени за свободно опрашване. Изолираните съцветия са опрашени с полен от самоопрашени линии с нормална цитоплазма, закрепители на ЦМС - Pet-1 с цел закрепване и проучване типа на стерилността. Опрашването се извършва в продължение на няколко последователни години (до пълното ѝ закрепване, като по този начин се поддържа и източникът на ЦМС).

Извършени са също кръстоски с линии, носители на Rf-гени за ЦМС-Pet-1 за проучване на възстановителната способност на тези линии върху новия източник на мъжка стерилност и за откриване възстановители за този тип стерилност.

Методиката за получаване и поддържане на нови ЦМС-източници е аналогична на методиката за получаване на нови форми слънчоглед с произход от междувидова хибридизация (Christov, 1990).

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Първото мъжкостерилно растение е получено през 1996 г. в F<sub>3</sub> сред растения, произхождащи от кръстосване на дивия едногодишен вид *H. praecox* ssp. *praecox*, образец E-028, използван като майчин родител с културен слънчоглед, линия HA-300 В. Хибридно растение е високо, разклонено, с 15 на брой нормално развити стерилни съцветия с напетнено, силно овласено стъбло, с антоцианово оцветяване по листните дръжки, близалцата и тръбестите цветчета. Това са признаци, типични за дивия родител. Част от по-едриите разклонения са изолирани, а няколко са оставени за свободно опрашване. Едно от изолираните съцветия е опрашено с полен от линия HA-300 В, две - с полен от линия 67 R, съцветията от две разклонения са оставени за свободно опрашване. Семената от кръстоските са засети през 1997г.

Получени са следните резултати:

1) От съцветието, опрашено с полен от линия HA-300 В са получени 18 растения. Всичките са мъжкостерилни (таблица 1). Две от тях са разклонени, а 16 - неразклонени. Цъфтежът започва 47 дни след поникване и свършва след още 21 дни. Физиологична зрялост е отчетена 85 дни след поникване, а вегетационният период на растенията е около 103 дни. Всички централни съцветия са изолирани и опрашени с полен от следните самоопрашени линии: №36 В, № 7 В, № 2607 В, № 1234 В, HA-300 В и HA-821 В.

2) От кръстоската с линия № 67 R са получени 22 растения. Всички те са стерилни. Девет са разклонени, а 13 - неразклонени. Цъфтежът при тези растения също започва 47 дни след поникване и свършва след още 21 дни. Физиологична зрялост е отчетена 78 дни след поникване, а вегетационният период на растенията е също около 103 дни. Линия 67 R е възстановител на фертилността на ЦМС Pet-1, но резултатите показват, че тя закрепва на 100 % стерилността на новия източник на ЦМС (таблица 1). Всички съцветия са изолирани и опрашени с полен от следните самоопрашени линии: №36 В, № 7 В, № 2607 В, № 1234 В и HA-300 В.

3) От оставените за свободен цъфтеж и опрашване съцветия на стерилното F<sub>3</sub>-растение са получени общо 20 растения. Девет от растенията са фертилни, а 11 - мъжкостерилни. Едно е неразклонено, 19 - разклонени. По фенологични фази тези

**Нова цитоплазмена мъжка стерилност, получена от образец на дивия едногодишен вид *Helianthus praecox* ssp. *praecox* Engelm. and Gray**

растения не се отличават от гореописаните. Стерилните растения са опрашени с Polen от линии №7, № 36 и № 2607.

**Таблица 1.** Първи беккрос на стерилни съцветия и получени резултати

№	Комбинация	Брой растения	Брой стерилни растения	%
2184	(E-028 x HA-300B) x HA-300 B	18	18	100
2185	(E-028 x HA-300B) x № 67 R	22	22	100
2186	(E-028 x HA-300B) x св.цъфт.	20	11	55

От получените резултати е ясно, че линии HA-300 B и № 67 R закрепват на 100% новополучената стерилност.

От направените през 1997 г. кръстоски семена са получени с линии № 7 B, № 36 B, № 2607 B, № 1234 B, HA-300 B и HA-821 B, както и от съцветията, оставени за свободно опрашване.

През 1998 г. семената са засети поотделно по потомства. Резултатите са представени в таблица 2.

От процента на получените стерилни растения става ясно, че от второто беккросиране се получава пълно закрепване на новата стерилност с една самоопрашена линия с нормална цитоплазма - линия № 36 B. При девет потомства също е получено пълно закрепване на стерилността с линии № 7 B, 2607 B, 1234 B и HA-821 B. Растенията са все още в ранна генерация на самоопрашване и разпадане се наблюдава по всички признаци. При насищането с линия № 7 B пълно закрепване се наблюдава в две от трите потомства, а в третото процентът е 55; при насищане с линия 2607 B са закрепени на 100 % 3 от 6 потомства, а при другите три той варира от 58 до 90 %. Подобна е картината и с участието на линия HA-821, където едното потомство е закрепено на 100 %, а другото - на 81 %.

