



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DELLA  
**TUSCIA**

**Università degli Studi della Tuscia di Viterbo**  
**Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche**

**Corso di Dottorato di Ricerca in**  
Ecologia e gestione sostenibile delle risorse ambientali

**XXXIV ciclo**

**TITOLO TESI DI DOTTORATO DI RICERCA**

"Agro-ecosystems sustainability and multifunctionality:  
the integral use of trees and the valorisation of waste material".

Settore scientifico-disciplinare:

**AGR/02**

**Tesi di dottorato di:**

**Dott.ssa Agnese Allegrini**

**Coordinatore del corso**  
Prof. Claudio Carere

**Tutore**  
Prof. Bartolomeo Schirone

**A.A. 2020/21**

"The greatest threat to our Planet  
is the belief that  
someone else will save it".

Robert Swan

*A mamma & papà*

## Sintesi

In un contesto in cui la popolazione mondiale è in continua crescita e le risorse energetiche sono in esaurimento, si rende necessaria la promozione di agro-ecosistemi sostenibili se l'obiettivo è quello di garantire la sopravvivenza del Pianeta e dei suoi abitanti presenti e futuri. A questo proposito, a un'economia di tipo lineare che prevede, una volta terminato l'utilizzo di un determinato prodotto, il suo smaltimento con i relativi costi, si contrappone l'economia circolare che prevede, al contrario, la riutilizzazione e la valorizzazione di tutti quei prodotti che, erroneamente, vengono considerati scarti.

Nell'ambito agro-forestale questo concetto si abbina bene a quello di piante multifunzionali. Si tratta di specie che, se utilizzate nella loro integrità, possono fornire un numero di prodotti e di servizi maggiore rispetto alle altre, poiché spiccano particolarmente per le loro caratteristiche di multifunzionalità. Il nocciolo (*Corylus avellana* L.) rappresenta un ottimo esempio. Coltivato principalmente per la produzione di frutti, di tartufi e come pianta ornamentale, in realtà può fornire molto di più e può essere utilizzato in svariati settori: dalle brattee, dai gusci e dai residui di potatura, ad esempio, si possono ricavare biocombustibili; dai gusci, dai perispermi e dalle foglie si possono estrarre numerosi composti fenolici utilizzabili in campo nutraceutico, farmaceutico e cosmetico; la pianta intera può essere utilizzata nelle operazioni di restauro forestale e per il consolidamento di versanti instabili.

I gusci, in particolare, che costituiscono tra il 50 e il 60% del peso della nocciola, sono stati presi in considerazione per la possibilità di estrarne numerosi composti fenolici. Tra le tecniche di estrazione utilizzate impostando tempi, temperature e potenze diverse (macerazione a caldo; bagno a ultrasuoni; sonda a ultrasuoni), le più efficaci in termini di resa si sono rivelate la macerazione a caldo e la sonda a ultrasuoni sebbene quest'ultima, in un'ottica eco-sostenibile, sia risultata la migliore in termini di minor tempo necessario per l'estrazione e minori quantità di solvente necessario.

**Parole chiave:** agro-ecosistemi sostenibili; economia circolare; *Corylus avellana* L.; composti fenolici; sonda a ultrasuoni.

## **Abstract**

In a context in which the world population is continuously growing and the energy resources are running low, the promotion of sustainable agro-ecosystems becomes necessary, if the goal is that of guaranteeing the survival of the inhabitants who live in it in the present and who will live in it in the future. To this regard, to an economy of a linear type which implies, once the use of a particular product has been completed, the disposal of the resulting waste material along with the related costs, an economy of a circular type is opposed. This kind of economy implies the reuse and valorization of products which, erroneously, are considered waste.

In the agro-forestal sector this concept goes well with that of multipurpose plants. These are species which, when utilized in their integrity, can provide a higher number of products and services if compared to the others, as they stand out particularly for their multifunctionality characteristics. The hazel tree (*Corylus avellana* L.) represents an excellent example. It is mainly cultivated with the purpose of obtaining fruits, truffles and for ornamental uses of the whole plant but, in reality, it can provide much more and it can be utilized in various sectors: biofuels, as example, can be obtained from husks, shells and prunings; several phenolic compounds (to be used in the nutraceutic, pharmaceutic and cosmetic fields) can be extracted from shells, skins and leaves; the whole plant can be used for forest restoration works and for the consolidation of unstable slopes.

In particular, husks, which represent between 50 and 60% of the total hazelnut weight, have been taken into consideration for the possibility of several phenolic compounds to be extracted from them. Among the extraction methods utilized (hot maceration; ultrasound bath; high power ultrasound probe) by setting different times, temperatures and powers, the most efficient in terms of yield turned out to be hot maceration and high power ultrasound probe even though the probe, from an eco-sustainable point of view, resulted to be the best in terms of lesser necessary time for the extraction procedure and smaller quantities of solvent needed.

**Key words:** sustainable agro-ecosystems; circular economy; *Corylus avellana* L.; phenolic compounds; high power ultrasound probe.

## Introduction

The concept of sustainability implies a balance between the resources consumption and the resources regeneration, in an ideal condition in which “the present generation would satisfy its needs without compromising the possibility, for future generations, of satisfying theirs” (Convention on biological diversity, art. 2, 1993). More specifically, the environmental sustainability requires man to interact with the environment in a responsible manner, by guaranteeing its stability and resilience over time. These concepts are in opposition with the economic systems focused on the linear economy model. Based on the “take-produce-dispose of” formula, the linear economy model, in fact, provides that raw materials, collected or extracted, are transformed into products which, once used, are discarded as waste (accompanied by the related disposal costs, which interfere on both an economical and an environmental level).

A similar economic system, of the linear type, is in opposition with a circular economy one. In line with an increasing urgency of satisfying the primary needs of an ever-growing world population, the circular economy model aims at a greater environmental sustainability by extending the useful life of products. It is based on the so-called “three R” concept (Reuse, Restore, Recycle) according to which “secondary” raw materials, which derive from the first production cycle wastes, are recycled and put back into production processes so that their value can be preserved and the cost of disposal can be reduced (Transition from linear to circular economy. Sugam Upadhayay, Omaina Alqassimi, 2019). The transition from the linear economy to the circular economy, which represents the foundation, at an international level, of current and future politics, is part of the logic of savings, which is related to the fight against waste.

Considering what has been said, if the focus is narrowed on arboreal plants, paying particular attention to those of agro-forestry interest, the so-called “multipurpose plants” represent an excellent opportunity of application of the principles on which the circular economy is based. In fact, although all plants are multifunctional (they contribute, as example, to the soil fertility improvement, to a better management of soil erosion, to the prevention of hydrogeological instability and to the fixation of atmospheric nitrogen - Plants: an international scientific open access journal to publish all facets of plants, their functions and interactions with the environment and other living organisms. W. G. Dilantha Fernando, 2012), some of them stand out particularly for their multifunctionality characteristics, as they are capable of providing a greater number of products and services than the average (Multipurpose trees. P. K. R. Nair *et al.*, 2008).

Man, over the years, has been adjusting the species choice and management more and more according to the market trends and to the specific obtainable results, basically by obtaining mainly fruits from fruit trees and wood from forest species. On the contrary, multipurpose plant species can be

successfully considered and valorized in their entirety and offer, in addition to several ecological services, a much higher number of products, greater than assumed so far.

In the belief that, in addition to those described below, there are others of similarly relevant importance, a few examples of arboreal plant species of agroforestry interest, that stand out for their multifunctional characteristics, are given below.

### ***Malus x domestica* Borkh.**

The Rosaceae family, as example, includes several species of trees, shrubs and herbaceous plants, including the majority of the most common fruit trees, such as apple trees.

*Malus x domestica* Borkh. is native to Central Asia. In Italy it is mostly widespread over the northern hilly and mountainous areas, such as Trentino Alto-Adige, Emilia Romagna and Veneto, due to its marked resistance to cold temperatures.

Apple trees are characterized of a typical acrotonous growth. The wild form from which *Malus x domestica* results (*Malus sylvestris*), infact, when left to grow spontaneously and without severe pruning operations, can reach up to ten meters in height (Wild apple and pear. *Malus sylvestris*/*Pyrus pyraeaster*. B. Richard Stephan *et al.*, 2003). Men, however, over the years, has been adapting more and more the management of wild apple trees to his own needs and interests, using targeted genetic improvement programs. Furthermore, in conjunction with an increasingly use of machinery in agriculture, men has been transforming the shape and size of the trees, for example, with the aim of making mechanical harvesting easier. Modern apple trees orchards, which are cultivated intensively, are made of very low height trees planted close to each other and shaped beyond recognition if compared to the wild species of origin. Specific pruning techniques, along with the distance between trees which is extremely shortened compared to light, water and nutrients needed by each single tree, are established with the almost unique goal of optimizing the return of a single product: fruits, of suitable sizes, shapes and colors according to consumer preferences.

Apples, therefore, mainly sold as they are or after transformation into fruit juices, alcoholic beverages, and so on, nowadays represent the main product deriving from the cultivation of modern apple orchards.

The productive potential of the species, however, is greater and varied, especially if supported by adequate agronomic stratagems. For example, a study conducted in Austria in 2016 shows that the wood of the apple tree and other species belonging to the Rosaceae family, such as the pear tree (*Pyrus communis* L.), the sweet cherry tree (*Prunus avium* L.), the plum tree (*Prunus domestica* L.) and the rowan tree (*Sorbus* spp), is esteemed and could be used in various fields (Central European wood species: characterization using old knowledge. Andrea Klein *et al.*, 2016).

Similar in anatomy and composition, apple tree and pear tree woods, as example, are very much appreciated for furniture making and veneer operations. In the past years they were utilized for the construction of aircrafts, spindles, rods, axes, rollers, friction bearings and so on, because of a high hardness, strength, greasiness and resistance to abrasion (Central European wood species: characterization using old knowledge. Andrea Klein *et al.*, 2016).

Finally, *Malus x domestica* multifunctionality finds a fair response in the beekeeping sector as well. Pollinators, in fact, and bees in particular, are very much attracted to the fragrant flowers of the apple trees. Although most of the nectariferous and polliniferous stocks are reserved to the bees family, the Italian regions where apple trees cultivation is monospecific can offer very rare local monospecific honey productions, which can get high market prices (I mieli regionali italiani. Caratterizzazione melissopalnologica. Livia Persano Oddo *et al.*, 2006-07).

### ***Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb**

Belonging to the Rosaceae family as well, *Prunus dulcis* is a tree species which includes three subspecies: *amara*, whose seed has a typical bitter taste due to a cyanogenic glycoside named amygdalin; *fragilis*, whose seed is sweet and covered by a thin endocarp; *sativa*, whose seed is sweet and covered by a hard endocarp. The subspecies mostly cultivated is *Prunus dulcis* subsp. *sativa*, whose multifunctional characteristics will be taken into consideration.

The almond tree is native to Southwestern Asia and to the warm countries of the Mediterranean Basin. In Italy it is mainly cultivated in Sicily and Apulia. In these regions, where it is often associated with olive trees (*Olea europaea* L.), carob trees (*Ceratonia siliqua* L.), and fig trees (*Ficus carica* L.), almond trees give their contribution to the preservation of traditional agricultural landscapes (Il valore del paesaggio in Sicilia: l'esempio del mandorlo nella Valle dei Templi. Sergio Terrazzino, 2020). Traditional agricultural landscapes, as opposed to the vast agricultural areas managed intensively, are characterized by the association of different crops whose management involves a reduced use of external energy inputs. Traditional agricultural landscapes are configured as “the maximum integration between the natural environment and antropic activities”, thanks to the “use of cultivation systems strongly linked to the local social and economic systems” (Il Paesaggio Agrario Tradizionale. Davide Marino *et al.*, 2009).

It is thanks to these landscapes that populations can preserve their identity, passing on customs and traditions to the future generations. In the culinary trade, as example, the sweet-seeded almond is one of the mostly used ingredients to produce typical Sicilian sweets and beverages.

Regardless of the cultivation method, in fact, almond trees are mainly been planted with the purpose of optimizing the production of seeds. Nevertheless, even though almond trees prefer the temperate-

warm climatic conditions to which olive, carob and fig trees adapt better, they can also be found in latitudes slightly further north than them (Frost susceptibility of five almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb) cultivars grown in North-Eastern Morocco as revealed by chlorophyll fluorescence. El Hassan Sakar *et al.*, 2017). *They are able, for example, to vegetate up to 600 meters above sea level in the Marche region and on the Alps slopes, and some specimens can also be found in the Prealps. This Prunus dulcis adaptive capacity denotes the possibility of cultivating it, as example, as an alternative to Olea europaea L., especially in areas in which too cold temperatures would not guarantee the olive trees survival.*

Another peculiarity for which almond trees stand out for their multifunctional characteristics is the composition of fruits: an epicarp and a mesocarp fused together to form the husk, and a woody endocarp, which is the shell that surrounds seeds. Due to their lignocellulosic composition, almonds husks and shells represent an excellent alternative source of bioenergy. Moreover, the organic residues deriving from almonds harvesting can be further enhanced through the extraction of antioxidant compounds, which are there in high quantities both in perisperms and husks (Utilization of almond residues. Paul Chen *et al.*, 2010).

In cosmetics, as an alternative to the use of almonds in culinary trades, seeds are utilized for oils and special creams productions, used for the treatment of sensitive skins.

Finally, though just occasionally, it is possible to obtain monospecific honey from monocultural almond cultivations in Sicily and Apulia. Considering the species blooming precocity, infact, bees, very much attracted to the almond trees colored and fragrant flowers, reserve most of the nectariferous and polliniferous harvest for the bees family (Flora apistica italiana. G. Ricciardelli D'Albore, L. Persano Oddo, 1978).

Regarding the local beekeeping productions, it is worth mentioning the “Ape nera sicula” almond honey, a Typical Sicilian Product and Slow Food Presidium.

### ***Olea europaea L.***

Belonging to the Oleaceae family, *Olea europaea L.* is one of the most representative tree species in the Mediterranean Basin.

Although, as a consequence of global warming, olive trees have been expanding towards the Northern regions, in Italy the subspecies *sativa* is mainly cultivated in the Southern part and on the islands.

It is just in Southern Italy that olive trees contribute to the preservation of Traditional Agricultural Landscapes, when associated with fig, carob, and/or almond trees or cultivated extensively in association with annual or multiannual herbaceous crops (La tutela e la valorizzazione del paesaggio culturale dei sistemi tradizionali dell'olivo in Italia. G. Barbera *et al.*, 2005). Particularly, if we refer

to the Cilento province monumental olive groves or to the single Piana di Gioia Tauro Calabrian types (specimens of extraordinary dimensions compared to the standard), the multifunctional characteristics of olive trees are easily connectable to the tourism sector and to the possibility of didactical-experimental utilizations.

It is desirable, infact, to recognize and value a rural system for its ability to provide joint productions (non commodity output, linked to the ecological-environmental and socio-economic fields), although attributing to agriculture the primary role of producing market goods (commodity outputs) is an apparently consolidated concept (Convention on biological diversity. Rio de Janeiro, 1992).

The related culinary productions are linked to the identity role associated to olive trees: along with it, all over the world and particularly in the Mediterranean Basin, an alimentary civilization commonly defined as the “Mediterranean diet” has spread. Olives, infact, have always been an important ingredient of Mediterranean cuisine, as well as the precious oil obtained from them. It is precisely with the aim of maximizing and optimizing fruit productions that, over the years, there has been an increasingly frequent and radical transformation in the management of olive groves and individual specimens. Over time, infact, together with a severe reduction in the trees size and a drastic modification in the canopies architecture, the planting density has been more and more increased, progressively passing from a traditional olive growing model to the modern olive groves, cultivated intensively or even super-intensively, and totally mechanizable (Olive fertilization under intensive cultivation management. Ran Erel *et al.*, 2018).

Therefore, although a high quantity of fruit production for modern olive growers means the main goal to reach, several studies demonstrate the undisputed advantages associated to the quality of olive trees wood. Olive trees wood is an excellent fuel, capable of burning even when wet. Its texture, hardness and heaviness make it particularly suitable for a high quality furniture manufacture, considering the fine texture of the wood, combined with a good level of compactness (Dimensional stability of olive (*Olea europaea* L.) and teak (*Tectona grandis* L.). Salvko Govorcin *et al.*, 2010).

Finally, in the context of forests reforestations, olive trees could be an excellent solution (although not very much implemented yet), combining ecological needs with the economical ones. The attempts of forests restorations finalized to a mere ecological purpose, infact, very often turn out to be not effective and not very long-lasting. For example, shepherds are used to deforest or burn large reforested forest areas, in order to create more space for grazing animals. Considering olive trees high identity and profitable value it is hoped and assumed that, in case the species is utilized for afforestation operations (as an alternative to the species of forest interest or associated with other species), a possible fire or deforestation would be evaluated with more attention. To this regard, the multifunctional characteristics of *Olea europaea* L. are related to its protective-preventive function

from deforestation.

***Castanea sativa* Mill.**

Belonging to the Fagaceae family, *Castanea sativa* Mill. is native to southern Europe, North Africa and western Asia. It is widespread over all the Mediterranean Basin countries, and in Italy it grows almost everywhere, taking on relevant economic importance mostly in Campania, Sicily, Lazio, Piedmont and Tuscany regions.

Similarly to what happens in relation to the tree species described so far, the chestnut groves function is mainly associated with the production of fruits. Although European chestnuts, especially in recent times, have been strongly affected by various pathogens (including, for example, the chestnut gall wasp which negatively affects the development of fruits), chestnuts marketing is very much profitable and the goal of maximizing fruits production remains, therefore, the main reason for which the species is cultivated.

Indeed, *Castanea sativa* is a very multifunctional species.

Similarly to the uses obtainable from traditional olive groves, chestnut groves can undertake relevant landscape functions considering the aesthetic value of the species, which constitutes an excellent resource both for tourism and for recreational-educational activities (Chestnut (*Castanea sativa*): a multipurpose European tree. Giovanni Vannacci *et al.*, 2010).

Wood chestnut groves can provide an excellent quality product, especially usable for outdoor manufactures thanks to a high tannins content, natural preservatives contained within the wood, which make it durable and resistant to both atmospheric agents and biotic attacks (*Castanea sativa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. Marco Conedera *et al.*, 2016).

All chestnut groves, cultivated both for wood and fruits production, contribute both for maintaining a microclimate suitable for the proliferation of fungi, and for beekeeping productions. Chestnut honey, as example, is one of the main national productions: over the Ligurian and Piedmontese Alps and Prealps and over the Tuscan-Emilian Appennine, large batches of monospecies honey are produced (to this regard, it is worth it to cite the Lunigiana PDO monospecies honey and the Belluno Dolomites PDO monospecies honey) (<https://www.agraria.org/prodottitipici/altriprodottidiorigineanimale.htm>).

