

25/03/2025

prof.ssa Daniela Farine



Polinazaciòn de avellana europeo: complejidades y manejos

I principali fattori dell'impollinazione

1) *Corylus avellana* L. è una specie monoica e diclina, cioè sulla stessa pianta sono presenti **fiori maschili e femminili** che hanno **periodi di maturazione e di sviluppo differenti**.



I fiori maschili riuniti a decine in amenti penduli, emergono in giugno (dicembre) e maturano in dicembre - febbraio (**giugno - agosto**), quando si ha l'emissione del polline. Il polline, abbondante e leggero, viene trasportato dal vento.

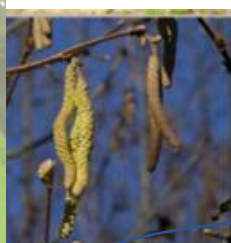
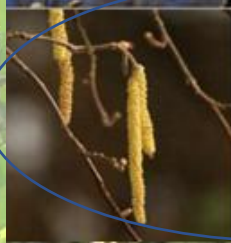


Fasi fenologiche (Fonte Ferrero)

Fiori femminile

	R07	Beginning of female flowering	The red tips of the stigmas are visible and start to be receptive
	R08	Inflorescence in full bloom	> 50% of the stigmas are fully extended. They become slightly sticky to the touch
	R09	End of the female flowering	> 50% of the stigmas are wilted and dark red (a sign that they have been pollinated)

Infiorescenze maschili

	R03	Catkins begin to elongate	Catkins start to mature and turn yellow, pollen begins to be released. Immature catkins are still observed
	R04	Catkins in full bloom	Most catkins have reached maturation, are fully elongated, anthers are completely open and pollen is released (anther dehiscence)
	R05	Catkins withering	>50% catkins are withered and browned, do not bear pollen anymore, but they remain hanging on the branches

L'epoca di fioritura femminile e l'epoca di fioritura maschile cambiano da areale a areale e da un anno all'altro

Fenologia in Italia Centrale (Perugia) 42°97'26.00"N, 12°40'32.4"E

Male and female flower bloom Phenological Phases (from 2023 December to 2024 March). **Male Classes** : R2= Catkins fully developed but still dormant; R3 = Catkins begin to elongate; **R4 = Catkins in full Bloom**; R5 = Catkins withering. **Female classes**: R07= Beginning of female flowering; **R08= Inflorescence in full bloom**; R09= End of the female Flowering

Cultivar	F /M	December 6 th	December 20 th	January 11 th	January 24 th	February 5 th	February 22 th	March 7 th	March 25 th
Camponica	♀	-	-	7	7-8	8	8-9	9	-
	♂	2	2	2-3	4	5	5	-	-
Daria	♀	-	-	-	-	7-8	8	9	-
	♂	2	2	2	3	3-4	5	-	-
Jefferson	♀	-	-	-	-	-	-	7	8
	♂	2	2	2	2	2	4	5	-
McDonald	♀	-	-	-	-	-	8	8-9	8-9
	♂	2	2	2	2-3	2-3	5	-	-
Nocchione	♀	-	-	-	7	7-8	8-9	9	-
	♂	2	3	3	4	5	5	-	-
Pauetet	♀	-	-	-	7	7-8	8	9	-
	♂	2	2	2	3-4	3-4	5	-	-
Sacajawea	♀	-	-	-	-	-	7-8	8-9	9
	♂	2	2	2	2	2	4-5	5	-
T. Etrusca	♀	-	-	-	7	7-8	8	9	-
	♂	2	2	2	2	2	4	-	-
T. Francescana	♀	-	-	-	7	7-8	8-9	9	-
	♂	2	2	2	3	3	5	-	-
T. Giffoni	♀	-	-	7	7-8	8	9	-	-
	♂	2	3	3	3-4	3-4	5	-	-
T. Pacifica	♀	-	-	-	7	7	8	8-9	9
	♂	2	2	3	3-4	3-4	4-5	5	-
TGL AD 17	♀	-	-	-	7	7-8	8-9	9	-
	♂	2	3	4	4	5	5	-	-
TGL MT4	♀	-	-	-	7	7-8	8	8-9	9
	♂	2-3	3	3-4	4	5	5	-	-
UNITO 101	♀	-	-	-	-	-	7	8	9
	♂	2	2	2	2-3	4	5	-	-
UNITO 119	♀	-	-	7	7-8	8	8	9	-
	♂	2-3	3	3	4	4-5	5	-	-
UNITO 3L	♀	-	-	-	-	-	8	9	-
	♂	2	2	2-3	3-4	4-5	5	-	-
Volumnia I	♀	-	-	7	7-8	8	8	9	-
	♂	2	2	2-3	3-4	4	5	-	-
Volumnia II	♀	-	-	-	7	7	8	9	-
	♂	2	2	3	3-4	4-5	5	-	-
Wepster	♀	-	-	-	-	-	8	8	8-9
	♂	2	2	2	2	2	4	5	-
Yamhill	♀	-	-	-	7	7-8	8	8-9	9
	♂	2	2	2	2-3	3	4	5	-