**Таблица 2.** Втори беккрос на стерилни съцветия и получени резултати

№	Комбинация	Брой растения	% стерилни растения
2360	(E-028 x HA-300B) x HA-300B x № 7 B	9	100
<b>2361/62</b>	<b>(E-028 x HA-300B) x HA-300B x № 36 B</b>	<b>19</b>	<b>100</b>
2363/64	(E-028 x HA-300B) x HA-300B x 2607 B	27	100
2365	(E-028 x HA-300B) x HA-300B x 1234 B	27	100
2366-68	(E-028 x HA-300B) x HA-300B x HA-300 B	27	50-94
2369/70	(E-028 x HA-300B) x HA-300B x HA-821 B	21	81-100
2386-88	(E-028 x HA-300B) x HA-300B x св.цъфт.	37	42-68
2371/72	(E-028 x HA-300B) x № 67 R x № 7 B	27	55-100
<b>2373/74</b>	<b>(E-028 x HA-300B) x № 67 R x № 36 B</b>	<b>25</b>	<b>100</b>
2375-77	(E-028 x HA-300B) x № 67 R x 2607 B	59	58-90
2378/79	(E-028 x HA-300B) x № 67 R x 1234 B	41	87-88
2380/81	(E-028 x HA-300B) x № 67 R x HA-300 B	28	56-88
2389-91	(E-028 x HA-300B) x № 67 R x св.цъфт.	29	23-50
2382	(E-028 x HA-300B) x св.цъфт. x 2607 B	24	100
2392-97	(E-028 x HA-300B) x св.цъфт. x св.цъфт.	34	29-55

При оставените за свободно опрашване съцветия резултатите са аналогични. Процентът на стерилни растения в потомствата варира от 23 до 68 %. Наличието

на цъфтящи растения както от линии-закрепители, така и от линии-възстановители на фертилността в близост обяснява силно снижени брой стерилни растения.

През 1998 г. е извършен трети бекрос на стерилни растения. Направени са общо 434 насищащи кръстоски, получени са семена от 274 от тях. Включени са използваните в предходните години линии 2607 В, 1234 В, НА-300 В, НА-821 В, както и редица нови линии с нормална цитоплазма като 364 В, 369 В, 373 В, 375 В, 377 В, 380 В, 381 В, 384 В, 385 В, 387 В, 388 В, 389 В, 473 В, 478 В, 504 В, 527 В, 542 В, 555 В, 556 В, 557 В, 576 В, 587 В, 588 В, 591 В, 752 В, 4511 В и др..

През 1999 г. потомствата от всяка кръстоска са засети поотделно. Отгледани са общо 141 потомства, а 107 от тях се състоят от 100 % стерилни растения. Пълно закрепване на стерилността е получено с участието на самоопрашени линии 2607 В, 1234 В, НА-300 В, НА-821 В, 4511 В, 364 В, 369 В, 373 В, 375 В, 377 В, 380 В, 381 В, 384 В, 385 В, 387 В, 389 В, 478 В, 527 В, 542 В, 555 В, 556 В, 557 В, 576 В, 587 В, 752 В и др. Тези резултати ни дават основание да кажем, че получената стерилност е от цитоплазмен тип. Стерилността се унаследява по майчина линия. Всички изброени по-горе самоопрашени линии са закрепители на стерилност Pet-1, следователно можем да направим извода, че достатъчно голям брой линии с нормална цитоплазма могат да се използват за закрепването на новополучената ЦМС с произход от дивия едногодишен вид *H. praecox* ssp. *praecox*, образец E-028.

Процесът на закрепване и поддържане на новия ЦМС-източник продължава и през следващите години. Продължава и процесът на последователно бекросиране с полен от една и съща линия-закрепител с добри стопански качества и висока комбинативна способност с цел да се създава стерилни аналози на линията в новия ЦМС-източник.

С цел новият източник на ЦМС да се направи използваем за нуждите на селекцията на слънчогледа и да се намерят източници на възстановяване фертилността на тази цитоплазмена стерилност, през 2001 г. са направени и няколко кръстоски с линии-възстановители на фертилността на ЦМС-Pet-1 - 2517 R и 2534 R. Семена са получени от всичките 60 направени кръстоски. Опрашени са растения от 25 различни бекрос-комбинации. Всички отгледани растения от тези кръстоски са 100 % фертилни. Има само една комбинация - (E-028 x НА-300В) x №67 R x №7 В x №752 В x 2607 В x 2607 В x 2534 R, при която от 22 растения 21 са фертилни, а едно е стерилно. Следователно, линии 2517 R и 2534 R могат да се използват като донори на Rf-гени за възстановяване фертилността на новополучената цитоплазмена мъжка стерилност.