Lastly, not of lesser importance is the ecological value to be attributed to *Castanea sativa* Mill. in terms of the species protective function: all chestnut groves, in fact, are able to strongly contrast soil degradation and hydrogeological instability both directly, through a very robust root system, and indirectly, thanks to a luxuriant herbaceous and shrubby undergrowth (Tradizione, innovazione e sostenibilità: una selvicoltura per il castagno da frutto. Barbara Mariotti *et al.*, 2008).

### ***Ceratonia siliqua* L.**

The carob tree is a species native to the Indo-Malaysian xerotropical areas. It is a characteristic and dominant species of the evergreen Mediterranean brushwood; in the Mediterranean regions it is associated with the genera *Olea*, *Laurus*, *Myrtus*, etc. In Italy it grows spontaneously along the southern coasts and in Sicily, particularly, when associated with fig, olive and almond trees, it contributes to the preservation of Traditional Agricultural Landscapes (I paesaggi agricoli tradizionali dell'albero: il significato moderno di forme d'uso del suolo del passato. Giuseppe Barbera *et al.*, 2011). *Ceratonia siliqua* is a rarely found species, sporadically cultivated in extensive agricultural systems. However, the uses obtainable from it are many, considering its multiple features of multifunctionality. Nowadays its main use results from the extraction of flour from the endosperm of the pod seeds; this flour is used in various sectors: as an additive for food products, and in the pharmaceutical and cosmetic fields. The pulp of the legume, indeed, is very rich in sugars and, therefore, it can be given to horses and ruminants as fodder; sugar and molasses can be extracted from the pulp and used for human consumption as well; when pulp is fermented and distilled, alcoholic beverages can be obtained from it; furthermore, when pulp is reduced to powder and properly dried, it can advantageously replace cocoa as it has fewer calories and it contains neither caffeine nor theobromine (Assessment of nutritional composition of carob pulp (*Ceratonia siliqua* L.) collected from various locations in Morocco. H. El Batal *et al.*, 2016).

The carob tree is recommended for reforestation operations over degraded coastal areas threatened by soil erosion and desertification, as it is a very resistant species to high temperatures and it easily adapts to soils poor in nutrients (Carob agro-forestry for sustainable livelihoods and conservation in rural arid Lebanon. International Links and Services for Local Economic Development Agencies, 2008).

In some regions of North America and Australia it is widely used as an ornamental tree and finally, particularly in Sicily, its shading function is highlighted to be used for grazing animals in moments of rest (Carob tree. I. Batlle *et al.*, 1997).

Besides, another approach of crucial importance to be considered when designing a new plant system, is that of preferring dual use species, that is species of agricultural interest that have a forestry value as well (and the other way around) so that, in case, for any reason, the cultivation was abandoned, the plant system would not perish but it would fit into the natural dynamism of forest successions (Ecosystems and Human well-being synthesis. Island Press, Washington. 2005).

Few examples of plants of agro-forestry interest are the chestnut tree (*Castanea sativa* Mill.), the hazel tree (*Corylus avellana* L.), the walnut tree (*Juglans regia* L.), the carob tree (*Ceratonia siliqua*

L.), the almond tree (*Prunus dulcis* Mill.), the pear tree (*Pyrus communis* L.), the apple tree (*Malus domestica* Borkh.) and the olive tree (*Olea europaea* L.).

Starting from these considerations, the work I carried out during my Ph.D concerns two topics:

- the melliferous interest species. Regarding this field, the last complete work written in Italian (“Flora Apistica Italiana”) was published by the University of Bologna in 1978, and it is literally not to be found. With the aim of providing beekeepers with a modern reference text, a new three-volume Atlas was created. Between the Volumes, the first of them, dedicated to the tree plants, is completed;
- the use of non-edible parts of plants. The chosen species was the hazel tree, of which all the possible uses, waste included, have been studied along with the most convenient technique to be used for the extraction of molecules of commercial interest from the hazelnut shells.

In the “Flora Apistica Italiana” Atlas, the incredible and fascinating world of bees is explored. Eusocial insects par excellence, thanks to their meticulous work coordinated by the queen bee, bees not only make life on the planet possible through adaptive-evolutionary processes linked to the cross-pollination, but they also delight us with various products, such as wax, pollen, royal jelly, apitoxin, propolis and honey. Honey, in particular, is described in all its characteristics (melissopalynological, organoleptic and chemical-physical) and in relation, in this first Volume, to the tree species of agro-forestry interest visited most assiduously by bees. For each species, a sheet has been drawn up that denotes the botanical characteristics (with particular attention paid for the flowering phase and for the attraction strategies towards pollinating insects), the pedo-climatic needs, the distribution and the relative beekeeping productions on the national territory, any denominations (PDO, PGI, Typical Product) and/or biological certifications of products and the morphological characteristics of pollen grains, along with the relative and possible allergenic power.

A review entitled “Multipurpose plant species and circular economy: *Corylus avellana* L. as a study case” was written to describe all the possible utilizations of the hazel tree as a plant and all the possible products and by-products obtainable. I did it by collecting all the relevant informations already available in the literature.

*Corylus avellana* L. is one of the most cultivated species in the world for food purposes. Turkey holds the record for hazelnut productions, followed by Italy. Mainly cultivated with the purpose of obtaining food material, hazel trees cannot guarantee constant kernels productions given the threats related to pathogens and to adverse conditions, especially in a mundialization and global changes scenarios. This matter led us to consider the opportunity of using hazel trees in all its parts and for several purposes, due to its multifunctional characteristics. As a

pioneer species, it is a precious plant useful for forest restoration purposes and for forest successions /wildlife facilitation. Its roots enter into symbiosis with truffles making this species exploitable for another purpose (hazelnuts and truffles production); the precious elements contained in what is considered “waste” deriving from hazel crops (i.e.: leaves, skins, shells, husks and pruning material), could be reused and valorised in the perspective of a circular economy that is opposed to a linear one. In particular, a list of several phenolic compounds detected in hazelnut shells has been reported in literature to prevent and delay many human diseases due to their antioxidant properties and to free radical scavenging activities, with implications potentially useful even in the fight against COVID 19. All this makes hazel crop by-products interesting to be valorised as a chemical compound source for human health, even more than a biomass fuel or for biochar applications. The multiple possible uses of the hazel tree would lead to productions alternative to nut productions avoiding significant economic losses, would decrease the cost of disposal of crops residues and would increase the sustainability of agro-ecosystems by reducing, among other things, the production of greenhouse gases deriving from the usual burning of residues which often happens directly in fields.

Finally, we wrote an article entitled “Hazelnut Shells as Source of Active Ingredients: Extracts Preparation and Characterization”. Hazelnut shells represent a waste material (about 42% of the total biomass) deriving from hazelnut harvest. These are mainly used as a heating source; however, they represent an interesting source of polyphenols useful in the health field. The impact on the phenolic profile and the concentrations of hazelnut shell extracts obtained by three extraction methods (maceration, ultrasonic bath, and high-power ultrasonic probe), as well as temperature, extraction time, and preventive maceration, was studied. Specifically, I contributed to the development of the protocol for the preliminary identification of the dimensions of the ground shells. In this regard, we have found that, in order to obtain the most suitable dimensions for the extraction of polyphenols, the use of the knife mill is to be preferred over that of the ball mill. Besides, I took care of the phenolic compounds extraction through the high-power ultrasonic probe, by subjecting the extracts (with/without overnight preventive maceration) to different times (5'; 30'; 1h). The obtained compounds were characterized in terms of chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. I assisted in the preparation of the tests carried out for the evaluation of total polyphenols (Folin-Ciocalteu method) and for the measurement of their antiradical and reductive activity (respectively through the ABTS, DPPH and FRAP assays).

Eighteen different phenolic compounds were identified and quantified by chemical analysis and gallic acid was found to be the most abundant among all the extracts analyzed. Other relevant compounds found were chlorogenic acid, protocatechuic acid and catechin. The application of the high-power

ultrasonic probe method had different effects, either positive or negative, depending on the type of compound and extraction time, but we can assume that, from an ecological point of view, it was the most efficient method in terms of quality of the extract, quantity of solvent used and time needed for the procedure.

## **Conclusions**

The wasteful costs related to agriculture and agro-forestry productions, the depleting energy resources, as well as the need to guarantee sustainable agro-ecosystems, are leading more and more to reconsider the management of the available resources based on the principles of circular economy. In this regard, trees represent a heritage of inestimable value which, as such, must be respected and valued in all its components and in all its functions. A valid solution, in this regard, could arise from the so-called multi-purpose plant species, that is the plants that, potentially, are able to provide economic and ecological products and services in addition to those for which they are usually planted. Beside that, when projecting a new plant system, it would be advisable to prefer dual use species of both, agricultural and forest interest, so that, in case the system is abandoned, it would easily fit into the natural vegetational dynamics. Examples are the olive trees, which, in addition of providing a high quality wood, when associated with some forest species can perform a protective function against fires and deforestation; chestnuts, from which honey and honeydew honey, very rich in mineral salts, can be obtained; the hazelnut trees, from which not only several products but also precious by-products can arise: the leaves, bracts, branches, perisperms and shells which, in general, are considered "waste" products, can actually be reused in terms of a circular economy that reduces disposal costs and valorizes both products and by-products. In particular, many bioactive molecules can be extracted from the shells of hazelnuts, including for example phenolic compounds. Thanks to our research, it emerged that, among the extraction methods used, the most effective in terms of yield, extract quality and energy saving is the high power ultrasound probe. A more in-depth qualitative (chromatographic) analysis allowed us to identify the single polyphenols extracted from the shells, including quercetin, which has also proved useful against the SARS-CoV-2 replication. Further experiments performed through various assays have ascertained the antioxidant, antiradical and antimicrobial activity of the polyphenols contained in the extracts.

Future studies could demonstrate whether all these compounds are actually present in the shells of hazelnuts or if, at least some of them, are generated as a result of the breakdown of weak bonds, such as glycosidic ones, especially in relation to the ultrasound probe extracting method.

The three introduced works are attached.

The project was authorized and funded by "MEF" (Ministry of Economics and Finance), Rome.

FLORA APISTICA ITALIANA

**VOLUME I**



**Agnese Allegrini**





Autore: Agnese Allegrini

Supervisore: Bartolomeo Schirone

Dipartimento per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia Dottorato in  
Ecologia e Gestione Sostenibile delle Risorse Ambientali Università degli Studi della  
Tuscia, Viterbo

Per segnalazioni contattare:

Dott.ssa Agnese Allegrini

E-mail: [agnese.allegrini@unitus.it](mailto:agnese.allegrini@unitus.it)

Prof. Bartolomeo Schirone

E-mail: [schirone@unitus.it](mailto:schirone@unitus.it)

Editore  
Pietro Comeri  
via Piazza 135  
41028 Serramazzoni (MO)  
ISBN 978-88-946145-5-8





*“L'ape non è un animale domestico e neppure selvatico, ma qualcosa di intermedio, una creatura capace di contrarre rapporti con l'uomo senza perdere la propria libertà; o comunque restando sempre in condizioni di riprendersela.”*

Plinio, *Historia naturalis*, 79 d.C.

“Se l'ape scomparisse dalla faccia della Terra,  
all'uomo non resterebbero che quattro anni di vita.”

A. Einstein

C'è un'ape che si posa su un bottone di rosa:

lo succhia e se ne va;

tutto sommato,

la felicità è una piccola cosa.

Trilussa

“Abi industri in s'istadi, pappat meli in jerru”

(Ape operosa in estate, mangia miele in inverno)

Proverbio sardo



## Presentazione

Se si considera che quasi il 90% delle piante selvatiche da fiore ha bisogno di “corrieri” (impollinatori) per trasferire il materiale genetico da un esemplare all'altro e garantire la perpetuazione delle specie si capisce quanto il ruolo di api, vespe, farfalle, coccinelle, ragni, rettili, uccelli ed alcuni mammiferi sia essenziale per gli ecosistemi. In agricoltura oltre il 75% delle produzioni beneficia dell'impollinazione, per resa e qualità, e il volume di raccolti dipendente da questa funzione è triplicato negli ultimi cinquant'anni. Le attività umane che traggono beneficio dagli "impollinatori", senza adeguate misure di intervento, potrebbero trovarsi presto in serio pericolo.

Gli impollinatori sono sempre più importanti anche per l'adattamento degli ecosistemi alle mutazioni ambientali e climatiche.

La sopravvivenza di questi "fattorini", in particolare gli insetti, è minacciata in tutto il mondo dalle modificazioni nell'uso del suolo, dalla gestione agricola intensiva, dall'uso di pesticidi, dall'inquinamento ambientale, dall'introduzione di specie esotiche invasive, dalle malattie e dal cambiamento climatico. Senza adeguate misure di conservazione le attività umane che traggono beneficio dalla loro funzione ecologica potrebbero trovarsi presto in serio pericolo.

Non bisogna ritenere che gli studi e i piani di intervento finalizzati alla tutela degli impollinatori siano destinati a misure circoscritte e generiche di conservazione. L'Unione Europea stima a quindici miliardi di euro l'anno il loro contributo all'agricoltura comunitaria ma, ben oltre, le ricadute sono inestimabili, perché la funzione che svolgono è con ogni probabilità uno dei presupposti per la vita sulla terra così come la conosciamo.

*Luca Santini*  
Presidente  
Parco delle Foreste Casentinesi,  
Monte Falterona e Campigna



## Indice

Glossario.....	5
Introduzione.....	12
La democrazia delle api: un sistema perfettamente efficiente.....	14
I prodotti dell'alveare.....	17
<i>Il miele</i> .....	17
<i>Il polline</i> .....	20
<i>La propoli</i> .....	22
<i>La pappa reale</i> .....	23
<i>La cera</i> .....	24
<i>Il veleno</i> .....	26
Guida alla lettura della Flora Apistica Italiana.....	27
<i>I granuli pollinici: dimensione e morfologia</i> .....	27
<i>Il potere allergenico</i> .....	31
<i>Attitudine mellifera/pollinifera delle specie</i> .....	31
<i>Il potenziale mellifero</i> .....	33
<i>Le caratteristiche del miele</i> .....	35
<i>Caratteristiche melissopalinoologiche</i> .....	35
<i>Caratteristiche organolettiche</i> .....	36
<i>Composizione del miele e caratteristiche chimico-fisiche</i> .....	37
<i>La qualità e la valorizzazione del miele</i> .....	40
<i>I principali produttori di miele: "Grandi mieli d'Italia, Tre Gocce d'oro"</i> .....	41
Elenco ragionato delle specie di interesse apistico: le specie arboree.....	42
<i>Specie agro-forestali esotiche</i>	
<i>Specie agro-forestali native</i>	
<i>Specie forestali esotiche</i>	
<i>Specie forestali native</i>	

Le specie arboree più rilevanti ai fini delle produzioni apistiche.....	44
<i>Castanea sativa</i> Mill .....	47
<i>Olea europaea</i> L.....	58
<i>Ulmus minor</i> Mill.....	64
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.....	70
<i>Cupressus sempervirens</i> L.....	80
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh. ....	86
<i>Juglans regia</i> L .....	94
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle .....	100
<i>Abies alba</i> Mill.....	107
<i>Acer</i> spp.....	115
<i>Populus</i> spp .....	126
<i>Ceratonia siliqua</i> L .....	135
<i>Laurus nobilis</i> L .....	144
<i>Malus x domestica</i> Borkh. ....	151
<i>Citrus</i> spp.....	159
<i>Tilia</i> spp .....	179
<i>Quercus</i> spp.....	192
<i>Pyrus communis</i> L .....	218
<i>Prunus</i> spp.....	224
<i>Salix</i> spp.....	243
Le specie arboree di importanza minore ai fini delle produzioni apistiche.....	254
<i>Acacia dealbata</i> Link.	
<i>Acer negundo</i> L.	
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertner	
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	
<i>Corylus avellana</i> L.	

*Cydonia oblonga* Mill.

*Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl.

*Fagus sylvatica* L.

*Gleditsia triacanthos* L.

*Larix decidua* Mill.

*Liriodendron tulipifera* L.

*Melia azedarach* L.

*Palmae*

*Paulownia tomentosa* Steudel

*Picea abies* Karsten

*Pinus* spp

*Sophora japonica* L.

*Sorbus domestica* L.

Bibliografia e sitografia .....278

## GLOSSARIO

Achenio: frutto secco indeiscente contenente semi a cui il pericarpo non è saldato.

Acrotonia: fenomeno che consiste nello sviluppo maggiore dei rami di un fusto più alti, rispetto ai mediani e ai basali.

Allegagione: fase iniziale dello sviluppo dei frutti, successiva alla fioritura.

Alterna (foglia): foglia semplice che si origina da punti diversi del fusto.

Amento: infiorescenza a grappolo, generalmente pendulo, costituita da fiori solo staminiferi o solo pistilliferi.

Anemofilia: impollinazione operata dal vento, tipica delle piante gimnosperme.

Antera: nelle angiosperme, le antere sono le porzioni terminali degli stami.

Antesi: sinonimo di fioritura.

Apirenia: mancata formazione dei semi all'interno di un frutto maturo.

Attinomorfo: organo a simmetria raggiata. Ad esempio i fiori attinomorfi presentano una corolla simmetrica rispetto a un punto centrale.

Autocompatibilità o autofertilità: si riferisce alle varietà di piante il cui polline è in grado di fecondare gli ovuli dei fiori della stessa varietà.

Autofecondazione o autogamia: formazione di un nuovo individuo derivante dall'unione di cellule germinali maschili e femminili prodotte dallo stesso individuo ermafrodita.

Autoimpollinazione: si verifica nel caso in cui dalle antere di un fiore il polline cade sugli stigmi dello stesso fiore.

Autosterilità: in relazione a un individuo ermafrodita, si riferisce all'impossibilità di fecondazione tra i gameti.

Bacca: frutto carnoso e succoso al cui interno sono presenti semi di piccole dimensioni, sparsi nella polpa.

Basitonia: fenomeno che consiste nello sviluppo maggiore dei rami di un fusto più bassi, rispetto a quelli mediani e a quelli più alti.

Brachiblasto: ramo caratterizzato da distanze internodali molto brevi.

Brattea: foglia modificata con funzione principalmente protettiva nei confronti dei boccioli fiorali.

Capolino: tipologia di infiorescenza costituita da un insieme di fiori piccoli, agglomerati e sessili.

Capsula: frutto secco deiscente contenente più semi e costituito da un minimo di due carpelli.

Carpello: foglia modificata facente parte del gineceo, con la funzione riproduttiva (produce gli ovuli).

Cascola: caduta prematura e/o anomala dei frutti di una pianta.

Cella: le celle sono le unità base del favo di forma esagonale, costruite dalle api per allevare le larve e per conservare il miele e il polline.