Progetto Ferrero di confronto varietale in 3 areali italiani (Nord - Torino; Centro: Perugia; Sud Salerno)
Yamhill:
Fioritura femminile 22 febbraio - 7 marzo

Fioritura maschile: 22 febbraio

CV		11/01/24	20/01/24	29/01/24	6/02/24	13/02/24	20/02/24	4/03/24	11/03/24	19/03/24
DARIA	♀				R07	R08	R08/09	R09		
	♂			R03	R03/04	R04/05				
JEFFERSON	♀							R07/08	R08	R08
	♂					R03	R04	R05		
MCDONALD	♀				R07	R08	R08	R08	R09	
	♂				R03	R04	R05			
NOCCHIONE	♀		R07	R07	R08	R08	R08/09	R09		
	♂				R03	R04	R05			
PAUETET	♀	R07/08	R07/08	R08	R08	R09				
	♂			R03/04	R04	R05				
SACAJAWEA	♀			R07	R08	R08	R09			
	♂					R03/04	R04	R05		
TGdL clone AD17	♀	R07	R07	R08	R08	R08	R09			
	♂	R04	R04/05							
TGdL clone MT4	♀	R07/08	R08	R08	R08	R08/09	R09			
	♂	R04	R04/05							
T. ETRUSCA	♀			R07	R07/8	R08	R08	R08/9	R09	
	♂					R03	R04	R05		
T.FRANCESANA	♀			R07	R08	R08/09	R09			
	♂				R02	R04	R05			
T. GIFFONI	♀	R07/08	R08	R08	R08/09	R09				
	♂			R03/04	R04	R05				
T. PACIFICA	♀			R07	R07/08	R08	R08/09	R09		
	♂			R03	R04	R05				
UNITO 101	♀					R07	R07/08	R08	R08/09	R09
	♂			R03	R03/04	R05				
UNITO 3L	♀					R07	R08	R09		
	♂			R03	R03/04	R05				
UNITO G1	♀				R07	R08	R08/09	R09		
	♂				R03	R04	R05			
VOLUMNIA I	♀	R07/08	R07/08	R08	R08	R08/09	R09			
	♂				R03	R04/05	R05			
VOLUMNIA II	♀				R07/08	R08	R09			
	♂	R03	R03	R04	R04/05	R05				
WEPSTER	♀				R07	R07/08	R08	R09		
	♂					R03/04	R04	R05		
YAMHILL	♀			R07	R07/08	R08	R08/09	R09		
	♂					R03/04	R04	R05		

Fenologia in Italia Nord (Grugliasco - Torino 45°02'27.8"N 7°36'28.0"E;

Male and female flower bloom Phenological Phases
(from 2023 December to 2024 March).

Male Classes : R2= Catkins fully developed but still dormant; R3 = Catkins begin to elongate; **R4 = Catkins in full Bloom**; R5 = Catkins withering.