През следващите години предстои да се създават стерилни аналози на подходящи линии с нормална цитоплазма на база на новия източник на ЦМС и, както и да се търсят подходящи комбинации с линии-възстановители на фертилността за създаване на високодобивни хибриди слънчоглед.

## ИЗВОДИ

В резултат на извършената работа и анализирани резултати могат да се формулират следните изводи:

1. Получен е нов източник на цитоплазмена мъжка стерилност с произход от дивия едногодишен вид *H. praecox* ssp. *praecox*, образец E-028. Новият източник е регистриран в списъка на ЦМС-източниците като PPR-28 с Ф.А.О. код

PRP2.(Helia, 1999).

2. Като линии-закрепители на новия източник на ЦМС могат да се използват линиите 2607 В, 1234 В, НА-300 В, НА-821 В, 4511 В, 364 В, 369 В, 373 В, 375 В, 377 В, 380 В, 381 В, 384 В, 385 В, 387 В, 389 В, 478 В, 527 В, 542 В, 555 В, 556 В, 557 В, 576 В, 587 В, 752 В и др., както и линия 67 R, която е възстановител на фертилността на ЦМС-Pet-1.

3. Като източници за възстановяване фертилността на стерилния източник PPR-28 могат да се използват линиите 2517 R и 2534 R.

## ЛИТЕРАТУРА

- Анащенко, А. В. , 1974.** Цитоплазматические формы мужской стерильности у подсолнечника.- Докл. ВАСХНИЛ, 4, стр. 11-12.
- Христов, М., 1990.** Проучване на диви видове от род *Helianthus* с оглед използването им в селекцията на слънчогледа.- Дисертация за присъждане на научната степен "Кандидат на селскостопанските науки", София, 1990.
- Цветкова, Ф., 1975.** Использование межвидовой гибридизации подсолнечника для создания восстановителей фертильности.- Проблемы отдаленной гибридизации растений, София, стр. 270-273.
- Atlagic, Jovanka and R. Marinkovic, 1995.** Stability of new sources of cytoplasmic male sterility in sunflower.- FAO Progress report 1994, Bucharest, Romania, p.11-12.
- Atlagic, Jovanka, D,Skoric and R. Marinkovic, 1996.** Cytogenetic study of different sources of CMS in sunflower.- Proceedings of the 14th International Sunflower Conference, Beijing, Shenyang, China, 12-20 June, Vol. I, p.156-161.
- Bohorova, N. E., M. Spirova and A. Atanassov, 1992.** New source of cytoplasmic male sterility (CMS) in sunflower from interspecific hybridization *Helianthus annuus* x *H.hirsutus* and in vitro methods.- Proceedings of the 13th International Sunflower Conference, Pisa, Italy, 7-11 Sept.,Vol. II, p.p. 1413-1419.
- Christov, M., 1990.** A new source of cytoplasmic male sterility in sunflower originating from *Helianthus argophyllus*.- Helia, Vol. 13, Nr. 13, p.p. 55-63.
- Christov, M., 1992.** New sources of male sterility and opportunities for their utilization in sunflower hybrid breeding.- Helia, Vol. 15, Nr. 16, p.p. 41-48.
- Christov, M., 1996.** Characterization of *Helianthus* species as sources of new features for sunflower breeding.- Proceedings of the International Compositae Conference, Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 24 VII-5 VIII, 1994, Vol.2, p.p. 547-570.
- Crouzillat, D., Leroy Perrault, A. and G. Lidoigt, 1987.** Molecular analysis of the mitochondrial genome of *Helianthus annuus* in relation to cytoplasmic male sterility and phylogeny.- Theoretical Applied Genetics (TAG), Vol. 74, p.p. 773-780.
- Fernandez, E. J., M. Davreux, P. Ludenia and A. Orlowski, 1974.** New argentine fertility restoration source for cytoplasmic male sterility.- Proceedings of the 6th International Sunflower Conference, Bucharest, Romania, p.p. 339-341.
- Fick, G. N., D. E. Zimmer, J. Dominguez - Gimenez and D. A. Rehder, 1974.** Fertility restoration and variability for plant and seed characteristics in wild sunflowers.- Proceedings of the 6th International Sunflower Conference, Bucharest, Romania, p.p. 333-337.
- Fick, Gerhardt N., 1978.** Breeding and Genetics.- Sunflower Science and Technology, Vol. 19, p.p. 279-338.
- Georgieva-Todorova, J., 1975.** A new male-sterile form of sunflower (*Helianthus annuus* L.).- C. R. Acad. Agric. G. Dimitrov, Vol. 8, Nr.1, p.p. 33-37.
- Hahn, V. and W. Friedt, 1992.** Molecular analysis of the mitochondrial DNA of cytoplasmic male sterile sunflower cytoplasm MAX 1.- Proceedings of the 13th International Sunflower Conference, Pisa, Italy, 7-11 Sept.,Vol. II, p.p. 1466-1471.
- Heiser, Ch. B., 1982.** Registration of Indiana - 1 CMS sunflower germplasm.- Crop Science,

Vol. 22, Nr. 5, p. 1089.