Colatura: caduta prematura di fiori e frutticini di una pianta.

Composta (foglia): foglia la cui lamina è suddivisa in più unità, dette foglioline.

Cordato (margine fogliare): a forma di cuore rovesciato, con la punta rivolta verso l'esterno.

Corimbo: tipologia di infiorescenza costituita da fiori che, pur sviluppandosi in diversi punti di inserzione, terminano tutti alla stessa altezza.

Crenato (margine fogliare): margine di una foglia caratterizzato da intaccature lievi separate da denti arrotondati.

Cultivar: varietà agraria di una specie botanica.

Dentato (margine fogliare): margine di una foglia caratterizzato da sporgenze acute, perpendicolari alla nervatura fogliare mediana.

Dialipetala (corolla): definisce la corolla di un fiore caratterizzata da petali separati.

Dioicità: condizione in cui gli organi riproduttori maschili e femminili dei fiori di una pianta sono portati su piante diverse (si parla di "piante maschili" e "piante femminili")

Distica (foglia): foglie disposte in modo alternato lungo i due lati di un fusto.

Drupa: frutto carnoso indeiscente costituito da un epicarpo membranoso, un mesocarpo carnoso e succoso, e un endocarpo legnoso che può contenere uno o due semi.

Eliofilia: caratteristica delle piante che si accrescono in maniera ottimale grazie alla luce diretta del sole.

Embricata (foglia): foglie parzialmente sovrapposte le une alle altre.

Endocarpo: nei frutti carnosi costituisce la porzione più interna, contenente il seme; può essere membranoso o legnoso.

Entomofilia: impollinazione operata da parte degli insetti.

Epicarpo: la parte più esterna di un frutto, che comunemente chiamiamo "buccia"; in base alla

tipologia di frutto può essere di consistenze diverse.

Ermafrodita (fiore): il fiore ermafrodita o bisessuale è costituito sia dall'apparato sessuale maschile, sia da quello femminile.

Esperidio: frutto tipico degli agrumi, costituito da un epicarpo sottile, un mesocarpo spugnoso e un endocarpo succoso.

Eterofillia: fenomeno che indica la compresenza, sulla stessa pianta, di foglie di forme, dimensioni, posizioni e funzioni diverse.

Fabbisogno in freddo: ore di "freddo", a temperature diverse da pianta a pianta, che occorrono alle piante arboree per poter superare la fase di dormienza delle gemme.

Falso frutto: frutto che deriva dalla trasformazione non solo dell'ovario, ma anche di altre parti del fiore quali ad esempio il ricettacolo, i sepali, ecc.

Favo: all'interno di un'arnia, costituisce un raggruppamento di celle.

Fenologia: branca dell'ecologia che studia la correlazione tra i fattori climatici e le diverse fasi di crescita relative alle specie del mondo vegetale, quali ad esempio la germogliazione, la fioritura, la maturazione dei frutti, ecc.

Fiore perfetto: sinonimo di fiore ermafrodita.

Fittone: radice principale di una pianta. Un apparato radicale si definisce fittonante nel caso in cui le radici laterali sono meno lunghe e robuste rispetto al fittone.

Foglio cereo: sottile lamina di cera d'api che gli apicoltori mettono a disposizione delle api per facilitarle nel lavoro di costruzione del favo.

Fototemperamento: caratteristica che definisce le esigenze delle piante in termini di luce.

Galbula: strobilo tipico delle specie del genere *Cupressus*, costituito da squame strettamente legate tra loro.

Gamopetala (corolla): definisce la corolla di un fiore caratterizzata da petali saldati tra loro.

Gametofito: individuo aploide da cui si originano i gameti.

Gamosepalo (calice): definisce calice di un fiore caratterizzato da sepali saldati tra loro.

Ghianda: frutto tipico delle specie del genere *Quercus*. È secco, indeiscente e contiene un solo seme rivestito parzialmente da una cupola.

Granulo pollinico: unità cellulare prodotta dai coni maschili nelle gimnosperme, e dalle antere nelle angiosperme; la sua funzione principale è quella di trasporto del gamete maschile nelle vicinanze del gamete femminile.

Grappolo: tipologia di infiorescenza (semplice) costituita da fiori che si inseriscono sull'asse

principale.

Igrofilia: in relazione alle piante, è una caratteristica per cui esse si accrescono in maniera ottimale negli ambienti umidi.

Imparipennata (foglia): foglia composta terminante con una sola fogliolina all'apice dell'asse principale.

Impollinazione incrociata: si verifica nel caso in cui il polline di una pianta è trasportato sullo stigma florale di un'altra pianta appartenente alla stessa specie.

Indeiscente: in riferimento a un frutto è la caratteristica per cui esso, a maturità, non si apre spontaneamente per rilasciare il seme contenuto al suo interno.

Infiorescenza: tipica delle angiosperme, costituisce il raggruppamento di singoli fiori aggregati tra loro.

Ipogino: definisce un fiore caratterizzato da un ovario supero, che aderisce solo alla parte apicale del ricettacolo florale.

Legume: tipico frutto (secco) delle specie appartenenti alla famiglia delle Leguminosae; a maturità si apre in due valve per poter rilasciare i semi contenuti al suo interno.

Lenticella: in riferimento al fusto di un albero, è una formazione pluricellulare distribuita sulla superficie del fusto, che ne rende possibili gli scambi gassosi tra i tessuti interni alla pianta e l'ambiente esterno.

Lobato (margine fogliare): margine di una foglia suddiviso in lobi di diverse profondità.

Loculo: cavità presente in un ovario o in un frutto nella quale alloggiavano, rispettivamente, gli ovuli e i semi.

Lomento: frutto secco indeiscente (legume o siliqua) che, segmentato in corrispondenza dei vari semi, a maturità si suddivide nei rispettivi segmenti.

Macroblasto: ramo caratterizzato da distanze internodali piuttosto lunghe.

Mesocarpo: porzione intermedia di un frutto che si trova tra l'epicarpo e l'endocarpo. Nei frutti carnosi, ad esempio, viene comunemente chiamata polpa.

Mesofilia: caratteristica delle piante che si accrescono in maniera ottimale negli ambienti temperati, né troppo umidi, né troppo secchi.

Monoicità: condizione in cui gli organi riproduttori maschili e femminili dei fiori di una pianta sono portati sullo stesso individuo.

Monopodiale: in riferimento alla ramificazione di una pianta, si verifica nel caso in cui il fusto principale si accresce indefinitamente a scapito delle ramificazioni laterali.

Nettario: ghiandola nettarifera contenente il nettare; generalmente è situato alla base dei fiori, e solo sporadicamente sulle foglie, sui petali o sullo stelo florale.

Ombrella: tipologia di infiorescenza costituita da fiori caratterizzati da un peduncolo di lunghezza simile.

Opposta (foglia): foglie semplici che si originano da un nodo situato, rispetto all'asse, nella stessa posizione.

Ovario: parte inferiore del gineceo, contenente gli ovuli. Si definisce infero se è avvolto dalle pareti del ricettacolo; supero, se aderisce alla porzione apicale del ricettacolo. Una volta avvenuta la fecondazione, l'ovario si trasforma in frutto.

Ovulo: cellula riproduttrice femminile, contenuta nell'ovario. Una volta avvenuta la fecondazione, gli ovuli si trasformano in semi.

Palinologia: scienza che si occupa dello studio dei granuli pollinici e delle spore delle diverse specie vegetali.

Palminervia (foglia): foglia costituita da tre o più nervature principali che assumono la forma delle dita divaricate di una mano.

Pannocchia: infiorescenza composta, sul cui asse principale si inseriscono gli assi laterali di ulteriori infiorescenze (a racemo, a capolino, a corimbo, ecc.)

Paripennata (foglia): foglia composta, terminante con una coppia di foglioline.

Partenocarpia: caratteristica appartenente ad alcune piante in grado di produrre frutti (apireni) senza fecondazione.

Partenogenesi: modalità di riproduzione che prevede lo sviluppo della cellula uovo senza che esso sia fecondato.

Peduncolo: asse florale alla cui estremità si sviluppa il fiore.

Penninervia (foglia): foglia caratterizzata da nervature disposte, lungo la lamina, come nelle penne degli uccelli.

Perianzio: rappresenta la parte non riproduttiva del fiore, ovvero il calice e la corolla.

Pericarpo: sinonimo di frutto, è costituito da epicarpo, mesocarpo e endocarpo.

Perigonio: perianzio non differenziato in calice e corolla, che racchiude gli organi riproduttivi fiorali.

Picciolo: asse interposto tra la lamina fogliare e il fusto.

Pioniera (specie): in riferimento alle piante, specie dotata di particolari caratteristiche che le permettono di insediarsi per prima su terreni di formazione recente.

Poligamia (fiori): compresenza di fiori ermafroditi e unisessuali sulla stessa pianta.

Pomo: falso frutto tipico di diverse specie appartenenti alla famiglia delle Rosaceae.

Portainnesto: porzione inferiore di una pianta (radice) che viene propagata tramite la tecnica dell'innesto.

Proterandria: caso specifico di ermafroditismo, che implica lo sviluppo anticipato dei gameti maschili rispetto ai gameti femminili.

Racemo (infiorescenza): sinonimo di infiorescenza a grappolo.

Reazione crociata: reazione derivata dal fatto che gli allergeni derivanti dai granuli pollinici e quelli alimentari sono simili, e per questo motivo possono essere "confusi" dal sistema immunitario.

Ricettacolo: porzione fiorale in cui si inseriscono i diversi organi del fiore (carpelli, stami, petali e sepali).

Rincote Omottero: gli Omotteri rappresentano un sottordine di insetti appartenente all'ordine dei Rincoti. Il loro apparato boccale è tipicamente pungente-succhiante.

Ritidoma: sinonimo di corteccia.

Samara: frutto secco indeiscente costituito da un epicarpo legnoso o membranoso; esso è provvisto di una sottile ala, che ha la funzione di agevolare la disseminazione.

Sciafilia: caratteristica delle piante che si accrescono in maniera ottimale in ambienti scarsamente illuminati.

Semplice (foglia): foglia costituita da una singola lamina fogliare, non suddivisa in foglioline.

Sericeo: definisce gli organi vegetali rivestiti da peli lucidi.

Sessile: organo che si inserisce direttamente su un altro, privo del sostegno di una parte ristretta (ad esempio si definisce sessile un fiore privo di peduncolo, o una foglia priva di picciolo).

Specie esotica: specie che, volontariamente o accidentalmente, è stata trasportata da parte dell'uomo fuori dal suo areale originario.

Specie nativa: sinonimo di specie autoctona, adattata al suo ambiente naturale nel corso dell'evoluzione.

Spiralata (foglia): foglie alterne che, lungo l'asse, si dispongono lungo una linea spirale.

Sporofillo: foglia che porta lo sporangio; in base alla specie può essere disposta a spirale o a verticillo.

Squama: relativamente alle specie vegetali, è una formazione dall'aspetto appiattito o lamellare.

Sterilità citologica/fisiologica: fenomeno che si verifica nel caso in cui il polline sia scarso o difficilmente germinabile, se i cromosomi sono abbinati in maniera irregolare, o se, a monte, si verificano complicazioni durante il processo della meiosi.

Sterilità fattoriale: fenomeno che si verifica nel caso in cui il polline, seppure vitale, non è in grado di fecondare i fiori della stessa *cultivar* (autoincompatibilità) o di una *cultivar* affine (interincompatibilità).

Sterilità morfologica: si distingue in androsterilità (stami assenti o dallo sviluppo stentato) e ginosterilità (mancato sviluppo dell'ovario).

Stipola: espansione della foglia che si differenzia alla base del picciolo; si trova a destra o a sinistra della foglia.

Strobilo: conosciuto con il nome di cono o pigna, è la struttura riproduttiva tipica delle gimnosperme.

Suffrutice: pianta legnosa perenne di altezza ridotta, i cui rami persistono solo a livello basale.

Termofilia: caratteristica delle piante che risultano poco tolleranti al freddo, e che si accrescono pertanto in maniera ottimale nelle regioni più calde del globo.

Tomentosità: caratteristica riferita agli organi vegetali ricoperti di peluria.

Valva: ciascuna delle parti in cui si suddivide il guscio di un frutto (ad esempio il legume).

Vessillo: nelle specie appartenenti alla famiglia delle Leguminosae rappresenta il petalo superiore della corolla, di dimensioni maggiori rispetto agli altri petali.

Xerofilia: caratteristica delle piante che si accrescono in maniera ottimale negli ambienti prettamente aridi.

Zagara: fiore delle specie appartenenti al genere *Citrus*.

Zona fitoclimatica: rappresenta la distribuzione geografica di specie di piante omogenee, in relazione alle rispettive esigenze climatiche.

## 1. Introduzione

Definito dalla mitologia greca "nettare degli dei", il miele, come testimoniato da antiche pitture rupestri che rappresentano le prime tracce di arnie risalenti al VI millennio a.C., già nell'antichità veniva sfruttato per le sue innumerevoli proprietà nutraceutiche, curative e cosmetiche.

Erroneamente considerato un integratore piuttosto che un prodotto alimentare a tutti gli effetti, il miele, o per meglio dire i mieli (viste le molteplici specie arboree, arbustive, lianose ed erbacee da cui le api traggono nutrimento), contengono un'elevata quantità di fruttosio che conferisce, rispetto allo zucchero raffinato, un potere energetico e dolcificante più elevato e una più facile digeribilità. Inoltre rappresentano una fonte di energia che il nostro organismo può sfruttare più a lungo, nonché di oligoelementi (rame, iodio, ferro, manganese, cromo e silicio), di vitamine (A, B, C, E, K), di enzimi e di sostanze battericide e antibiotiche. La scoperta della canna da zucchero ha portato, tuttavia, nel corso degli anni e in misura sempre maggiore, alla sostituzione quasi totale del miele con lo zucchero. Ciononostante e sebbene gli insetti pronubi siano molto sensibili all'utilizzo (spesso esagerato e inappropriato) degli agrofarmaci chimici in agricoltura, la produzione di miele e degli altri prodotti dell'alveare continua a perpetuarsi grazie al supporto degli apicoltori e per via di un rapporto quasi simbiotico stabilitosi tra le piante e gli insetti pronubi: tra essi spiccano le api. Considerate, insieme alle termiti e alle formiche, insetti eusociali per eccellenza, questi incredibili imenotteri sono radunati in un "superorganismo" che lavora e produce riserve non per il bene del singolo individuo ma dell'intera colonia. Così come gli altri insetti pronubi, si nutrono soprattutto del nettare contenuto principalmente nei nettarii floreali; le loro zampe posteriori, inoltre, sono munite di setole sulle quali si incastra il polline contenuto nelle antere: questo meccanismo, competamente involontario, fa delle api le principali responsabili dell'impollinazione delle angiosperme, a cui contribuiscono per circa l'80%. Esse rappresentano elementi indispensabili all'interno dell'ecosistema, fondamentali per la vita del Pianeta e sul Pianeta, garantendo la perpetuazione delle specie (vegetali e di riflesso animali, compreso l'uomo che se ne nutre) e la diversità genetica. Nel corso degli anni e dell'evoluzione tra le diverse specie di piante che presentavano determinate caratteristiche floreali e questi formidabili insetti, si è stabilito un rapporto di co-dipendenza: se per le piante l'impollinazione incrociata attuata dalle api rappresentava il motivo della loro perpetuazione, per le api il nutrimento fornito dalle piante costituiva una questione di sopravvivenza. Le api si trovano tutt'oggi, infatti, a scegliere e prediligere le specie di piante che meglio si prestano ai loro gusti nettariiferi e alle loro caratteristiche dell'apparato boccale, bottinandone principalmente alcune

piuttosto che altre.

La grande varietà di mieli disponibili sul mercato rispecchia l'elevato numero di specie più frequentemente visitate dagli insetti impollinatori. Questo Atlante rappresenta il primo dei tre Volumi in cui è suddivisa l'intera opera: Volume I - specie arboree; Volume II - specie arbustive e lianose; Volume III - specie erbacee.

Dopo un accenno alla vita delle api e ai prodotti apistici, per ognuna delle specie mellifere individuate è stata predisposta una scheda in cui vengono riportate, oltre alla descrizione botanica e alle esigenze pedo-climatiche, le fasi fenologiche (con particolare attenzione alla fioritura e all'impollinazione), l'interesse apistico delle singole specie (in termini di produzione di nettare, polline e melata), la morfologia e le caratteristiche melissopalinoologiche, organolettiche e chimico-fisiche del miele che se ne produce, le zone di produzione nel territorio nazionale (con i relativi principali produttori locali), eventuali certificazioni biologiche e/o denominazioni (DOP; IGP; ecc.).

Questo Atlante, rivolto a un'ampia gamma di lettori che spazia dall'apicoltore professionista, al botanico, all'agronomo, o al semplice consumatore di miele o appassionato del mondo delle api, è stato redatto con l'intento principale di aggiornare le informazioni relative a un tema che riveste una grande importanza. Al di là di alcuni articoli accademici e svariati e generici riferimenti rintracciati sul web, al riguardo è stato infatti pubblicato ben poco. In particolare, in un libro francese intitolato "Guide des plantes mellifères" vengono descritte, a scopo prettamente divulgativo, le principali specie di piante arboree, arbustive, lianose ed erbacee ad attitudine mellifera diffuse sul territorio francese mentre, per quanto riguarda l'Italia, unico e solo nel suo genere, è "Flora Apistica Italiana", di G. Ricciardelli D'Albore e L. Persano Oddo, edito nel 1978. Per quanto ben scritto e ricco di informazioni utilissime, derivate anche dall'esperienza diretta di vari apicoltori, si tratta di un testo evidentemente obsoleto, non completo in alcune parti, non consultabile *on line* e non più in commercio (l'unica edizione disponibile ci è stata inviata, tramite scambio interbibliotecario, dall'Università di Bologna).

## 2. La democrazia delle api: un sistema perfettamente efficiente

La prima considerazione da fare per avere un'idea sulla modalità di funzionamento delle api è immaginarle non come siamo abituati a fare quando pensiamo a una famiglia o a un gruppo di persone che lavorano insieme, ma come un "superorganismo". Riprendendo la definizione del 1989 degli studiosi Wilson e Sober<sup>1)</sup>, esso costituisce "un insieme di individui che insieme posseggono l'organizzazione funzionale che è implicita nella definizione formale di organismo". Sebbene un organismo, ad esempio di un individuo appartenente al Regno animale, sia composto da organi che contribuiscono alla funzionalità e alla vita dello stesso in maniera più o meno determinante, la sopravvivenza dell'individuo dipende dal lavoro svolto da ogni sua singola cellula; per quanto possa sembrare inverosimile, una qualsiasi cellula del nostro organismo riveste un ruolo che vale niente più e niente meno, ad esempio, di un organo di vitale importanza quale è il nostro cervello; in altri termini, senza il contributo delle singole cellule, il nostro cervello non potrebbe funzionare.