Female classes: R07= Beginning of female flowering; **R08= Inflorescence in full bloom**; R09= End of the female Flowering

Yamhill:
Fioritura femminile 13 febbraio
Fioritura maschile: 20 febbraio



Cumulative Chilling Units (CU)

Fabbisogno in freddo (somma delle ore $<7.2^{\circ}\text{C}$) per amenti, gemme miste e gemme vegetative in alcune cultivar di nocciolo

Cultivar	Infiorescenze maschili	Infiorescenze femminili	Gemme vegetative
Tonda Gentile della Langhe (Trilobata)	< 100	760-860	760-860
Tonda Gentile Romana	100-170	760-860	760-860
Tonda di Giffoni	170-240	600-680	600-680
Camponica	170-240	290-365	680-760
Riccia di Talanico	260-290	600-680	860-990

Cumulative Chilling Units (CU)

CCU in Italia Centrale
(Perugia) 42°97'26.00"N,
12°40'32.4"E

Date	Weinberger	Utah	North Carolina
07/11/2023	3	0	15.5
14/11/2023	66.5	22	132
21/11/2023	96.5	52	220
28/11/2023	180.5	96	334
05/12/2023	240	154	416.5
12/12/2023	351.5	258	509.5
19/12/2023	436	303	610
26/12/2023	548.5	392	711.5
02/01/2024	660	430	852
09/01/2024	749	467	982
16/01/2024	838	537	1083
23/01/2024	904	602	1171
30/01/2024	986	699	1241.5
06/02/2024	1047.5	758	1319
13/02/2024	1121	779	1449.5
20/02/2024	1189	863	1522.5
27/02/2024	1253	926	1623
05/03/2024	1324.5	934	1754.5
12/03/2024	1430.5	979	1886

Cumulative CU in Italia Nord
(Grugliasco - Torino)
45°02'27.8"N 7°36'28.0"E

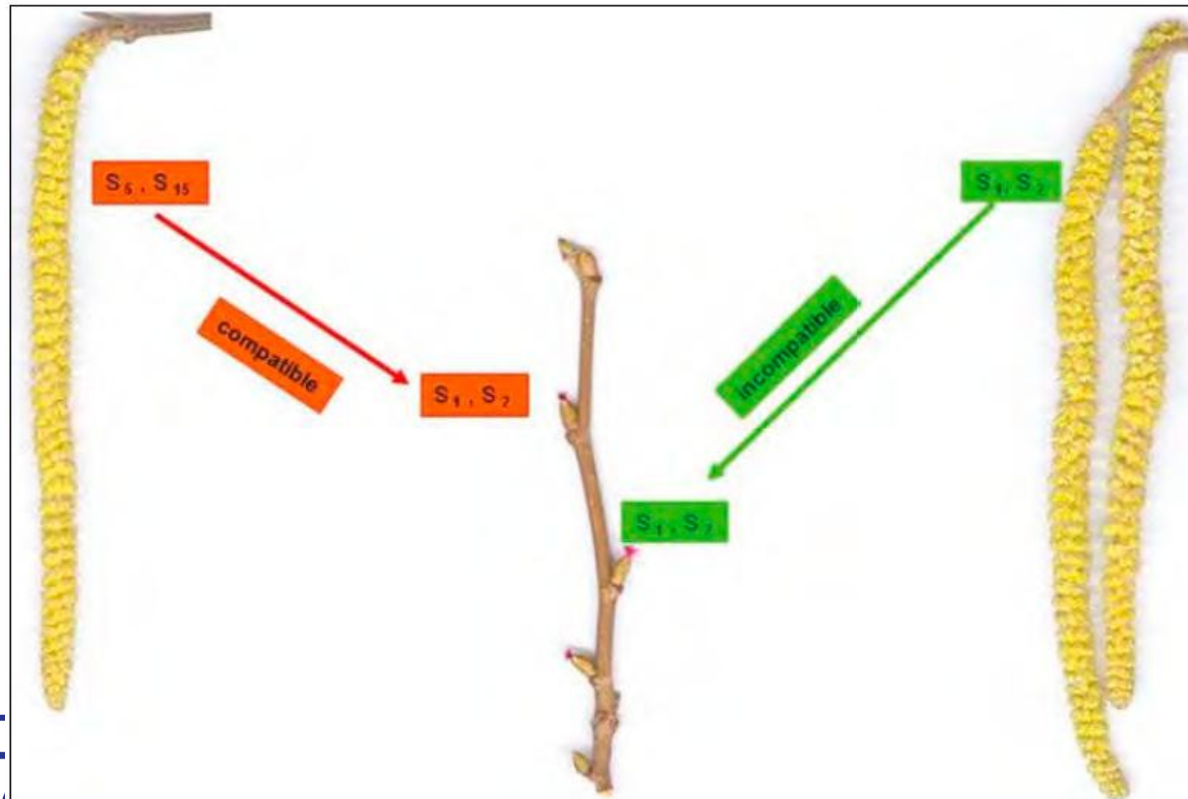
Date	Weinberger	Utah	North Carolina
23/10/2023	11	20	23
30/10/2023	17	32.5	44.5
06/11/2023	81	118	120.5
13/11/2023	188	187	222
20/11/2023	250	236	280
27/11/2023	310	282	338.5
04/12/2023	398	353	429
11/12/2023	498	409.5	520.5
18/12/2023	579	478.5	607
25/12/2023	640	491.5	629.5
01/01/2024	755	596.5	752
08/01/2024	866	705	866
15/01/2024	947	787	959
22/01/2024	1037	858.5	1050.5
29/01/2024	1090	894	1106.5
05/02/2024	1154	938.5	1167.5
12/02/2024	1259	1072.5	1280.5
19/02/2024	1340	1132	1357.5
26/02/2024	1445	1253.5	1475.5