- Jan, C. C., 1995.** Evaluation of wild species for new sources of cytoplasmic male sterile cytoplasm (CMS) and restoration genes.- FAO Progress Report 1994, Bucharest, Romania, 1995, p.p. 88-89.
- Jan. C. C., 1997.** Evaluation of wild *Helianthus* species for new sources of cytoplasmic male sterile cytoplasm (CMS) and restoration genes.- FAO Progress Report, Giessen, Germany, 1997, p.p. 93-94.
- Iuoras, M., A. V. Vranceanu and A. Berville, 1992.** Cytoplasm-nucleus relationship in the CMS pollen fertility restoration in Fundulea-1 (ANT1) CMS of sunflower.- Proceedings of the 13th International Sunflower Conference, Pisa, Italy, 7-11 Sept., Vol. II, p.p. 1072-1077.
- Iuoras, M., A. V. Vranceanu, I. Sandu and D. S. Craiciu, 1994.** Pollen fertility restoration in sunflower CMS - ANT (Fundulea - 1).- Proceedings of the EUCARPIA Symposium on breeding of oil and protein crops, 22-24 Sept., Albena, Bulgaria, p.p. 152-157.
- Leclercq, P., 1968.** Cytoplasmic male sterility in sunflower.- Proceedings of the 3rd International Sunflower Conference, Minnesota, p.p. 40-43.
- Leclercq, P., 1969.** Une sterilité mâle cytoplasmique chez le tournesol.- Ann. Amélior. Plantes, Vol. 19, p.p. 99-106.
- Leclercq, P., 1980.** Recherche de nouveaux cytoplasmes stérilisants chez le tournesol.- Helia, Vol. 3, p.p. 25-26.
- Serieys, H., 1980.** Utilisation des espèces sauvages d'*Helianthus* pour l'amélioration du tournesol cultivé.- In: IX Conferencia Internacional del Girasol., Torremolinos (Malaga-Espana), Tomo I, 1980, p.p. 107-121.
- Serieys, H., 1992.** Cytoplasmic effects on some agronomical characters in sunflower.- Proceedings of the 13th International Sunflower Conference, Pisa, Italy, 7-11 Sept., Vol. II, p.p. 1245-1250.
- Serieys, H., 1996.** Identification, study and utilization in breeding programs of new CMS sources.- F.A.O. Report on past activities 1995-1996, p.p. 2-12.
- Serieys, H., 1999.** Progress report of working group: Identification, study and utilization in breeding programs of new CMS sources (1996-1999).- Helia, Vol. 22, p.p. 71-84.
- Skoric, D., M. Marinkovic and J. Atlagic, 1988.** Determination of restorer genes for sources of cytoplasmic male sterility in wild sunflower species.- Proceedings of the 12th International Sunflower Conference, Novi Sad, Yugoslavia, Vol. II, p.p. 282-286.
- Skoric, Dragan, 1992.** Results obtained and future directions of wild species use in sunflower breeding.- Proceedings of the 13th International Sunflower Conference, Pisa, Italy, 7-11 Sept., Vol. II, p.p. 1317-1345.
- Vannozzi, G. P. and R. Paolini, 1984.** Pollen fertility restoration as differently controlled among *Helianthus* species.- Helia, Vol. 7, p.p. 21-22.
- Virupakshappa, K. and J. Gowda, 1996.** Utilization of new CMS sources in sunflower breeding.- Proceedings of the 14th International Sunflower Conference, Beijing, Shenyang, China, 12-20 June, 1996, Vol. I, p.p. 126-133.
- Whelan, E. D. P., 1980.** A new source of cytoplasmic male sterility in sunflower.- Euphytica, Vol. 29, Nr. 1, p.p. 33-46.
- Whelan, E. D. P. and D. G. Dorrell, 1980.** Interspecific hybrids between *Helianthus maximiliani* Schrad. and *H. annuus* L. : effect of backcrossing on meiosis, anther morphology and seed characteristics.- Crop Science, Vol. 20, p.p. 29-34.
- Whelan, E. D. P., 1981.** Cytoplasmic male sterility in *Helianthus giganteus* L. x *H. annuus* L. interspecific hybrids.- Crop Science, Vol. 21, Nr. 6, p.p. 855-858.