Estendendo il concetto alla realtà organizzativa di un alveare è l'ape regina, il "cervello dell'arnia", che, grazie ai feromoni che emana, invia segnali di diverso tipo alle api operaie. E' la regina che, in un sistema totalmente matriarcale in cui il ruolo del fuco, maschio dell'ape, si riduce a un mero trasportatore di spermatozoi, decide, al momento dell'ovodeposizione, se procreare un maschio o una femmina. È la regina che gestisce e controlla l'intera colonia, ma se non fosse per le api operaie non riuscirebbe a sopravvivere o ad espletare tutte le sue funzioni in maniera ottimale. Le operaie se ne prendono cura, la nutrono con la pappa reale prodotta da loro stesse, la massaggiano e la riscaldano se le temperature non ne garantiscono la sopravvivenza, la proteggono da eventuali predatori esterni e le indicano il sesso delle api nasciture predisponendo le celle della forma e della grandezza adeguate, in base alle necessità della colonia. In altre parole, all'interno di un alveare, tutti sono importanti e nessuno è indispensabile: ogni componente ha la sua predisposizione e il suo ruolo all'interno del gruppo, e lo svolge minuziosamente e con spirito di cooperazione agendo solo ed esclusivamente per il bene dell'intera famiglia. È noto, ad esempio, che le api operaie, pur consapevoli di andare incontro a morte certa, in caso di pericolo (quale potrebbe essere, ad esempio, un apicoltore poco cauto nelle operazioni abituali di gestione di un'arnia), non esitano minimamente a sacrificare la propria vita a favore della difesa della colonia, pungendo il soggetto estraneo per allontanarlo dal proprio nido. Similmente, una volta che il fuco ha compiuto il compito per cui è stato procreato, ovvero quello di fecondazione dell'ape regina durante il volo nuziale, le api operaie provvedono a sbarazzarsene mummificandolo con un composto a base di propoli; il suo

compito all'interno della colonia è infatti terminato, e le risorse nutritive accumulate laboriosamente nel nido vanno riservate con scrupolo ai componenti che continuano a esercitare un lavoro utile per il bene e per la sopravvivenza della famiglia.

Una gerarchia all'interno di una famiglia di api esiste, ma è prettamente funzionale al buon funzionamento della stessa e al rispetto dei ruoli di ciascun componente. Così, l'ape regina, grande più del doppio rispetto a un'operaia, grazie ai feromoni che produce controlla e gestisce l'arnia; essa comunica, innanzi tutto, l'informazione essenziale che è viva (finché lo è), e che esplica regolarmente la sua funzione di ovodeposizione garantendo la perpetuazione della famiglia (in alcuni periodi dell'anno arriva a deporre fino a 2000 uova al giorno!). Le api operaie sono perfettamente coordinate in base al ruolo definito dall'età, specializzandosi in svariate mansioni che le distinguono in diverse tipologie: le api spazzine, che mantengono pulita sia la propria cella che quelle contigue affinché possano accogliere le nuove uova in condizioni idonee al loro accrescimento; le api nutrici, che alimentano le larve con pappa reale solo per i primi tre giorni e l'ape regina per l'intero corso della sua vita; le api ceraiole che, tramite le ghiandole ceripare, producono la cera necessaria principalmente per la costruzione delle celle e per la protezione del miele stoccato in fase di maturazione; le api ventilatrici che, grazie al battito delle ali, ad eccezione di situazioni particolari garantiscono una temperatura di 35-37°C all'interno dell'arnia; le api produttrici, addette alla produzione di miele e pappa reale per il nutrimento della colonia; le api guardiane, che trascorrono la maggior parte del tempo all'ingresso del nido proteggendo la famiglia da eventuali predatori esterni, quali vespe, calabroni, e così via; le api bottinatrici che si spingono, in assenza di fonti di risorse nutritive nei pressi del nido, a distanze a volte di oltre tre chilometri; le api acquaiole, che provvedono al rifornimento di acqua; le api esploratrici che, per mezzo di un'incredibile e inimitabile danza, forniscono al resto della famiglia le indicazioni direzionali, distanziali e più propizie sia per le fonti di cibo che per la sciamatura. Quest'ultimo è l'evento in cui le api mettono in atto, nel modo più assoluto, le loro capacità organizzative più formidabili e inaspettate. Prima o poi giunge, infatti, il momento in cui, tra i mille pericoli a cui sono esposte in natura, devono trasferirsi in un nuovo riparo poiché nella vecchia dimora il superorganismo, avendo raggiunto la sua dimensione massima, si deve dividere e riprodurre generando una nuova famiglia. I fuchi, infine, che si originano per partenogenesi, sprovvisti di pungiglione, incapaci di raccogliere nettare e nutriti costantemente dalle api operaie, trascorrono gran parte della vita all'interno dell'arnia; al momento del volo nuziale dell'ape regina spiccano il volo e, una volta fecondata, terminano la loro funzione e in mancanza di adeguate quantità di riserve nutritive vengono espulsi.



Ape regina

Fuco

Ape operaia

Le api, nella loro istintiva capacità di perpetuare e di perpetuarsi, senza badare a “sacrifici, condanne, energie spese e affetti”, sotto la supervisione della regina prendono le decisioni più importanti in maniera collettiva e perfettamente democratica; il risultato è che questo meccanismo conduce, nella maggior parte dei casi, alla scelta migliore per il benessere di tutta la colonia. Un mondo da cui, idealmente e con molta umiltà, potremmo e dovremmo imparare tutti noi.

Una precisazione importante da fare è che nel testo ci si riferisce sempre ad *Apis mellifera*, sottospecie *ligustica* che, originaria della penisola italiana, è la più apprezzata dagli apicoltori soprattutto per via della docilità. Questa sottospecie è la più diffusa a livello mondiale grazie alla facile adattabilità alla maggior parte delle condizioni climatiche. Un'eccezione è rappresentata, con diffusione limitata al territorio siculo, dalla sottospecie *Apis mellifera sicula* che, nei periodi più caldi dell'anno, riesce a tollerare temperature superiori ai 40°C.

1) Wilson D. S., Sober E., 1989. Reviving the Superorganism. *J. Theor. Biol.*, 136: 337-356.

### 3. I prodotti dell'alveare

Il prodotto dell'alveare più conosciuto, più frequentemente consumato e comunemente associato alle api è il miele. Questi fantastici insetti sono in grado, in realtà, di elaborare svariati prodotti grazie alla loro anatomia ghiandolare, alla necessità di nutrimento che le porta a spostarsi di fiore in fiore e all'istinto di cooperazione e protezione che hanno nei confronti della colonia. Di seguito si riportano i principali.

#### 3.1 Il miele

Il miele è, per definizione, “il prodotto alimentare che le api producono a partire dal nettare dei fiori, dalla melata o dalle secrezioni che le stesse raccolgono sulle piante, combinano con sostanze derivanti dal proprio organismo, trasformano e allestiscono nei favi affinché possa maturare”; si tratta, pertanto, di un prodotto del tutto naturale che, per legge, non può essere diluito o mescolato ad altre sostanze.

Le api sono in grado di succhiare il nettare presente principalmente in strutture florali ed extraflorali chiamate nettarii, grazie a una particolare conformazione dell'apparato boccale denominata “ligula”, ovvero una sorta di proboscide lunga dai 5,5 ai 7 mm. Verosimilmente attratte dagli oli essenziali che conferiscono al nettare un aroma particolarmente gradito, le api, assicurandosi che la conformazione del fiore garantisca alle loro ligule di penetrare fino in fondo al calice florale, preferiscono posarsi sui fiori che dispongono di quantità di nettare elevate, le cui concentrazioni zuccherine siano superiori al 15%. Una volta ingerito, arricchito con enzimi prodotti dalle ghiandole salivari proprie e stoccato nella cosiddetta “borsa melaria” (un rigonfiamento del primo tratto dell'intestino), il nettare va incontro a una riduzione del contenuto di umidità fino a raggiungere valori inferiori al 20% grazie al suo passaggio di ape in ape definito trofallassi. In seguito viene collocato nelle celle dell'arnia e opercolato da un sottile strato di cera affinché si possano concretizzare i processi di maturazione.

Utilizzato fin dall'antichità dall'uomo per le sue proprietà terapeutiche, il miele, di diverse tipologie e caratteristiche in relazione alle essenze da cui deriva, esplica diverse funzioni benefiche per l'organismo: contribuisce alla neutralizzazione dei radicali liberi esercitando una valida azione antiossidante; contrasta la proliferazione batterica agendo da potente antimicrobico gastrointestinale; rafforza l'apoptosi, ovvero la morte cellulare programmata, di diverse cellule cancerogene; svolge attività immunomodulatoria, rinforzando le difese immunitarie del nostro organismo; rappresenta un efficace sedativo della tosse; stimola la guarigione e la rigenerazione dei

tessuti se applicato sulle ferite e garantisce una fonte di energia rapidamente assorbibile grazie alla sua componente glucosidica. L'indice glicemico particolarmente basso ne rende inoltre possibile l'assunzione da parte di soggetti diabetici.

Nonostante i numerosi vantaggi di cui può beneficiare l'organismo, è appropriato considerare il miele un prodotto alimentare piuttosto che un farmaco. Mancano, infatti, studi specifici sull'argomento, ostacolati da una composizione mielistica mai stabile, né vi sono basi scientifiche per poter attribuire ai mieli le proprietà farmacologiche delle specie vegetali da cui derivano.



Un discorso a parte va fatto in relazione al cosiddetto “miele di melata”, i cui protagonisti sono principalmente gli insetti appartenenti all'ordine dei Rincoti Omotteri. Questi, originari dell'America settentrionale e introdotti nel nostro territorio accidentalmente all'inizio degli anni '80, grazie al loro apparato boccale (pungente e succhiante) riescono a perforare i tessuti delle piante per poterne ricavare le sostanze azotate presenti nella linfa. Gli zuccheri in essa contenuti, in eccesso rispetto al loro fabbisogno nutritivo, vengono scartati dagli stessi insetti sotto forma di escrementi e recuperati dalle api. Si può originare, in tal modo, una diversa produzione mellifera che, tuttavia, talvolta può rappresentare una fonte di inquinamento di mieli pregiati.

Il miele di melata è conosciuto anche come “miele di bosco” in ragione delle specie da cui più spesso deriva, quali querce, abeti, aceri, tigli, faggi, pioppi, salici, castagni, larici e pini. Generalmente è meno dolce rispetto al miele ricavato dal nettare in relazione a un contenuto zuccherino inferiore, presenta un colore molto più scuro, per via soprattutto della ricca quantità di polifenoli presenti in esso, e un numero più elevato di sali minerali tra cui spicca il ferro. Questi fattori, unitamente a un insolito aroma caramellato, negli anni passati ne hanno ostacolato fortemente la commercializzazione rivolta a consumatori abituati a un prodotto dalle tonalità più chiare e dal sapore più dolce e delicato.



### 3.2 Il polline

Similmente a ciò che si verifica con la predilezione di determinati nettari piuttosto che di altri, le api non necessariamente si riforniscono di polline derivante da piante che ne producono in abbondanza. E' il caso, ad esempio, delle specie anemofile, il cui polline, seppure abbondante, non è caratterizzato da un valore biologico adeguato alle necessità della colonia, motivo per cui spesso viene bottinato solo in assenza di risorse alternative.

Le api bottinatrici a cui viene affidata la mansione specializzata di raccolta del polline, contraddistinte da una tendenza istintiva a collezionare sostanze polverulente, raccolgono i granuli pollinici derivanti dall'apparato riproduttore floreale maschile e li trattengono grazie alle setole e ai peli di cui sono munite le loro zampe posteriori. Una volta bottinato, il polline viene agglomerato con piccole quantità di nettare e spinto in una concavità denominata "cestella". Quindi le palline, raggiunte le volute dimensioni, vengono trasportate e collocate dalle api in apposite celle del nido.



I granuli pollinici, in base alla specie da cui derivano, alle mescolanze con miele o nettare di diversa provenienza e all'umidità presente nell'atmosfera al momento della raccolta, assumono forme, dimensioni, e colori diversi.

Con un contenuto proteico che arriva fino al 40%, rappresentano la principale fonte aminoacidica per le api mentre per l'uomo costituiscono un'ottima fonte di proteine vegetali ad alto valore biologico.

Il polline viene commercializzato sottovuoto in granuli freschi o essiccati, in polvere, in pasticche o misto ad altri composti.



### 3.3 La propoli

La propoli è una sostanza resinosa di svariata consistenza e colorazione che le api ricavano dalle gemme e dalla corteccia di alcune specie di piante. Una volta raccolta per mezzo delle mandibole, la elaborano mescolandola a polline, cera e a enzimi prodotti dal loro stesso organismo per poi trasportarla all'interno del nido. Grazie ad essa le api contribuiscono al mantenimento di una temperatura adeguata per la sopravvivenza della colonia, sfruttandola come materiale isolante per sigillare l'arnia. È utile, inoltre, per mummificare i cadaveri degli insetti morti all'interno del nido o eventuali predatori che le api non sarebbero in grado di espellere in altri modi.

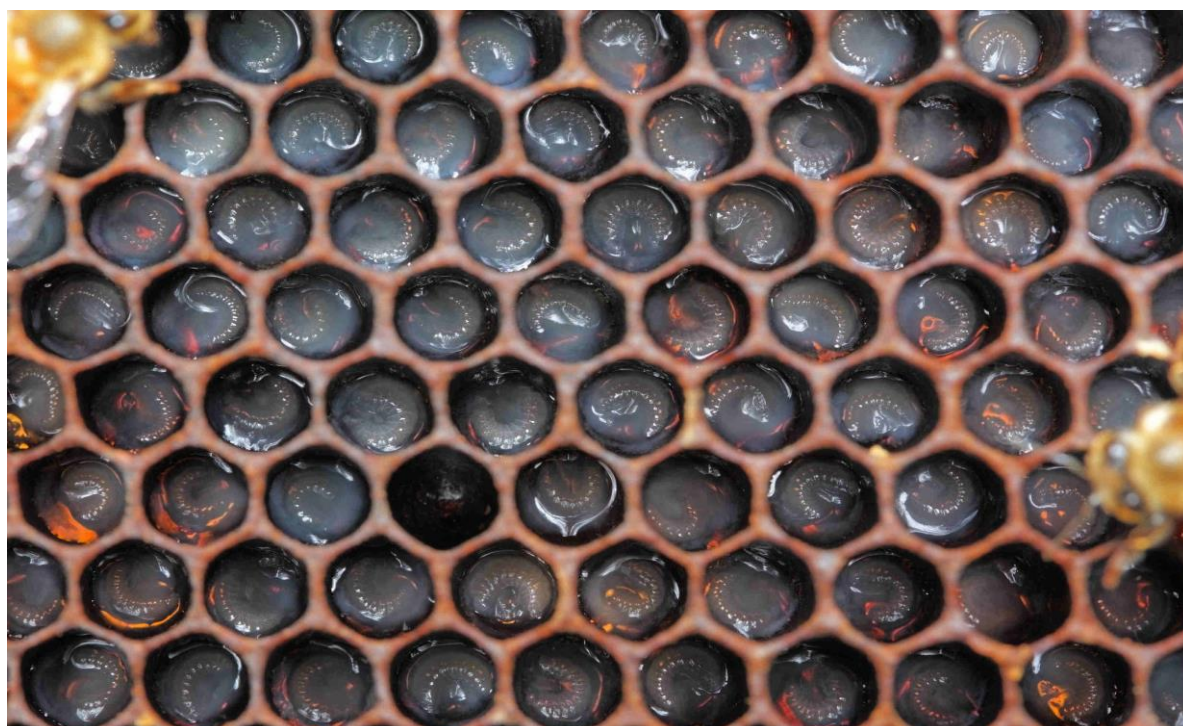


La propoli è ricca di composti fenolici, sali minerali e vitamine che le conferiscono proprietà antinfiammatorie, antimicotiche, cicatrizzanti, immunostimolanti, vasoprotettive e soprattutto antibiotiche, alcune delle quali sono difficilmente riscontrabili nei farmaci convenzionali.

In commercio è reperibile in diverse formulazioni: oli, compresse, tinture e unguenti.

### 3.4 La pappa reale

Le api sono in grado di elaborare un prodotto unico nella sua composizione e proprietà, definita, a questo proposito, alimento “nobile”: la pappa reale. Per mezzo di specializzate ghiandole del capo mescolano nettare, polline ed enzimi propri salivari per dare origine a un alimento che contiene tutti gli otto aminoacidi essenziali, indispensabili all'ape regina perché possa disporre del fabbisogno proteico necessario per deporre le uova e alle giovani larve durante i primi tre giorni perché dispongano delle sostanze essenziali per accrescersi ed essere protette da eventuali patologie.



Dal colore bianco-giallognolo e dal sapore acidulo-zuccherino, la pappa reale funge da potente tonico e stimolante, svolge un'efficace attività antibatterica e anticancerogena e ritarda gli effetti dell'invecchiamento grazie soprattutto al contenuto di vitamine. A scopo commerciale viene prodotta in piccolissime quantità e solo da pochi apicoltori che ne sottraggono ridotte percentuali alle colonie di api. Può essere assunta fresca o liofilizzata, a tutte le età e senza nessuna controindicazione.

### 3.5 La cera

Le api sono in grado di produrre la cera per mezzo delle ghiandole ceripare situate nella zona addominale del corpicino. Previa mescolazione e amalgamazione con piccole quantità di nettare, la cera viene utilizzata dalle api per la costituzione delle celle esagonali, unità fondamentali dell'arnia, in cui le stesse stoccano il miele e il polline, e nutrono le larve.