2) il polline non germina sui pistilli della stessa pianta o della stessa cultivar a causa dell'**autosterilità** che caratterizza tutte le cultivar di nocciolo.



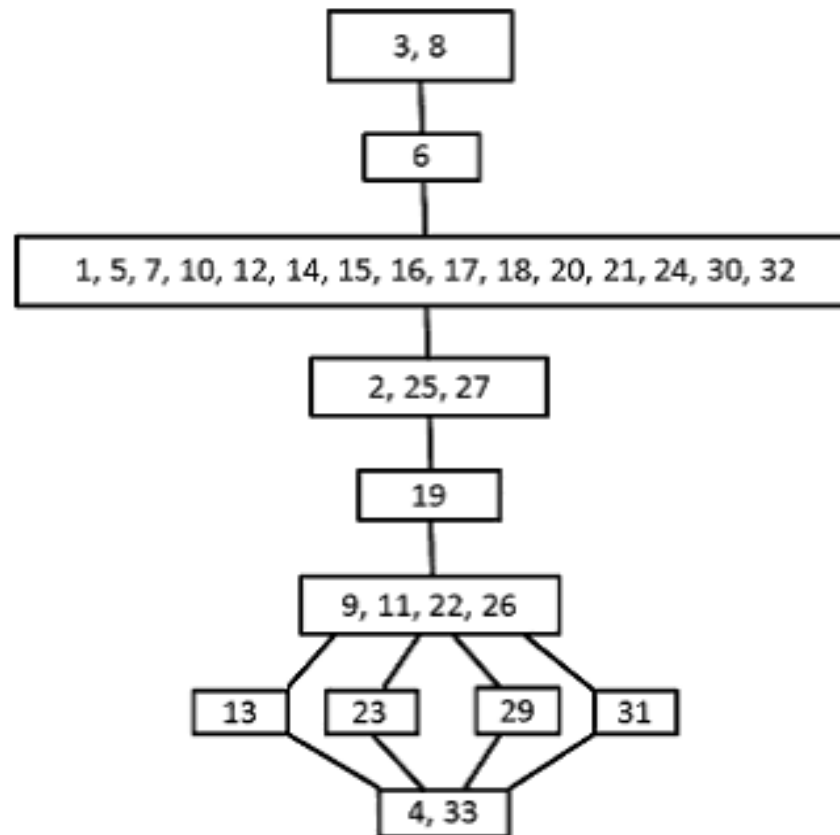
2 - Compatibilità tra le varietà

L'autoincompatibilità è di tipo fattoriale (genetico), per cui il polline utile alla fecondazione deve provenire da piante che non abbiano alleli comuni con quelli del pistillo della pianta da impollinare (Fig. 6) *poiché se gli alleli sono comuni quando il polline arriva sullo stigma le papille stigmatiche gli impediranno di germinare. L'incompatibilità sporofitica* cioè si manifesta al momento del contatto tra polline e stilo.