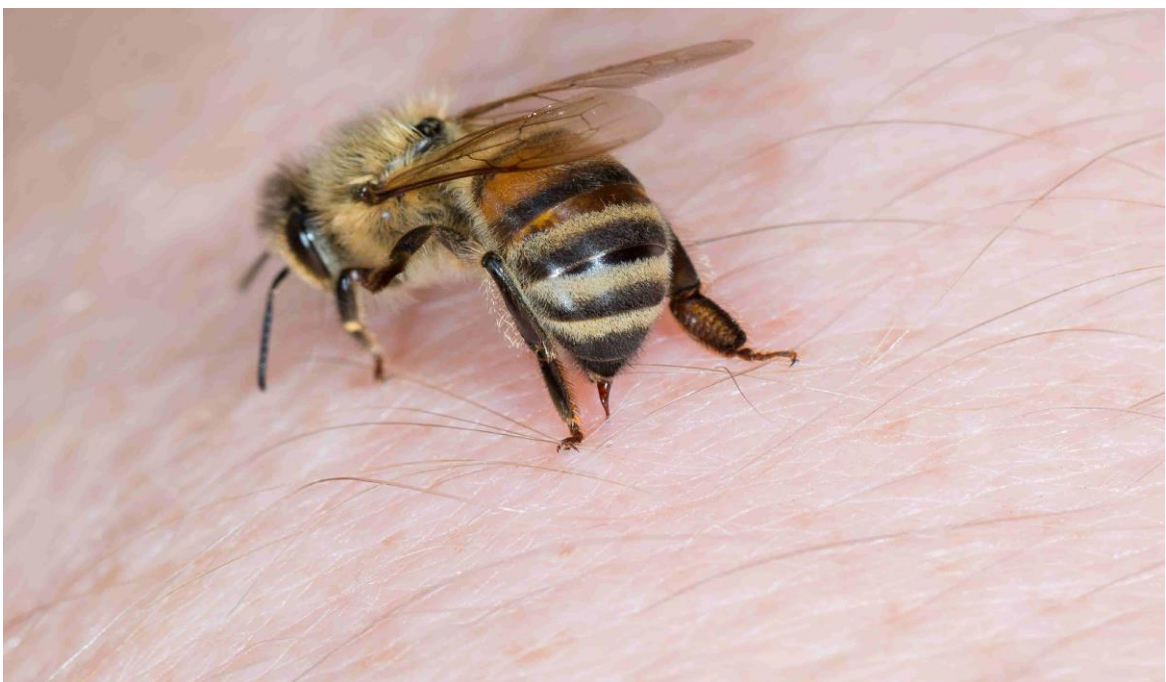


A differenza di quanto accade per i prodotti dell'alveare finora descritti, la cera viene sintetizzata integralmente dalle api, senza la necessità di approvvigionamento esterno della materia prima. E' un prodotto al 100% naturale, che può essere riciclato per la sintesi di fogli cerei, per la produzione di candele profumate di miele, in cosmesi e nell'industria alimentare.



### 3.6 Il veleno

L'apitossina, o veleno d'api, sebbene possa sembrare bizzarro averla inclusa nell'elenco dei prodotti di un alveare, è a tutti gli effetti una sostanza utile e utilizzata in campo farmacologico e cosmetico. Le api operaie sono infatti munite, all'altezza dell'addome, di un apparato velenifero il cui prodotto, appunto il veleno, qualora l'ape lo ritenga necessario per la difesa e l'incolumità della colonia, viene iniettato nell'organismo del soggetto estraneo per mezzo di uno stiletto chiamato pungiglione. Ciò che ne consegue è la morte quasi immediata dell'ape dovuta al distacco parziale dell'addome, nel tentativo della stessa di estrarre il pungiglione dal soggetto punto.



L'estrazione del veleno dai pungiglioni delle api viene effettuata per mezzo di un dispositivo che, diffondendo lievi scosse elettriche, induce le api a pungere per difesa in modo che rilascino il veleno. Questo meccanismo, raramente messo in atto dagli apicoltori, non provoca il distacco del pungiglione garantendo l'incolumità dell'insetto. A seguito di una puntura d'ape i soggetti allergici possono andare incontro a una reazione allergica che si manifesta con un gonfiore più o meno esteso e doloroso o subire, nei casi più gravi, uno shock anafilattico. L'apitossina, tuttavia, se opportunamente dosata e somministrata sotto forma di farmaco, può produrre effetti benefici nella cura contro i reumatismi e i dolori articolari in generale nonché nella cura e nella cicatrizzazione delle ferite.

#### 4. Guida alla lettura della Flora apistica italiana

Di seguito si riportano tabelle e informazioni utili per la conoscenza e la comprensione delle caratteristiche mellifere e polliniche delle specie prese in considerazione.

##### 4.1 I granuli pollinici: dimensione e morfologia

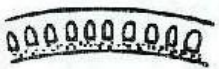




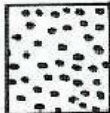


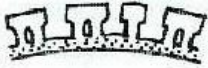



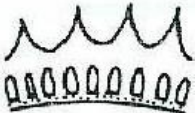

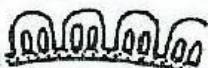

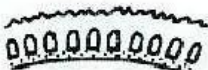

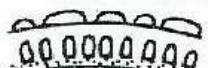


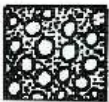
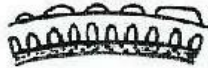







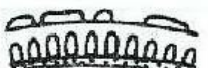


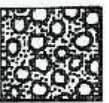

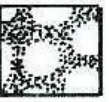


In ciascuna specie i granuli pollinici, appartenenti all'apparato riproduttore maschile del fiore, assumono forme, colori, dimensioni e strutture diverse.

Per quanto riguarda le dimensioni sono considerati “molto piccoli” i granuli che presentano un diametro inferiore a 10  $\mu\text{m}$  e molto grandi quelli il cui diametro supera i 100  $\mu\text{m}$  (le dimensioni medie oscillano, infatti, tra i 25 e i 50  $\mu\text{m}$ ).

Diametro maggiore ( $\mu$ )	Classi di dimensione
< 10	Molto piccolo
10 – 20	Piccolo
20 - 30	Medio piccolo
30 - 40	Medio
40 - 50	Medio grande
50 - 100	Grande
> 100	Molto grande

I granuli, e così il patrimonio genetico contenuto al loro interno, sono costantemente esposti alle diverse condizioni atmosferiche e meteoriche. A meno che non vengano trasportati dalle api all'interno del loro nido, andrebbero facilmente incontro a degradazione se non fosse per via dello “sporoderma”, ossia la parete esterna che li contiene e li protegge. Lo sporoderma è composto da uno strato più interno chiamato “intina” e da una parete più esterna detta “esina”. La superficie di quest'ultima consente di distinguere varie tipologie morfologiche sulla base delle ornamentazioni che la caratterizzano. Queste sono riportate nella figura che segue.

# ESINA

TECTATA		SEMITECTATA			
psilata			reticolata		
forata			rugulata		
foveolata			striata		
echinata			verrucata		
granulata			INTECTATA		
rugulata			baculata		
striata			clavata		
verrucata			pilata		
reticolata			gemmata		
			verrucata		
			granulata		

L'immagine è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

I granuli pollinici, secondo il sistema di riferimento NPC, vengono classificati in base al numero N delle aperture che li caratterizzano, alla loro posizione P e alle caratteristiche morfologiche C. In particolare vengono denominati atremi, monotremi, ditremi, tritremi, e via dicendo, se presentano rispettivamente 0, 1, 2, 3, o più aperture. I granuli anomotremi sono quelli caratterizzati da aperture irregolari.

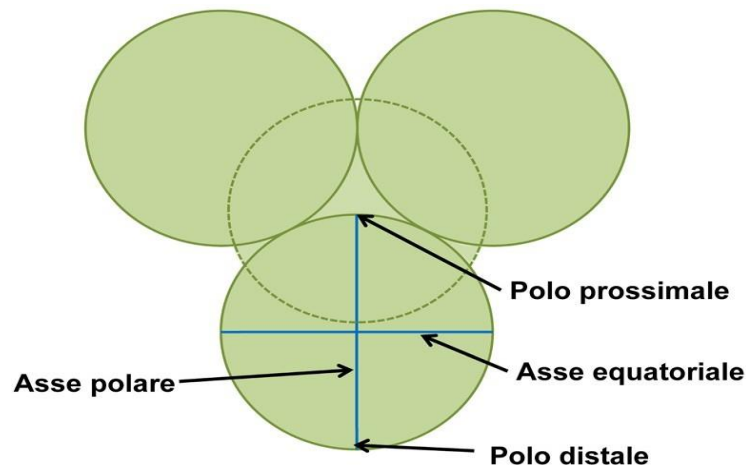
In base alla posizione delle eventuali aperture, la denominazione del granulo può presentare il prefisso “cata” (apertura prossimale), “ana” (apertura distale), “anacata” (apertura distale e prossimale), “zono” (aperture lungo la linea equatoriale) e “panto” (aperture distribuite lungo l'intera superficie granulare).

In assenza di aperture i granuli vengono definiti “inaperturati”. Nel caso in cui, invece, esse siano presenti, vengono definite semplici se danno origine ai cosiddetti granuli “colpati” (allungati) o “porati” (granuli circolari o ovaleggianti), composte se si ha la compresenza di colpi e pori (granuli “colporati”). Nel caso in cui, infine, vi sia presenza contemporanea di aperture semplici e composte, si ha la formazione di granuli “eterocolpati”. I granuli che presentano aperture con caratteristiche incerte assumono la desinenza -tremo; quelli con aperture simili la desinenza -leptoma; quelli costituiti da tre divaricazioni delle aperture -tricotomo-colpato.

Atremi	Nomotremi							Anomotremi
N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>4</sub>	N <sub>5</sub>	N <sub>6</sub>	N <sub>7</sub>	N <sub>8</sub>
	Mono-	Di-	Tri-	Tetra-	Penta-	Esa-	Poli-	
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	
	Cata-	Anacata-	Ana-	Zono-	Dizono-	Panto-		
	-tremo	-leptoma	-tricotomo- colpato	-colpato	-porato	-colporato	-pororato	

L'immagine è stata gentilmente concessa dagli autori dell' “Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico” (2014).

Le tetradi, ovvero le quattro cellule di cui è composto il granulo pollinico all'interno dell'antera, permettono di individuare all'interno del granulo due poli (uno prossimale e uno distale) e due assi (polare ed equatoriale). Dai due poli scaturiscono pollini "isopolari", se tra il lato prossimale e quello distale del granulo non sussistono differenze, pollini "eteropolari", se le differenze sono ben visibili, pollini "subisopolari", se i granuli presentano una conformazione intermedia, e pollini "apolari" in caso, appunto, di apolarità.



L'immagine è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Il rapporto tra l'asse polare e l'asse equatoriale definisce, infine, la forma del granulo, che assume diverse denominazioni in base al rapporto tra gli stessi.

Rapporto P/E = Asse Polare/Asse Equatoriale	Classi di forma
>2.00	Perprolati
2.00 - 1.33	Prolati
1.33 - 1.14	Subprolati
1.14 - 0.88	Sferoidali
0.88 - 0.75	Suboblatti
0.75 - 0.50	Oblatti
<0.50	Peroblatti

## 4.2 Il potere allergenico

Il potere allergenico di un determinato polline dipende, in primis, dal suo contenuto in allergeni. Si tratta di specifiche proteine derivanti in parte dall'esina e in parte dall'intina: esse, una volta stabilito il contatto con la superficie umida delle mucose, scatenano nei soggetti sensibili una tipica reazione allergica caratterizzata da malessere generale e, in particolare, da rinite (ostruzione nasale, rinorrea e starnutazione) che a volte degenera in asma.

Un altro importante fattore che influenza il potere allergizzante di un dato polline è la concentrazione dei granuli nell'atmosfera. Le piante anemofile sono quelle maggiormente responsabili del rilascio di polline leggero (che può restare sospeso nell'aria per periodi piuttosto lunghi) e di dimensioni ridotte che passa facilmente dalle prime vie respiratorie agli alveoli polmonari.

Quanto alla terminologia di riferimento, gli allergeni vengono individuati in base alla specie botanica da cui derivano: quello relativo all'olivo (*Olea europaea*) ad esempio, è denominato "Ole e 1", di cui "Ole" sono le prime tre lettere del genere *Olea*, "e" è la prima lettera della specie *europaea*, e 1 è il numero di isolamento progressivo.

## 4.3 Attitudine mellifera/pollinifera delle specie

Le api bottinano determinate quantità di nettare, polline e melata in quantità variabili in base alle preferenze olfattive e gustative, alla conformazione floreale, che nel caso del nettare permette o meno la penetrazione della ligula fino ai nettarii, alla disponibilità stagionale e alla diffusione delle risorse, e alle necessità della colonia. Ne consegue che risulta abbastanza difficile stabilire con esattezza il contributo delle singole specie vegetali in termini di nutrienti messi a disposizione delle api. Nel corso degli anni tale contributo può, peraltro, variare anche in funzione delle produzioni, del mercato frutticolo e financo dall'utilità attribuita alle varie piante. Alcune specie, ad esempio, sebbene notoriamente appetite dalle api, vengono considerate di scarsa importanza apistica poiché poco diffuse o utilizzate sporadicamente a mero scopo ornamentale. Altre, tipicamente coltivate in monocoltura, sebbene non possano sempre garantire elevate produzioni apistiche, danno origine a miele monoflora (contrassegnato con la lettera M), più raro e pregiato rispetto ai mieli millefloreali e pertanto di valore commerciale superiore.

La tabella che segue riporta, oltre alla specificazione di cui sopra, l'importanza apistica delle specie arboree prese in considerazione che sono state suddivise in 3 classi (1, 2, 3). La dicitura "sì" indica l'eventuale produzione di melata e il simbolo "x" lo scarso o nullo interesse per le api di una determinata risorsa.

SPECIE	POLLINE	NETTARE	MELATA
<i>Abies alba</i>	x	x	sì
<i>Acacia dealbata</i>	2	1	
<i>Acer spp</i>	3	2	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	2	1	
<i>Ailanthus altissima</i>	1	1	
<i>Albizia julibrissin</i>	x	1	
<i>Alnus glutinosa</i>	1	x	
<i>Castanea sativa</i>	M	M	sì
<i>Catalpa bignonioides</i>	x	1	
<i>Ceratonia siliqua</i>	1	M	
<i>Cercis siliquastrum</i>	1	1	sì
<i>Citrus spp</i>	M	M	
Corylaceae	1	x	
<i>Cupressus sempervirens</i>	2	x	
<i>Cydonia oblonga</i>	1	2	
<i>Eriobotrya japonica</i>	x	1	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	M	M	
<i>Fagus sylvatica</i>	1	x	sì
<i>Gleditsia triacanthos</i>	1	1	
<i>Juglans regia</i>	2	x	
<i>Larix decidua</i>	x	x	sì
<i>Laurus nobilis</i>	3	1	
<i>Liriodendron tulipifera</i>	x	3	
<i>Malus x domestica</i>	3	M	
<i>Melia azedarach</i>	x	1	
<i>Olea europaea</i>	2	x	
Palmae	1 – 2	1 – 2	
<i>Paulownia tomentosa</i>	x	1	
<i>Picea abies</i>	x	x	sì
<i>Pinus spp</i>	1	x	
<i>Populus spp</i>	3	x	
<i>Prunus spp</i>	3	M	
<i>Pyrus communis</i>	3	M	
<i>Quercus spp</i>	M	x	sì
<i>Robinia pseudoacacia</i>	x	M	
<i>Salix spp</i>	M	M	
<i>Sophora japonica</i>	x	1	
<i>Sorbus domestica</i>	1	x	
<i>Tilia spp</i>	2	M	sì
<i>Ulmus minor</i>	M	x	

#### 4.4 Il potenziale mellifero

Per potenziale mellifero di una specie si intende la quantità di miele, potenziale e teorica, che si può ricavare dalla coltivazione monospecifica della stessa. Affinchè ciò si verifichi, le condizioni pedoclimatiche in cui la specie si accresce devono essere ottimali e l'ottenimento del miele da parte dell'apicoltore deve essere massimo in relazione all'appetibilità della specie, al fabbisogno della colonia e all'eventuale approvvigionamento di nettare/melata da parte degli insetti pronubi diversi dalle api.

Per poter fare un calcolo del potenziale mellifero occorrerebbe conoscere il numero dei fiori di una determinata specie presente in un ettaro di terreno e la relativa quantità di nettare prodotta. Sapendo che la percentuale di zuccheri contenuta mediamente in un Kg di miele è pari all'80%, la formula da applicare è:

$$\text{Kg miele/ha} = \text{Kg zucchero/ha} \times 100/80$$

I risultati che ne derivano, seppure orientativi, permettono di suddividere le varie specie di piante in 6 classi, a cui corrispondono le relative quantità di miele ottenibile:

Classe I: da 0 a 25 Kg miele/ha

Classe II: da 26 a 50 Kg miele/ha

Classe III: da 51 a 100 Kg miele/ha

Classe IV: da 101 a 200 Kg miele/ha

Classe V: da 201 a 500 Kg miele/ha

Classe VI: oltre 500 Kg miele/ha

Di seguito si riporta il potenziale mellifero di alcune specie selezionate per la loro attitudine nettarifera.

SPECIE	CLASSE
Abies alba	III
Acer campestre	VI
Acer pseudoplatanus	V
Ailanthus altissima	non noto
Castanea sativa	II
Ceratonia siliqua	I
Citrus spp	V
Eucalyptus camaldulensis	VI
Laurus nobilis	I
Malus x domestica	I
Prunus spp	II
Pyrus communis	I
Robinia pseudoacacia	VI
Salix spp	IV
Tilia spp	VI

## 4.5 Le caratteristiche del miele

### 4.5.1 Caratteristiche melissopalinologiche

La melissopalinologia è la branca della palinologia che si occupa, per mezzo dell'analisi microscopica, del riconoscimento botanico e geografico dei mieli in base al contenuto pollinico e di altri elementi indicatori di melata, quali spore, ife fungine o alghe unicellulari, presenti nel loro sedimento.

Il miele, infatti, contiene sempre una determinata quantità di polline che può, ad esempio, costituire una fonte di arricchimento del nettare già a partire dalla fase di bottinaggio da parte delle api. Queste, scuotendo le antere, provocano infatti il distacco dei granuli pollinici. Va sottolineato che maggiore è la dimensione del granulo, minore è la contaminazione del nettare. Pertanto, si parla di polline iporappresentato se il suo contenuto, rispetto al quantitativo di nettare, è (più o meno) basso; al contrario, il polline è iperrappresentato nel caso in cui la sua quantità nel miele è superiore rispetto a quella del nettare; infine, in situazioni intermedie, si parla di rappresentatività normale. Il processo di arricchimento pollinico prosegue durante il trasporto e lo stoccaggio del nettare da parte delle api nel nido e, eventualmente, per via della contaminazione da parte del polline presente in atmosfera e/o nella fase di smielatura eseguita dagli apicoltori a fine estate.

L'analisi melissopalinologica qualitativa identifica le varie tipologie di granulo pollinico con le relative percentuali: si parla di polline dominante se il suo contenuto supera il 45%, polline di accompagnamento se oscilla tra il 16 e il 45%, polline isolato importante se va dal 3 al 15% e polline isolato se è inferiore al 3%. Un miele è considerato monoflora se il polline della specie da cui deriva è dominante. Nel caso contrario, se le percentuali polliniche sono inferiori al 45%, si parla di miele eteroflora. Si parla di miele di melata nel caso in cui l'analisi del sedimento riporta un rapporto tra gli indicatori di melata e i granuli pollinici superiore o uguale a 3.

All'analisi qualitativa può seguire, a scopo di conferma, quella quantitativa che fornisce il numero assoluto dei granuli pollinici contenuti in 10 grammi di miele (PK/10g).

La tabella riportata di seguito indica le classi di rappresentatività dei mieli in base al loro contenuto pollinico:

Classe	PK/10 g	tipo di miele
I	inferiore a 20.000	mieli a polline iporappresentato
II	compreso fra 20.000 e 100.000	mieli a polline normale
III	compreso fra 100.000 e 500.000	mieli a polline iperrappresentato
IV	compreso fra 500.000 e 1.000.000	mieli a polline fortemente iperrappresentato o mieli di pressatura
V	superiore a 1.000.000	quasi esclusivamente mieli di pressatura

#### 4.5.2 Caratteristiche organolettiche

L'analisi sensoriale rappresenta un utilissimo mezzo per la percezione visiva, olfattiva e gustativa del miele evitando, in alcuni casi, di ricorrere agli esami di laboratorio per quanto concerne soprattutto un'eventuale alterazione del prodotto in esame.

Questa analisi resta, tuttavia, di difficile oggettivizzazione. Infatti, il *panel*, o gruppo di assaggio, effettua sui diversi campioni di miele due tipi di analisi: quella descrittiva, servendosi di un apposito vocabolario di riferimento che consente di descrivere le principali caratteristiche organolettiche del miele, cercando di evocare nel lettore le sensazioni che si avvicinano il più possibile a quelle descritte; quella edonistica o affettiva che si basa, piuttosto, sulle preferenze dei consumatori, delineando la tendenza generale della popolazione presa in considerazione in base alle abitudini alimentari e ai condizionamenti socio-culturali.

L'elevata eterogeneità paesaggistica del territorio nazionale rispecchia un'altrettanta diversità floreale che, condizioni meteoriche permettendo, dà la possibilità alle api di sbizzarrirsi nelle composizioni mielistiche più svariate. Per quanto possano risultare simili nel loro genere (millefiori, monoflora, miele di melata), esse variano di anno in anno in base alle disponibilità stagionali. Alcuni mieli, tuttavia, sono inequivocabilmente caratterizzati da una consistenza prevalentemente semi-liquida, un colore scuro, un aroma intenso e un sapore poco dolce (ad esempio il miele di castagno e il miele di melata) mentre altri, che tendono tipicamente a cristallizzare, si contraddistinguono per il colore molto chiaro, per il sapore dolce, delicato e per il fresco profumo che ricorda il fiore di provenienza (ad esempio il miele di agrumi).

#### 4.5.3 Composizione del miele e caratteristiche chimico-fisiche

Alcune sostanze sono sempre presenti in tutti i mieli, seppure in quantità diverse: carboidrati (75-80%), acqua (16,5-18,5%), acidi (0,1-0,5%), minerali (0,1-1,5%), proteine e aminoacidi (0,2-2%), tracce di vitamine e costituenti dell'aroma. Le composizioni sono complesse e possono variare in base alle annate, alle disponibilità floreali e all'incidenza della melata.

##### Zuccheri, cristallizzazione e rotazione specifica

Gli zuccheri, di cui il glucosio e il fruttosio costituiscono circa il 90% del totale, rappresentano i principali componenti del miele. Essi derivano principalmente dal nettare e dalla melata della specie di origine e in piccola parte dalla trasformazione enzimatica attuata dalle api che tramite l'enzima invertasi scindono il saccarosio in glucosio e fruttosio.

La solidificazione del miele, contrariamente a quanto spesso si ipotizzi, nella stragrande maggioranza dei casi non corrisponde a una sua alterazione. Si tratta, piuttosto, di una cristallizzazione, ovvero un processo del tutto naturale che si verifica nel caso in cui il miele contenga una quantità di zucchero superiore a quella in grado di rimanere in soluzione. In particolare, a una temperatura media di 14°C, maggiore è la quantità di glucosio (e minore il conseguente contenuto in acqua in cui esso risulta poco solubile), maggiore è la tendenza alla formazione di cristalli.

Ogni zucchero in soluzione possiede, inoltre, un suo specifico angolo di rotazione, secondo cui il piano della luce polarizzata (le cui onde luminose si muovono in una sola direzione) ruota a destra o a sinistra. Essendo il miele composto da diverse tipologie di zucchero, il suo angolo di rotazione è dato dalla somma degli angoli dei singoli zuccheri: mentre i mieli derivanti da nettare, essendo caratterizzati da valori positivi dell'angolo di rotazione sono per lo più destrorigiri, quelli di melata sono levogiri. La rotazione specifica risulta pertanto utile nella distinzione preliminare tra miele derivante da nettare e miele derivante da melata.

##### Acqua, indice di rifrazione e densità

L'acqua costituisce senz'altro una delle componenti principali del miele e riveste una notevole importanza soprattutto in termini di conservabilità e di qualità.

Le api ventilatrici, dopo il deposito del nettare nei favi da parte delle bottinatrici, provvedono a diminuirne l'elevato contenuto di umidità iniziale (60 - 80%) fino a portarlo a valori compresi tra il 16 e il 18%. Al riguardo, va specificato che è necessario che anche gli apicoltori mantengano il miele maturo e pronto per essere estratto dai favi, a livelli di umidità non superiori al 20% onde evitare

l'innescarsi di processi fermentativi.

L'indice di rifrazione costituisce la diminuzione di velocità subita da un raggio di luce al passaggio da un mezzo all'altro. Nel caso del miele può essere utilizzato per calcolarne il contenuto in acqua: a parità di temperatura questa variazione di velocità, e quindi il relativo indice, aumenta al diminuire del contenuto percentuale di acqua.

Il peso specifico, infine, scaturisce dal rapporto tra la densità del miele e quella (nota) dell'acqua: a una temperatura di 20°C, il valore medio del peso specifico è di 1,422. Anche'esso, quindi, fornisce indirettamente informazioni utili sul contenuto di acqua nel miele.

Acidi organici, pH e acidità totale

Seppur presenti in percentuali ridotte, gli acidi organici rappresentano una componente importante sia per la stabilità del miele in relazione a eventuali microrganismi, sia per l'aroma che gli conferisce. Tra gli acidi organici del miele, che possono presentarsi in forma libera o in forma legata (ad esempio i lattoni), il più rappresentativo è l'acido gluconico. Esso viene prodotto ad opera dell'enzima glucosidasi che in soluzione si attiva trasformando il glucosio in acido gluconico e acqua ossigenata (questo meccanismo spiega, in parte, l'attività antibatterica attribuita al miele).

Espressi in millequivalenti per chilo, i valori dell'acidità totale possono oscillare da 10 a 60, con un pH medio di 4. Esso generalmente è più basso nei mieli di nettare rispetto a quelli di melata.

Sostanze minerali e conducibilità elettrica

L'elemento più incidente sulla composizione del miele, a livello quantitativo, è il potassio; seguono il cloro, lo zolfo, il magnesio, il fosforo, il sodio, il calcio, il ferro, il silicio, il manganese e il rame.

La conducibilità elettrica è un indice utile per la caratterizzazione dei sali minerali contenuti nel miele, i soli in grado di condurre corrente elettrica. I mieli di melata, più ricchi di minerali e per questo più scuri, presentano, di conseguenza, valori di conducibilità maggiori; essa risulta molto utile, ad esempio, nella distinzione tra i mieli di melata e quelli di castagno. L'unità di misura sono i millisiemens/cm.

Proteine, prolina, invertasi e diastasi

Le poche sostanze azotate che entrano a far parte della composizione del miele derivano, in parte da nettare, melata o polline bottinati, in parte dalla secrezione dalle api stesse sotto forma di aminoacidi liberi: un esempio è la prolina. Presente in tutti i mieli, a differenza degli enzimi non subisce processi di degradazione in seguito a eventuali trattamenti termici contribuendo, in tal modo, alla valutazione dell'origine botanica dei mieli (ad esempio il suo contenuto risulta

particolarmente basso nei mieli di agrumi e di robinia).

Oltre agli aminoacidi le api secernono diversi tipi di enzimi. Tramite l'invertasi, ad esempio, scindono il saccarosio contenuto nel nettare e nella melata in glucosio e fruttosio.

Sia l'enzima invertasi che l'enzima diastasi si sviluppano nel miele a seguito di riscaldamento o invecchiamento, rappresentando un valido parametro di freschezza del prodotto. Sebbene la normativa in vigore ne stabilisca i valori minimi, alcune eccezioni sono rappresentate dai mieli per natura poveri di enzimi (ad esempio il miele di robinia e di agrumi) per i quali risultano accettabili valori inferiori. In questi casi, infatti, il contenuto enzimatico viene utilizzato come parametro di caratterizzazione del miele piuttosto che come indicatore di qualità.

Vitamine, costituenti minori e HMF

Le piccolissime percentuali di vitamine riscontrate nel miele (vitamina C e vitamine appartenenti al gruppo B) derivano prettamente dai granuli pollinici con cui il nettare entra in contatto. Per quanto riguarda i costituenti minori, alcune sostanze volatili, quali ad esempio i chetoni, le aldeidi, gli acidi e gli alcoli, partecipano alla tipicità aromatica dei singoli mieli. I composti fenolici quali i flavonoidi, i carotenoidi, gli antociani e le xantofille contribuiscono al colore. L'HMF (idrossimetilfurfurale), una molecola aldeidica che si origina in seguito alla degradazione degli zuccheri, aumenta nel corso della conservazione del miele, soprattutto in ambienti eccessivamente caldi, e rappresenta un ottimo indice di freschezza del prodotto.

Colore

Dal giallo molto chiaro al marroncino, dall'ambrato ai riflessi rossicci, dal marrone scuro al nero, le colorazioni del miele variano, innanzitutto, in base all'origine botanica. Esse assumono toni diversi soprattutto per via dei composti fenolici e dei minerali contenuti nel miele. L'invecchiamento, inoltre, unitamente all'utilizzo di favi obsoleti da parte degli apicoltori o alla scelta di temperature di lavorazione troppo elevate, conferisce al miele un colore più scuro. Determinato per mezzo dell'analisi visiva e di opportune strumentazioni, il colore si misura in mm nella scala Pfund. Si tratta di un semplice strumento comparatore, costituito da una scala di vetrini colorati con diverse gradazioni, da un apposito contenitore onde inserire il campione di miele, e da una scala millimetrata il cui puntatore indica la posizione del colore dei vetrini di riferimento. In genere i mieli di colore molto chiaro hanno valori inferiori a 20 mm (ad esempio il miele di robinia e di agrumi), mentre i mieli molto scuri si avvicinano agli 80 mm (ad esempio il miele di castagno e i mieli di melata).

#### 4.6 La qualità e la valorizzazione del miele

Quello di qualità è un concetto ambiguo e opinabile, soprattutto se si considera il contesto socio-culturale preso in considerazione. Nei Paesi tropicali, ad esempio, l'elevato contenuto di acqua presente nei mieli, con i relativi processi fermentativi che ne possono conseguire, non costituisce un parametro di valutazione qualitativa scadente poiché, in condizioni climatiche di umidità molto elevata, il miele allo stato semi-liquido rappresenta la norma. Nell'America del Nord un miele di qualità corrisponde a un prodotto asettico (pastorizzato/filtrato), dall'aspetto limpido e dal colore trasparente (se alla fine del processo di estrazione e lavorazione il prodotto abbia conservato un sapore assimilabile a quello del miele o meno conta poco). In Europa, invece, due sono i parametri di qualità imprescindibili e oggettivamente riconosciuti: l'autenticità del miele, ovvero la garanzia che il prodotto non venga adulterato in nessun modo, e la salubrità, in riferimento all'assenza di sostanze nocive. Oltre ad essi, rientrano nel concetto di qualità altri tre parametri fondamentali: la pulizia, la freschezza e la conservabilità. Per pulizia si intende sia la scelta, da parte dell'apicoltore, dell'ubicazione dell'alveare (che deve essere lontano da possibili fonti di inquinamento quali le discariche, le zone industriali, le aree urbane e le aree agricole in cui si fa un uso indiscriminato di agrofarmaci), sia la gestione delle arnie in termini di trattamenti sanitari che non comportino il rilascio di sostanze nocive e che prevedano la sostituzione periodica dei vecchi favi e l'igiene dei locali durante le fasi che riguardano l'estrazione del prodotto. La freschezza del miele, invece, è relativa alle fasi successive all'estrazione. Nel tempo, quasi inevitabilmente, la fragranza del prodotto va a ridursi, ma se la temperatura di conservazione del miele viene mantenuta al di sotto dei 20°C, i processi di invecchiamento, quali l'incurimento del colore, la perdita dell'aroma, l'aumento dell'HMF e l'inattivazione degli enzimi, si verificano in tempi più lunghi. Infine, per conservabilità si intende la capacità di conservare il miele almeno fino alla stagione produttiva successiva, garantendo condizioni di umidità adeguate. Il miele, infatti, è un alimento igroscopico: percentuali di umidità relativa superiori al 20% nei locali di conservazione, possono provocare la proliferazione dei lieviti osmofili con conseguente innesco dei relativi processi di fermentazione.

Il miele di qualità, previa specifiche analisi di laboratorio, può essere valorizzato commercialmente tramite il riconoscimento di particolari denominazioni, quali "I.G.P." (Indicazione Geografica Protetta), "D.O.P." (Denominazione di Origine Protetta), miele unifiorale, miele biologico.

Conferito dall'Unione Europea, il marchio I.G.P. denota i prodotti di cui almeno una specifica caratteristica è peculiare dell'area geografica in cui è stata svolta la produzione, la trasformazione

e/o l'elaborazione del prodotto.

Il marchio D.O.P., similmente, viene conferito ai prodotti originari di un luogo specifico. Le caratteristiche dei prodotti che ne derivano sono rappresentative dei processi naturali e umani che si svolgono nel luogo d'origine stesso.

La produzione di miele monoflora permette invece al consumatore di accedere a una fascia di mercato selezionata con la garanzia che il prodotto presenti caratteristiche costanti e riconoscibili.

Per quanto riguarda il miele biologico, infine, un apposito Disciplinare stabilisce sia le modalità di produzione che le tempistiche di conversione dell'alveare. In particolare gli alveari, perchè il prodotto possa godere dell'etichetta autorizzata dall'Ente certificatore, devono essere ubicati in aree in cui non si pratici l'agricoltura intensiva, con una distanza minima di tre chilometri da possibili fonti inquinanti; gli stessi sciami devono provenire da aziende biologiche certificate; i fogli cerei messi a disposizione delle api devono essere costituiti da cera biologica; le api, nei periodi di carenza di risorse nutritive, possono essere alimentate solo con cibo biologico quale ad esempio zucchero candito o polline, e curate da eventuali patologie stagionali, come ad esempio la *Varroa destructor*, solo con prodotti a base di acido formico, acido ossalico e timolo. Infine il laboratorio in cui viene effettuata l'estrazione del miele deve poter essere utilizzato solo per l'estrazione di miele biologico.

#### 4.7 I principali produttori di miele: “Grandi mieli d'Italia, Tre Gocce d'oro”

“Grandi mieli d'Italia, Tre Gocce d'oro” è un concorso annuale, organizzato dal 1981 dall'Osservatorio Nazionale Miele, al quale partecipano gli apicoltori provenienti da tutta Italia. La rivista dell'Osservatorio è disponibile sia in forma digitale che in forma cartacea, e rappresenta uno strumento molto utile per il consumatore, soprattutto per quello attento alla qualità. I campioni di miele portati dai vari partecipanti, infatti, vengono scrupolosamente analizzati in due diversi laboratori perchè se ne possano valutare le caratteristiche, con gli eventuali difetti qualitativi. Dopo un'attenta analisi, gli esperti del settore eleggono ogni anno e per ogni tipologia di miele il vincitore assoluto di “Tre Gocce d'Oro” e i vincitori di Due e di Una Goccia d'Oro.

## 5. Elenco ragionato delle specie di interesse apistico: le specie arboree

### Specie agro-forestali esotiche:

*Citrus* spp: *Citrus bergamia* Risso & Poit., *Citrus clementina*, *Citrus deliciosa* Ten., *Citrus grandis* (L.) Osbeck, *Citrus limon* (L.) Burm.f., *Citrus medica* L., *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

*Eriobotrya japonica* Thunb.

*Juglans regia* L.

### Specie agro-forestali native:

*Ceratonia siliqua* L.

*Cydonia oblonga* Mill

*Malus x domestica* Borkh

*Olea europaea* L.

*Prunus* spp: *P. armeniaca* L., *P. avium* L., *P. cerasus* L., *P. domestica* L., *P. dulcis* D. A. Webb, *P. persica* Batsch

### Specie forestali esotiche:

*Acacia dealbata* Link

*Aesculus hippocastanum* L.

*Ailanthus altissima* (Mill)

*Albizia julibrissin* Durazz.

*Catalpa bignonioides* Walter

*Cupressus sempervirens* L.

*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

*Gleditsia triacanthos* L.

*Liriodendron tulipifera* L.

*Melia azedarach* L.

*Paulownia tomentosa* (Thunb) Steud

*Phoenix dactylifera* L.

*Robinia pseudacacia* L.

*Sophora japonica* L.

*Trachycarpus fortunei* Wendl. Fil.

Specie forestali native:

*Abies alba* Mill

*Acer* spp (*Acer campestre* L., *Acer negundo* L., *Acer pseudoplatanus* L.)

*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn

*Castanea sativa* Mill

*Cercis siliquastrum* L.

*Chamaerops humilis* L

*Corylaceae* (*Carpinus betulus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Corylus avellana* L.)

*Fagus sylvatica* L.

*Larix decidua* Mill

*Laurus nobilis* L.

*Picea abies* (L.) H. Karst

*Pinus* spp

*Populus* spp (*Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L.)

*Pyrus communis* L.

*Quercus* spp

*Salix* spp (*S. alba* L., *S. babylonica* L., *S. fragilis* L.)

*Sorbus domestica* L.