Fonte Sorrenti e Roversi (2017)
Terra e Vita

Gerarchia allelica



SCELTA DELL'IMPOLLINATORE: VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ GENETICA

In base a studi condotti in pieno campo (Farinelli et al., 2023), l'allele espresso nel polline della Tonda Franciscana dovrebbe essere S10 oppure S20

		Cultivar																	
		Tonda Franciscana	Fertile de Coutard / Barcelona	Butler	Daria	Camponica	Ennis	Fercoril-Corabel *	Jemtgaard 5	Merveille de B	Mortarella	Negret	Nocchione	Pauletet	San Giovanni	Segorbe	Tonda Gentile	Tonda Giffoni	Tonda Romana
Alleli polline impollinatore	Alleli cultivar	<u>S23</u> <u>S10</u>	<u>S1</u> <u>S2</u>	<u>S2</u> <u>S3</u>	<u>S2</u> <u>S3</u>	<u>S1</u> <u>S2</u>	<u>S1</u> <u>S11</u>	<u>S1</u> <u>S3</u>	<u>S2</u> <u>S3</u>	<u>S5</u> <u>S15</u>	<u>S2</u> <u>S17</u>	<u>S10</u> <u>S22</u>	<u>S1</u> <u>S2</u>	<u>S18</u> <u>S22</u>	<u>S2</u> <u>S8</u>	<u>S9</u> <u>S23</u>	<u>S2</u> <u>S7</u>	<u>S2</u> <u>S23</u>	<u>S10</u> <u>S20</u>
Tonda Franciscana	S10	NO										NO							NO
Barcelona	S1		NO			NO	NO	NO					NO						
Butler	S3			NO	NO			NO	NO										
Daria	S3			NO	NO			NO	NO										
Camponica	S1		NO			NO	NO	NO					NO						
Ennis	S1		NO			NO	NO	NO					NO						
Fercoril-Corabel *	S3			NO	NO			NO	NO										
Jemtgaard 5	S3			NO	NO			NO	NO										
Merveille de B	S5 S15									NO									
Mortarella	S17										NO								
Negret	S10	NO										NO							NO
Nocchione	S1		NO			NO	NO	NO					NO						
Pauletet	S18													NO					
San Giovanni	S8														NO				
Segorbe	S9															NO			
Tonda Gentile	S7																NO		
Tonda Giffoni	S2		NO	NO	NO	NO			NO		NO		NO		NO		NO	NO	
Tonda Romana	S10 S20																		NO

Gli alleli S sottolineati sono dominanti nel polline e sono riportati per ciascuna cultivar nella colonna verticale.

L'allele espresso nel polline determina la reazione incompatibile che impedisce l'impollinazione quando lo stesso allele è presente nello stigma della cultivar (Botta e Valentini, 2017). Schema aggiornato e rielaborato da Farinelli

**TAB. 2 - ALLELI PER L'INCOMPATIBILITÀ
DI ALCUNE CV ITALIANE DI NOCCIOLO**

Genotipo (cultivar)	Coppia allelica
Bosio	S ₁ S ₂
Camponica	S ₁ S ₂
Contorta	S ₅ S ₁₀
Daria	S ₂ S ₃
Fusco rubra	S ₆ S ₁₉
Tonda di Giffoni	S ₂ S ₂₃
Menoia	S ₈ S ₁₀
Montebello	S ₁ S ₂
Mortarella	S ₂ S ₁₇
Napoletana	S ₁ S ₂₃
Riccia di Talanico	S ₁ S ₂
Nocchione	S ₁ S ₁₂
San Benedetto	S ₄ S ₁₂
San Giovanni	S ₂ S ₈
Santa Maria del Gesù	S ₁ S ₂
Tonda di Biglini	S ₁ S ₁₀
Riccia di Talanico	S ₁ S ₂
Tonda Gentile Langhe	S ₂ S ₇
Tonda Romana	S ₁₀ S ₂₀
Tonda Rossa	S ₈ S ₂₃

Compatibilità tra le varietà

**TAB. 3 - COMPATIBILITÀ TRA LE DIFFERENTI CULTIVAR DI NOCCIOLO ADATTE AGLI
AMBIENTI MEDITERRANEI**

Varietà	Impollinatore
Tonda Gentile delle Langhe	Camponica, Cosford, Merveille de Bollwiller, Pauetet, Segobre, Tonda Gentile Romana
Tonda di Giffoni	San Giovanni, Mortarella, Tonda Gentile Romana, Tonda di Giffoni, Camponica, Riccia di Talanico, Tonda Bianca
Tonda Gentile Romana	Nocchione, Mortarella, Riccia di Talanico, Giffoni
Nocchione	Tonda Romana, Riccia di Talanico, Tonda di Giffoni
Camponica	Mortarella, Riccia di Talanico, Tonda Rossa, Tonda Bianca
Mortarella	Tonda di Giffoni, San Giovanni e Riccia di Talanico
Riccia di Talanico	Tonda romana, Mortarella, Tonda bianca e Tonda rossa

Fonte Sorrenti e Roversi, 2017
(Frutticoltura)

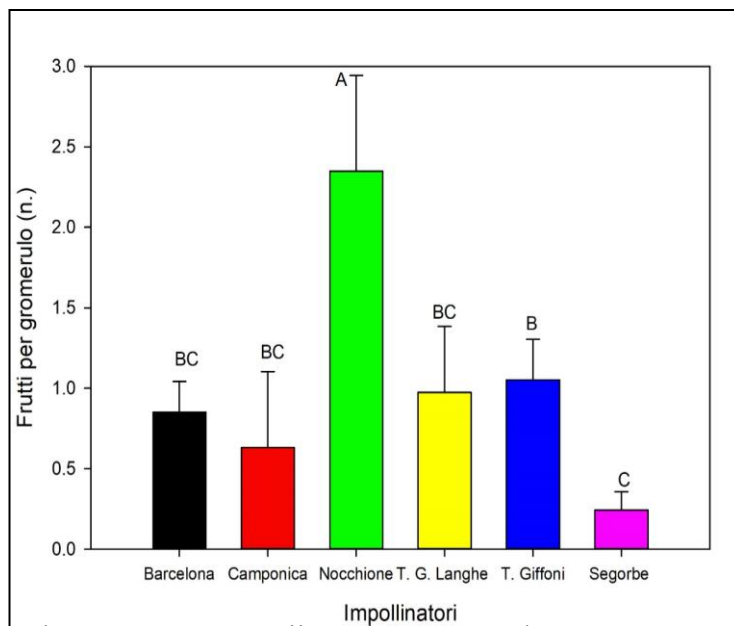
IMPOLLINATORI: QUANTI E QUALI?



L'impollinazione riveste particolare importanza per una buona produttività dell'impianto. A causa dei fenomeni di incompatibilità che emergono durante la fase di impollinazione, è necessario prevedere l'inserimento di specie impollinanti all'interno dell'impianto. Gli impollinatori di una stessa varietà vanno disposti su un'unica fila, ortogonalmente alla direzione dei venti dominanti (Figura 9) in percentuali che variano tra l'8 e il 10 % in areali in cui il nocciolo è tradizionalmente presente, fino al 20 % dove risulta totalmente assente.