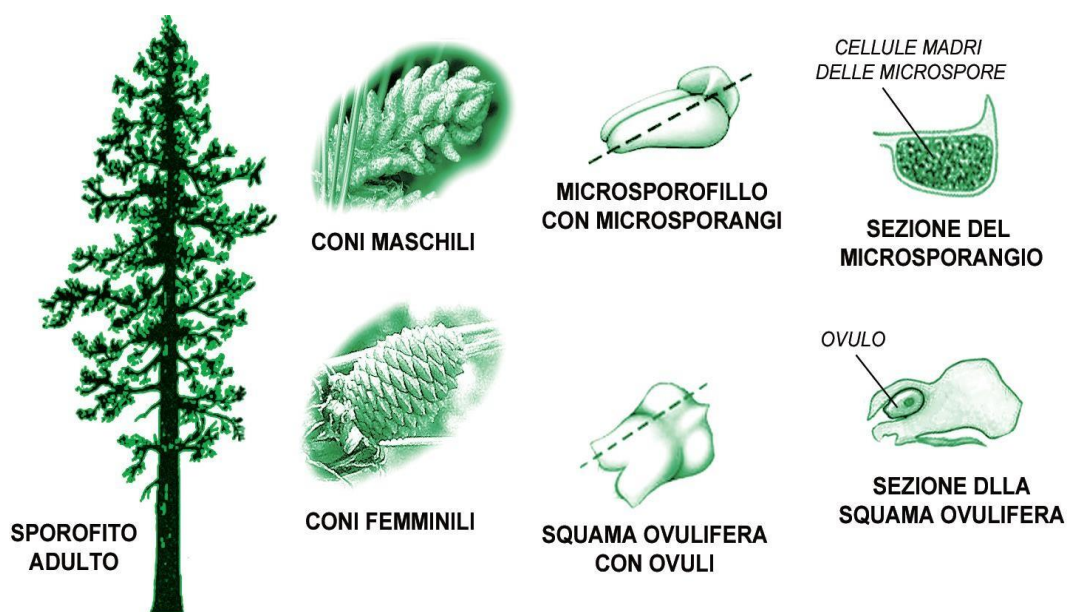
*Tilia* spp (*Tilia americana* L., *Tilia platyphyllos* Scop.)

*Ulmus minor* Mill.

## 6. Le specie arboree più rilevanti ai fini delle produzioni apistiche

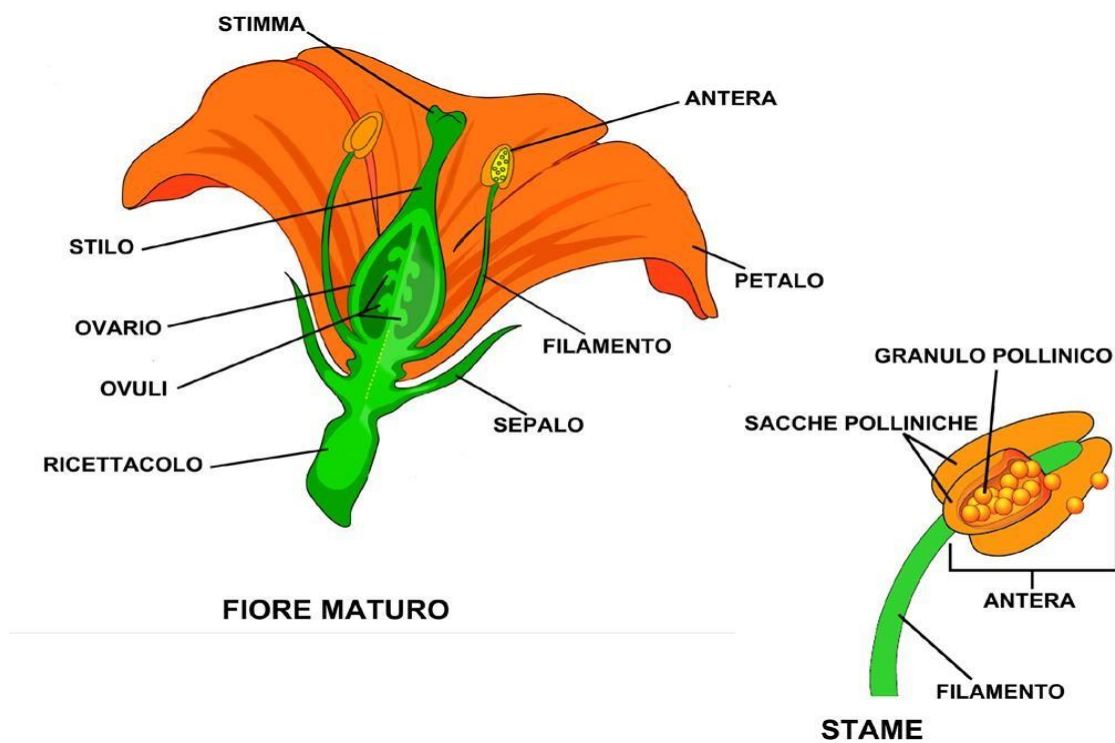
In questo primo Volume di “Flora apistica italiana” l'attenzione è stata rivolta alle specie mellifere arboree, sia gimnosperme che angiosperme, con le relative caratteristiche florali.

Le gimnosperme, ovvero le piante che producono semi nudi (non protetti da un ovario) a contatto diretto con l'ambiente esterno, sono caratterizzate da fiori più primitivi rispetto alle angiosperme, tutti unisessuali, senza sepali né petali, con le varie componenti disposte lungo un asse florale. Il granulo pollinico è costituito da un ridotto gametofito maschile non munito di anteridi che, trasportato principalmente dal vento (impollinazione anemofila) raggiunge gli ovuli femminili affinché, a seguito della fecondazione, si possa originare il seme.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' “Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico” (2014).

Le angiosperme sono caratterizzate invece da fiori come li intendiamo abitualmente nel senso comune: ermafroditi o unisessuali, di forme, dimensioni e colori diversi, sul ricettacolo si inseriscono sia le parti sterili sia le parti fertili. Le parti sterili sono costituite dal calice (composto dai sepali, ossia le foglioline che si trovano alla base del fiore) e dalla corolla (composta dai petali). Nelle parti fertili quella maschile (l'androceo, che si compone degli stami, ovvero i filamenti e le antere da cui scaturiscono le sacche polliniche) è distinta da quella femminile (il gineceo o pistillo, costituita da uno o più ovari che si prolungano in un filamento detto stilo, che sfocia a sua volta nello stigma, ovvero la struttura che riceve il granulo pollinico). A fecondazione avvenuta, l'ovario si trasforma in frutto, che contiene il seme.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell'“Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico” (2014).

Di seguito si riporta una scheda che per ciascuna specie individuata descrive le caratteristiche botaniche, il tipo di impollinazione e le strategie di attrazione nei confronti degli insetti pronubi, le esigenze pedoclimatiche con la relativa distribuzione territoriale, la struttura pollinica accompagnata da un'eventuale allergenicità, l'attitudine specifica (nettariifera/pollinifera), il potenziale mellifero, le caratteristiche del miele (melissopalinologiche, organolettiche e chimico-fisiche), le principali zone di produzione sul territorio nazionale, eventuali certificazioni e/o denominazioni.

## CASTANEA SATIVA MILL.

Nome scientifico: *Castanea sativa* Mill.

Famiglia: Fagaceae

Nome italiano: castagno europeo



Descrizione botanica: il castagno europeo è un albero deciduo che può raggiungere l'altezza di 30 metri. Il portamento è maestoso e la chioma, espansa e rotondeggiante, sovrasta un tronco di dimensioni notevoli con corteccia di colore cinerino e dall'aspetto liscio. L'apparato radicale è costituito da un fittone di limitato sviluppo in profondità e da assai ramificate radici laterali che consentono alla pianta di saldarsi tenacemente al suolo.



Lunghe fino a 20 cm e larghe fino a 10 cm, le foglie, brevemente picciolate, sono semplici, alterne, di forma lanceolata e seghettate al margine.



Il frutto è un achenio (comunemente chiamato “castagna”) con pericarpo marrone, glabro all'esterno e tomentoso all'interno. All'interno di un involucrio spinoso, comunemente chiamato “riccio”, sono racchiusi gli acheni in numero variabile da 1 a 3.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: *Castanea sativa*, a differenza di altre specie caratteristiche dei nostri climi, entra nella fase vegetativa piuttosto tardivamente. La schiusura delle gemme, l'emissione delle foglie e l'avvio dell'antesi avvengono solitamente tra la fine aprile e l'inizio maggio, permettendo così alla pianta di ridurre i rischi connessi alle gelate tardive, soprattutto durante la fase di fioritura. La pianta è monoica e costituita da fiori unisessuali morfologicamente molto diversi. I fiori maschili si riuniscono in glomeruli che formano, a loro volta, amenti di colore biancastro lunghi 5–15 cm che si sviluppano all'ascella delle foglie. Il perigonio dei fiori è costituito da 6 lobi e da un androceo composto da 6-15 stami. A seconda della varietà di castagno, le infiorescenze maschili possono essere, in base alla presenza o meno degli stami e alla lunghezza delle antere, di diverso tipo: astaminee (prive di stami), brachistaminee (costituite da stami corti), mesostaminee (caratterizzate da stami di lunghezza media), longistaminee, di particolare interesse apistico in quanto le loro antere, molto evidenti, superano il perigonio ed emettono polline fertile in grandi quantità. I fiori femminili sono sessili; posti alla base dei fiori maschili, si presentano a gruppi di due o tre, avvolti da un involucro verde denominato "cupola".



Fiori maschili



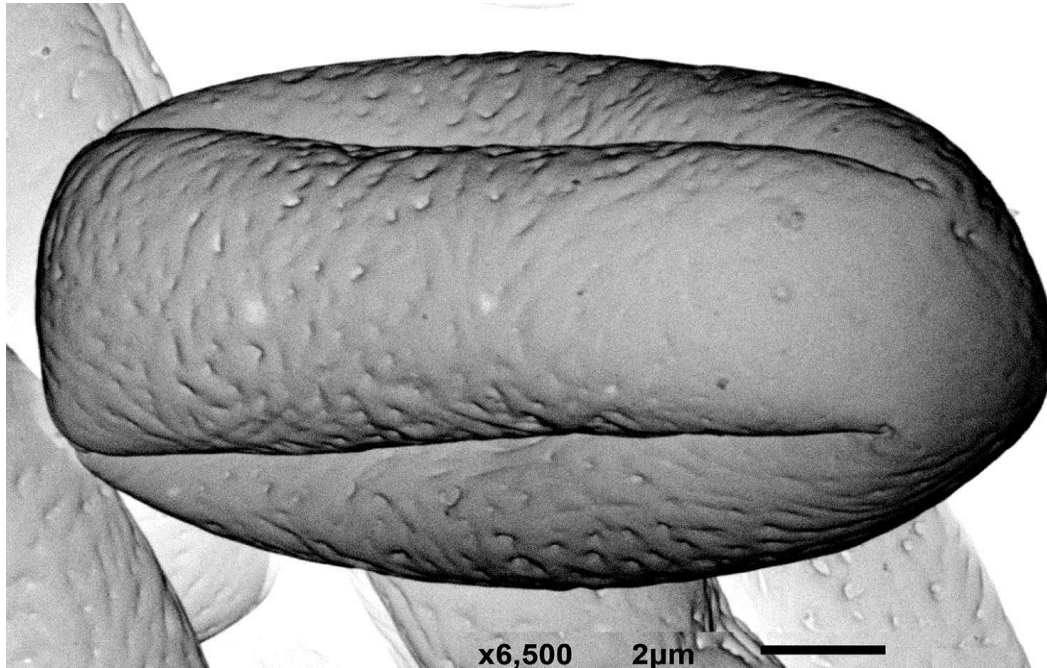
Fiori femminili

Distribuzione in Italia: il castagno europeo, originario dell'Europa meridionale, del Nord Africa e dell'Asia occidentale, fa parte tipicamente della foresta decidua temperata mesofila. A queste condizioni pedoclimatiche si associa, in purezza o consociato, alle diverse specie del genere *Quercus*, al faggio, al frassino, al carpino nero, al noce, al nocciolo, ecc., con cui, a diverse altitudini, costituisce associazioni boschive notevolmente estese. *Castanea europaea* vegeta nel *Castanetum* (la zona fitoclimatica a cui dà il nome) estendendosi, per introduzione da parte dell'uomo, anche nelle zone più fresche del *Lauretum*. Si rinviene, in genere, su quote variabili dai 300-400 metri s.l.m. fino agli 800 metri nelle zone alpine. Nell'Appennino meridionale può diffondersi fino ai 1000-1300 metri. Il castagno europeo trova il suo *optimum* di crescita in tutto il versante tirrenico della penisola (Calabria, Toscana e Liguria) e in quello occidentale dell'arco alpino piemontese; è sporadico nel versante adriatico e nel Triveneto, mentre nella Pianura Padana è quasi assente. Nelle isole si ritrova di rado e in maniera frammentata prediligendo le stazioni più fresche. La concentrazione di maggior rilievo è circoscritta nell'areale campano che contribuisce per circa il 50% all'intera produzione nazionale di castagne. Si tratta, dunque, di una tipica specie degli ambienti boschivi collinari e di quelli montani di bassa quota.

Esigenze pedoclimatiche: *Castanea europaea* è una specie mesofila, moderatamente esigente in umidità e abbastanza tollerante ai freddi invernali subendo danni solo a temperature inferiori a -25°C. Essa diventa più esigente durante la stagione vegetativa, fase in cui la sua attività, in condizioni di moderata siccità estiva, può rallentare provocando irregolarità nella fruttificazione. Nebbie persistenti e piovosità eccessiva durante i mesi di giugno e luglio ostacolano l'impollinazione incidendo negativamente sulle produzioni. Negli stadi fenologici iniziali il castagno tollera un moderato ombreggiamento e in fase di produzione richiede una maggiore eliofilia. La sua distribuzione, considerate le notevoli esigenze pedologiche, è strettamente correlata alla geologia del territorio: predilige, infatti, i terreni ben dotati di potassio, fosforo e humus, con pH neutri o moderatamente acidi, tendenzialmente sciolti, e preferibilmente derivati da rocce vulcaniche.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: specie morfologicamente monoica, *Castanea europaea* si comporta da specie dioica essendo autosterile e quindi non in grado di autofecondarsi. Contrariamente al resto delle Fagaceae mellifere presenta caratteristiche tipiche dell'impollinazione sia entomofila che anemofila. Il colore, il profumo, l'"effetto massa" e l'elevata produzione di nettare degli amenti maschili attraggono gli insetti pronubi. La consistenza del polline che difficilmente aderisce allo stigma rende più probabile ed efficace la dispersione da parte del vento. Condizioni climatiche particolarmente umide durante la fioritura rendono l'impollinazione da parte degli insetti pronubi importante in quanto il polline assume una consistenza viscosa ed appiccicosa diventando poco idoneo ad essere trasportato dalle correnti d'aria.

Morfologia del polline: di dimensioni piccole, il granulo pollinico di *Castanea sativa* è tricolporato, prolato e isopolare. L'asse polare misura 18,8 (17-21)  $\mu\text{m}$  e l'asse equatoriale 13,6 (13-14)  $\mu\text{m}$ . L'esina è finemente rugulata.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Potere allergenico: moderato. Sono stati caratterizzati tre allergeni: Cas s 1, Cas s 5 e Cas s 8. Si possono, inoltre, verificare reazioni crociate con altri generi della famiglia *Fagaceae* (*Fagus*, *Quercus*) e con rappresentanti delle *Betulaceae* (*Betula*, *Alnus*) e delle *Corylaceae* (*Corylus*, *Carpinus*, *Ostrya*).

Interesse apistico: nettare M; polline M; melata

Le api sono solite visitare le piante di castagno europeo non solo in funzione della produzione di miele ma anche per l'approvvigionamento del polline che può rappresentare il 100% dei raccolti all'inizio dell'estate. A causa delle dimensioni esigue dei granuli pollinici il polline di castagno è iperrappresentato e affinché possa considerarsi monoflora deve trovarsi nel sedimento del miele in percentuali superiori al 90%.

Oltre al nettare e al polline *Castanea sativa* può offrire anche la produzione di melata grazie all'attacco da parte di insetti Rincoti Omotteri, quali *Lachnus roboris* L. della famiglia Lachnidae, *Myzocallis castanicola* (Baker) della famiglia Callaphididae e *Parthenolecanium rufulum* (Cockrell) della famiglia Coccidae.

Potenziale mellifero: classe II (da 26 a 50 Kg miele/ha)

## Caratteristiche del miele:

Caratteristiche melissopalinoologiche						
Percentuale di polline di <i>Castanea sativa</i>				superiore a 90%		
Numero assoluto di granuli pollinici in 10 g di miele (PK/10g)				media =279.900 deviazione standard = 164.400		
Classe di rappresentatività				III - IV (PK/10 g: superiore a 100.000)		
Aspetti organolettici						
Esame visivo						
Stato fisico		liquido a cristallizzazione molto lenta, non sempre regolare				
Colore		ambra più o meno scuro, con tonalità rossiccio/verdastre nel miele liquido; marrone se cristallizzato				
Esame olfattivo						
Intensità odore		almeno intenso				
Descrizione odore		molto caratteristico; aromatico, pungente, acre, verde, vegetale/erbaceo, di legno, di tannino, fenolico, amaro, di ceci lessati, di cartone bagnato, di sapone di Marsiglia				
Esame gustativo						
Sapore		poco dolce; normalmente acido; decisamente o molto amaro; tannico, astringente				
Intensità aroma		almeno intenso				
Descrizione aroma		molto caratteristico, simile all'odore				
Persistenza		molto persistente soprattutto nella componente amara				
Proprietà chimico-fisiche						
		media	dev.st			media
Acqua	g/100g	17,5	0,9	pH		5,3
HMF	mg/kg	1,7	1,7	Acidità libera	meq/kg	13,4
Diastasi	ND	24,5	5,2	Lattoni	meq/kg	1,7
Invertasi	NI	21,6	4,0	Acidità totale	meq/kg	15,5
Prolina	mg/100g	59,0	15,0	Fruttosio	g/100g	41,9
Conducibilità elettrica	mS cm <sup>-1</sup>	1,40	0,24	Glucosio	g/100g	26,4
Rotazione specifica		-16,4	3,4	Saccarosio	g/100g	0,04
Colore	mm Pfund	89,1	16,9	Maltosio	g/100g	0,8
				Isomaltosio	g/100g	1,9
				Fruttosio + Glucosio	g/100g	68,3
				Fruttosio / Glucosio		1,59
				Glucosio / Acqua		1,51



#### NOTE

Deroghe previste:

- Conducibilità elettrica non inferiore a  $0,8 \text{ mS} \times \text{cm}^{-1}$ .
- Caratteristiche chimico-fisiche: valori elevati di invertasi, conducibilità elettrica e pH. Valori medio-alti di diastasi e colore e medio-bassi di acidità. Zuccheri: valori elevati di fruttosio e F/G; valori bassi di glucosio e G/H<sub>2</sub>O.

Fra gli oligosaccaridi va segnalata la presenza di isomaltosio (media 1,9 g/100g).

Zone di produzione in territorio nazionale: quella di castagno costituisce una delle principali produzioni nazionali di miele, sebbene abbia fatto fatica ad affermarsi per via dell'aroma (forte e amaro) e per via del colore scuro; solo negli anni '80 ha cominciato ad avere un suo mercato (si pensi che, negli anni precedenti, molti apicoltori praticavano la cosiddetta "transumanza di fuga", per evitare di produrlo). Nelle zone del territorio italiano in cui la diffusione di *Castanea sativa* è maggiore si producono cospicue partite di miele monoflora: le Alpi e le Prealpi liguri e piemontesi, e l'Appennino Tosco-Emiliano offrono le quantità più ingenti; più sporadiche sono le produzioni che derivano dalle porzioni centrale e meridionale dell'Appennino e dalle zone montuose della Sicilia e della Sardegna.