Fonte Linee guida progetto Ferrero

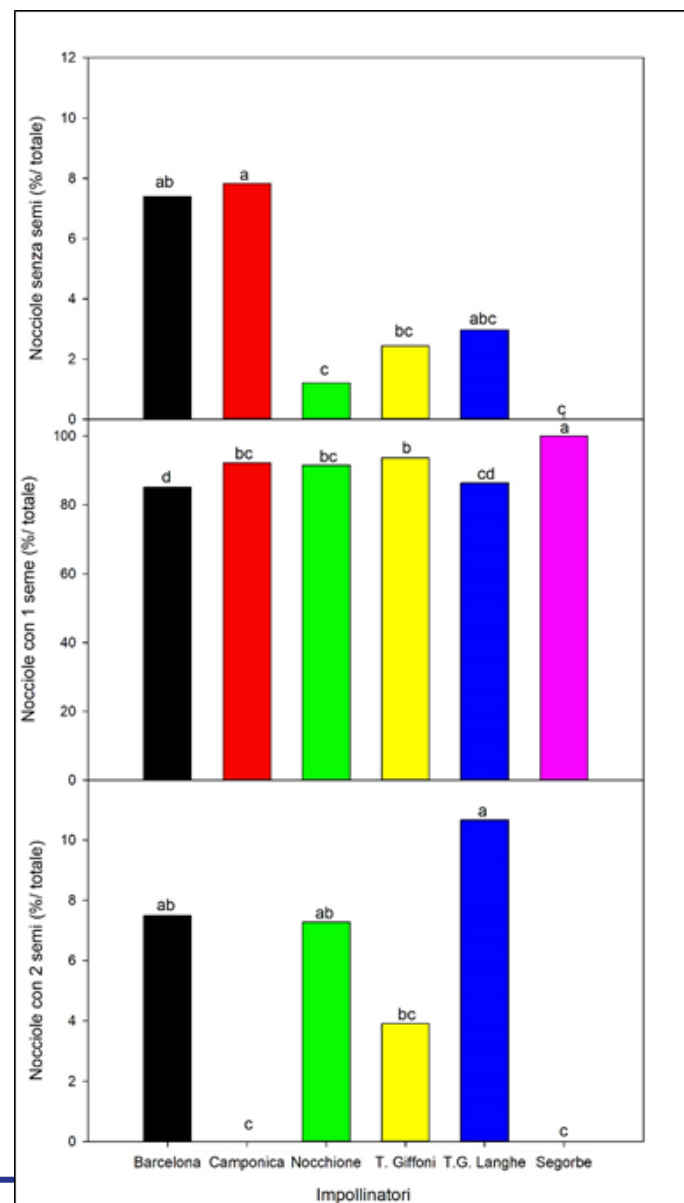
3 - INFLUENZA DELL'IMPOLLINATORE SULLA PRODUTTIVITÀ E QUALITÀ DELLE NOCCIOLE



Allegagione nei diversi incroci nella cultivar Tonda Franciscana (media $\pm$ e.s.) ((le medie accompagnate da lettere differenti sono significativamente diverse per $P < 0.05$)



Effetto dell'impollinatore sulla percentuale di semi vuoti, normali e doppi (le medie accompagnate da lettere differenti sono significativamente diverse per $P < 0.05$)

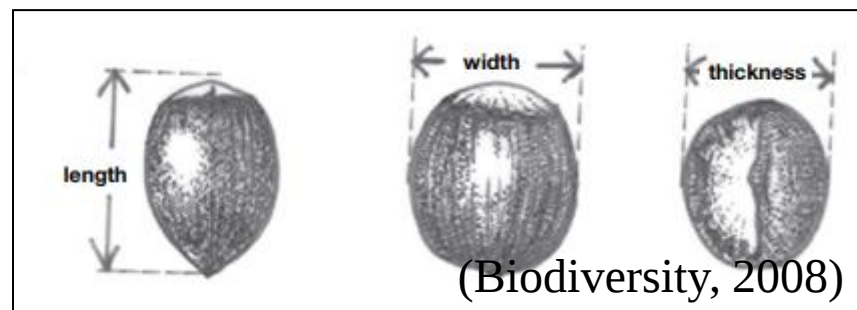


Xenia nelle nocciole "con 1 solo seme" di Tonda Francescana®

Caratteristiche delle nocciole di Tonda Francescana® con 1 solo seme

Impollinatori	Peso nucula (g)	Peso Guscio (g)	Peso seme (g)	Larghezza Nucula (mm)	Spessore Nucula (mm)	Altezza Nucula (mm)	Indice rotondità
Barcelona	2.60 a	1.61 b	1.23 a	20.10 ab	17.14 a	17.98 b	1.04 ab
Camponica	1.59 c	1.45 c	1.00 c	18.62 c	16.27 b	18.59 a	0.94 d
Nocchione	2.41 b	1.49 bc	1.19 ab	19.67 b	17.15 a	17.92 b	1.03 b
T. Giffoni	1.71 c	1.24 d	0.76 d	18.60 c	16.39 b	17.33 c	1.02 bc
T.G. Langhe	1.56 c	1.50 bc	1.06 bc	18.76 c	16.60 b	18.14 ab	0.98 c
Segorbe	2.40 b	1.76 a	1.19 ab	20.38 a	17.57 a	17.77 bc	1.07 a

In ogni colonna, le medie accompagnate da lettere diverse sono significativamente diverse per $P < 0.05$



Caratteristiche carpologiche delle nocciole “normali” di Tonda Francescana® nei diversi incroci

Numero semi Per frutto / impollinatori	Allungamento	Diametro aritmetico (mm)	Diametro geometrico (mm)	Sfericità	Proporzioni (%)	Area della superficie (cm ²)	Volume (cm ³)	Riempimento
Barcelona	1,05 cd	18,41 a	18,34 a	1,02 ab	112,3 ab	10,59 a	3,25 a	0,310 a
Camponica	1,15 a	17,82 bc	17,77 bc	0,96 d	100,6 d	9,95 bc	2,97 bc	0,052 c
Nocchione	1,05 cd	18,24 a	18,19 a	1,02 ab	110,3 b	10,43 a	3,19 a	0,296 a
T. Giffoni	1,06 c	17,44 c	17,39 c	1,01 b	108,0 c	9,54 c	2,79 c	0,170 b
T.G. Langhe	1,10 b	17,83 b	17,78 b	0,99 c	104,2 d	9,96 b	2,98 b	0,022 c
Segorbe	1,01 d	18,57 a	18,51 a	1,05 a	115,2 a	10,77 a	3,33 a	0,198 b

In ogni colonna, le medie accompagnate da lettere diverse sono significativamente diverse per $P < 0.05$



Per ogni cultivar, vanno determinati gli impollinatori che determinano la migliore allegagione ma anche la migliore «qualità dei frutti»

L'Allungamento del frutto (E) è stato calcolato come rapporto tra la lunghezza dell'asse maggiore e la lunghezza dell'asse minore.

Sulla base delle tre misure del frutto, le dimensioni sono state trasformate nei seguenti indici:

$$\text{Media diametrica (D}_a\text{) (mm)} = (L+W+T)/3$$

$$\text{Media geometrica (D}_g\text{) (mm)} = \sqrt[3]{LWT}$$

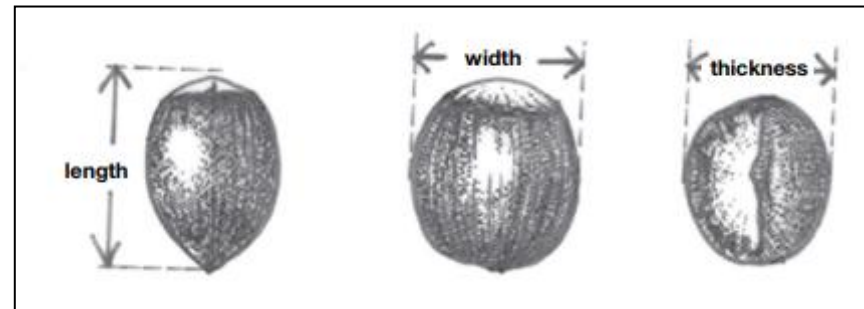
$$\text{Sfericità } (\phi) = D_g/L$$

$$\text{Proporzioni (R}_a\text{) (\%)} = (W/L) \times 100$$

$$\text{Superficie (S) (cm}^2\text{)} = \pi D_g^2$$

$$\text{Volume del frutto (V)} = (\pi LWT)/6$$

$$\text{Contenuto in seme KC} = (NW \times PK)/V \times 100$$



(Biodiversity, 2008)

Conclusioni per una corretta gestione dell'impollinazione

Per ogni cultivar coltivata è necessario individuare gli impollinatori migliori:

- Considerare la compatibilità genetica fra gli impollinatori e le cultivar principali, validandola con prove di campo
- Determinare per ogni areale le epoche di fioritura maschile e di fioritura femminile per avere sovrapposizione, valutando anche le ore di freddo
- Valutare l'effetto degli impollinatori sulla allegagione e sulla «qualità dei frutti»