Produttori italiani vincitori del concorso "3 Gocce d'oro"

Vincitore 3 gocce d'oro 2019

Attilio Luboz

Apicoltura Attilio Luboz, Loc. Pelon, 4 - Saint Pierre 11010 (AO)

Zona di produzione: boschi di castagni e altre latifoglie presso Cesare in comune di San Martino Canavese (TO), Piemonte, a un'altitudine di 385 metri s.l.m.

Vincitori 2 Gocce d'oro 2019 (primi tre)

Antonio Ghione, Via Nazionale 83 - Cambiano (TO). Prodotto a: Brossasco Valle Varaita - Brossasco (CN)

Apicoltura Alveare Bianco, Contrada San Lorenzo, 19 - Ostuni (BR). Prodotto a: Vulture - Barile (PZ)

Apicoltura Andrea Battan, Via Trento 22 - Curtarolo (PD). Prodotto a: Pedemontana del Monte Grappa, Pieve del Grappa (TV)

Vincitori 1 Goccia d'oro 2019 (primi tre)

Anna Alessio, Via Cristoforo Colombo, 99 - Acri (CS). Prodotto a: Sila Greca - Acri (CS)

Apicoltura Bee Slow di Emiliano Barbato, Via Mondoni, 47 - San Germano Chisone (TO). Prodotto a: San Germano Chisone (TO)

Apicoltura Canavesana di Deborah Caserio, Via Corte D'Assise, 21 - Ivrea (TO). Prodotto a: Strambinello (TO)

Denominazioni:

- miele monoflora della lunigiana DOP (unica denominazione che beneficia della tutela europea)
- miele monoflora delle dolomiti bellunesi DOP
- miele di Valtellina - regime transitorio per la DOP (domanda presentata il 10/05/2011)

Altre utilizzazioni: il miele di castagno si presenta spesso misto a quello di tiglio per via della sovrapposizione della fioritura delle due specie (in tal caso viene comunemente chiamato "castiglio") assumendo una nota medicinale/mentolata. Spesso risulta misto anche alla melata, o va a costituire il miele di melata di bosco in purezza: in entrambi i casi il colore è più scuro e il sapore meno amaro rispetto a quando è composto totalmente da nettare. A questo proposito è utile precisare che le principali differenze tra una partita e l'altra dipendono, nella maggior parte dei casi, più che dalla flora di accompagnamento dalla più o meno abbondante presenza di melata della stessa specie.

Particolarmente calorico e ricco di proteine e vitamine, il miele di castagno costituisce un'ottima fonte di antiossidanti e di sali minerali (manganese, potassio, calcio e in particolare ferro). Rispetto ai mieli dal colore più chiaro e dal sapore più delicato, possiede proprietà anti-batteriche superiori, può esercitare una forte attività antimicrobica contro i batteri *Stafilococco aureo* ed *Escherichia coli* e agire efficacemente anche in casi di *Helicobacter pylori* e *Candida albicans*. Grazie alle sue proprietà emollienti e lubrificanti può essere efficacemente utilizzato nel trattamento delle infezioni respiratorie, contro la tosse e il mal di gola. Per via del suo potenziale nutritivo e idratante ha trovato applicabilità anche nel campo della cosmetica in formulati applicabili sulla pelle e sui capelli.

Sebbene il retrogusto amarognolo non lo renda facilmente apprezzabile, in ambito culinario si sposa bene con carni e formaggi, accompagnando in particolare la caciotta, il caciocavallo, i caprini, il parmigiano e gli erborinati.

## *OLEA EUROPAEA* L.

Nome scientifico: *Olea europaea* L.

Famiglia: Oleaceae

Nome italiano: olivo



Descrizione botanica: specie sempreverde, l'olivo in natura ha un aspetto cespuglioso, tipicamente basitono ed è caratterizzato da una modesta attitudine pollonifera. In condizioni climatiche favorevoli può diventare millenario e arrivare ad altezze di 15-20 metri. Nelle piante adulte il fusto è di colore grigio chiaro, di forma cilindrica ma contorto e ricco di globosità, segnato in lunghezza da costolature molto marcate. Le radici sono superficiali e piuttosto espanse.





Le foglie sono brevemente picciolate, semplici, di forma lanceolata e di consistenza coriacea, lunghe dai 5 ai 10 cm. La pagina superiore è munita di una spessa cuticola, quella inferiore è di colore più chiaro (grigio-argenteo) e regola in maniera molto efficace i fenomeni di traspirazione.



Il frutto è una drupa di forma ovoidale il cui colore varia dal verde al violaceo. La polpa (mesocarpo) è carnosa e ricca di olio. Il seme è contenuto nell'endocarpo legnoso, è duro e di forma molto simile a quella della drupa.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: i fiori sono raggruppati in numero di 10-15 in infiorescenze a grappolo dette "mignole". Generalmente ermafroditi, sono piccoli, cortamente pedunculati, costituiti da una corolla gametopetala formata da 4 petali bianchi e da un calice formato da 4 sepali. Il pistillo è composto da un breve stilo e da uno stigma bifido. Gli stami sono in numero di 2 e presentano i filamenti saldati alla corolla. La fioritura dell'olivo si protrae da Aprile a Giugno. L'emissione delle infiorescenze ("mignolatura") è scalare e abbastanza precoce e può subire gravi danni causati dalle gelate tardive. La fioritura vera e propria avviene tra la fine di maggio e la prima decade di giugno. Lo stigma resta recettivo per 4-5 giorni.



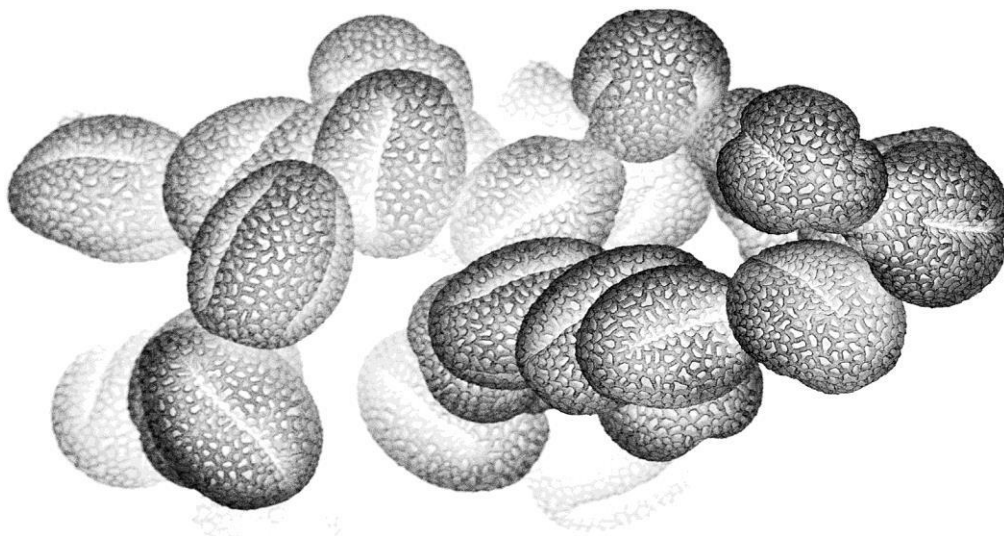
Distribuzione in Italia: *Olea europaea* è una specie originaria dell'Asia Minore e della Siria. Nel nostro Paese la sottospecie spontanea dell'olivo (*Olea oleaster*) trova il suo areale di vegetazione ottimale nella sottozona calda del Lauretum. *O. oleaster* costituisce una delle specie più rappresentative della macchia termoxerofila (*Oleo-ceratonion* e *Oleo-lentiscetum*), diventando più raro e sporadico nell'associazione *Quercion ilicis* della macchia mediterranea. In Italia le coltivazioni olivicole si concentrano soprattutto nel centro-sud: in primis in Puglia, seguita dalla Sicilia, dalla Calabria, dall'Abruzzo, dalla Campania, dal Lazio e infine dalla Toscana. Condizioni pedoclimatiche permettendo, *O. europaea* si rinviene anche nella Riviera ligure e sulle colline del Lago di Garda e della Romagna. Se consideriamo la giacitura, l'olivo è diffuso soprattutto in collina (67%), molto meno in pianura (22%) e ancora di meno in montagna (11%).

Esigenze pedoclimatiche: pianta tipicamente termofila, eliofila e con spiccati caratteri di xerofilia, l'olivo predilige i climi temperato-caldi, che escludono abbassamenti di temperatura eccessivi e duraturi e caratterizzati da precipitazioni non troppo abbondanti. Nonostante si tratti di una specie xerofita, la siccità prolungata risulta particolarmente dannosa in diversi stadi fenologici, fioritura compresa, tanto che a volte si rende necessaria l'irrigazione.

Per quanto riguarda i freddi invernali, l'olivo può subire danneggiamenti già a temperature di  $-7^{\circ}\text{C}$ ,  $-8^{\circ}\text{C}$ . In termini di esigenze pedologiche è una specie poco esigente, tuttavia predilige i terreni di medio impasto, sciolti, freschi, ben drenati e calcarei, mentre rifugge quelli umidi e pesanti e quelli eccessivamente siccitosi.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: i fiori dell'olivo possono subire abbastanza frequentemente aborti ovarici o regressione degli ovari stessi e la colatura è la più alta osservata nelle piante da frutto. Ciononostante i fiori sono così numerosi da garantire una produzione normale nella maggior parte delle condizioni. Si tratta di una specie principalmente autoincompatibile che necessita di piante impollinatrici, regolarmente distanziate e alternate a quelle da fecondare. La sterilità fisiologica è diffusa, causata da difficoltà germinative del polline e di sviluppo del budello pollinico sullo stigma. Il polline, trasportato dal vento anche a distanze di parecchi chilometri, costituisce l'unica attrazione per le api che se ne approvvigionano sotto forma di pallottole sferiche di color giallo oro. Può trovarsi nei raccolti in misura del 30-40%.

Morfologia del polline: il granulo pollinico di *Olea europaea* è tricolporato, subprolato e isopolare. Le dimensioni sono medio-piccole. L'asse polare misura  $20,1$  ( $18,8-21,8$ )  $\mu\text{m}$ , mentre l'asse equatoriale misura  $21,5$  ( $20,8-22,7$ )  $\mu\text{m}$ . L'esina è reticolata.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Potere allergenico: il polline dell'olivo è caratterizzato da un elevato potere allergenico. Da metà aprile a giugno nelle zone mediterranee l'abbondante produzione e la particolare aggressività rendono il polline d'olivo un'importante causa di manifestazioni allergiche. L'allergenicità è principalmente dovuta all'allergene Ole e1.

Interesse apistico: polline 2; nettare 0

*ULMUS MINOR* Mill.

Nome scientifico: *Ulmus minor* Mill.

Famiglia: Ulmaceae

Nome italiano: olmo campestre



Descrizione botanica: l'olmo campestre è un albero deciduo che può raggiungere fino a 30-40 metri di altezza. La chioma è densa e rotondeggiante, il fusto è dritto o lievemente sinuoso. La corteccia, liscia e di colore grigiastro nelle fasi iniziali di crescita, diventa di color grigio più scuro e fessurata longitudinalmente in età avanzata. L'apparato radicale è fittonante fino ai 10 anni, quando si sviluppano numerose radici laterali piuttosto superficiali.





Le foglie sono semplici, alterne, di forma e dimensioni variabili anche sullo stesso esemplare (ad esempio la lamina ha una forma obovata nei brachiblasti e lanceolata nei macroblasti). Di colore verde intenso sulla pagina superiore, sono tomentose e di colore verde più opaco su quella inferiore. Il margine è doppiamente dentato e l'apice è acuto.



Il frutto è una “samara” cortamente pedunculata di forma obovata e munita di un'ala membranosa che circonda completamente il seme.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: privi di nettarii, i fiori dell'olmo campestre sono ermafroditi o poligami, di colore bianco-verdastro, piccoli e poco appariscenti. Riuniti in infiorescenze quasi sessili di 15-35 fiori, sono composti da 5 stami che espongono antere rossicce, frammisti a stigmi biancastri e tomentosi. I carpelli, in numero di 2, formano un ovario supero. L'antesi precede la comparsa delle foglie e si protrae da febbraio a marzo inoltrato.

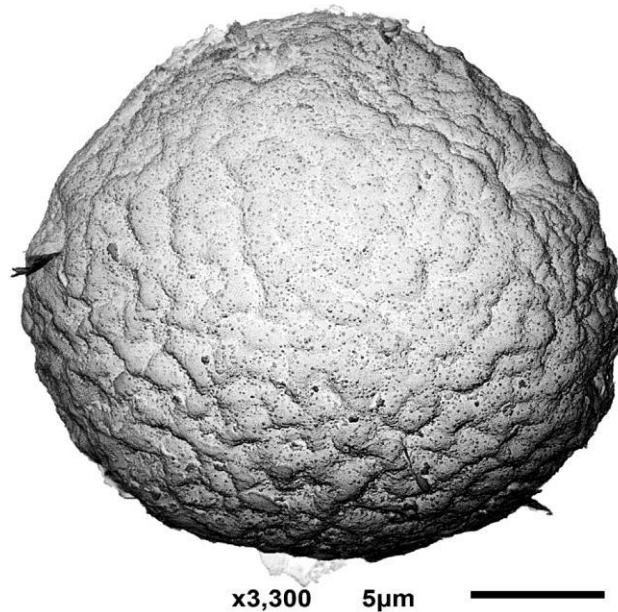


Distribuzione in Italia: originario dell'Africa del Nord, dell'Europa e dell'Asia sud-occidentale, l'olmo campestre è diffuso soprattutto nelle regioni più calde del Mediterraneo. Specie autoctona italiana, è presente in tutte le regioni comprese le isole. Si rinviene spesso associato spontaneamente alla roverella, costituendo soprattutto i boschi planiziari, ma anche quelli di latifoglie decidue e xerofile. Si può stabilizzare nelle aree incolte dal piano basale spingendosi fino a 1000 metri di altitudine.

Esigenze pedoclimatiche: l'olmo campestre è una specie eliofila. Negli ambienti umidi si adatta agevolmente alle zone ombrose. Presenta una buona tolleranza sia alle condizioni climatiche fredde che a quelle particolarmente siccitose, vegetando ad altitudini comprese tra gli 0 e i 1200 metri. Predilige i terreni freschi, profondi, molto fertili, carbonatici e con buona disponibilità di acqua. Si adatta anche ai suoli argillosi e calcarei.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: la mancanza di nettarii rende i fiori di questa specie non attrattivi nei confronti degli insetti pronubi. L'impollinazione è quindi prettamente anemofila. Tuttavia l'olmo costituisce per le api un'importante sorgente di polline in seguito al riposo invernale, momento critico di ripresa dell'attività da parte degli insetti impollinatori.

Morfologia del polline: i granuli pollinici delle specie del genere *Ulmus* sono eteropolari, di forma sub-obolata o oblata. L'asse polare ha un diametro che oscilla dai 20,8 ai 30,9  $\mu\text{m}$  e quello equatoriale misura dai 22,1 ai 49,4  $\mu\text{m}$ . L'esina, in base alla specie considerata, può essere verrucata o striata.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Potere allergenico: non è stata riscontrata l'evidenza che il polline di tale specie possa provocare una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: polline M; nettare 0

Il polline di *U. minor* si presenta sotto forma di pallottole di piccole dimensioni di colore rosa vivo e nei raccolti successivi alla stagione invernale può costituire una percentuale molto elevata che talora arriva al 100% di rappresentatività.

## *ROBINIA PSEUDOACACIA* L.

Nome scientifico: *Robinia pseudoacacia* L.

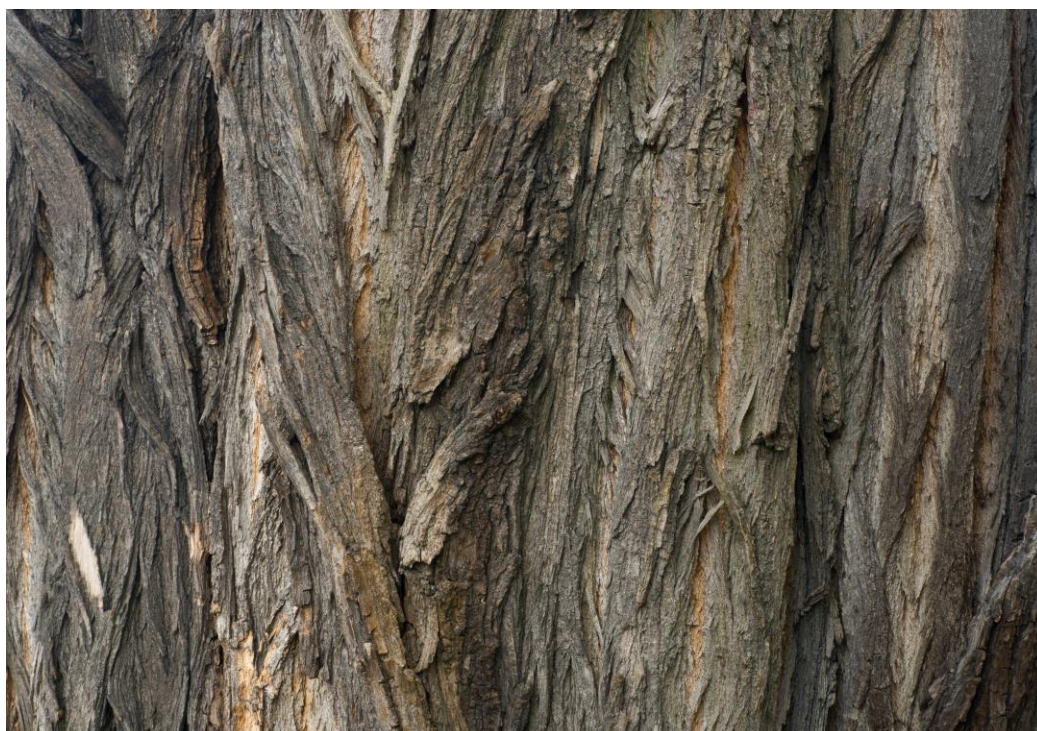
Famiglia: Fabaceae

Nome italiano: robinia/acacia (nome volgare)



Descrizione botanica: l'acacia è un albero deciduo che può raggiungere un'altezza di 30 metri. Il diametro del tronco misura mediamente 50-60 cm e la corteccia, liscia e grigiasta negli stadi iniziali di crescita, si imbrunisce e si ispessisce a maturità, mostrando evidenti solchi longitudinali. La chioma è leggera e di forma globosa. L'apparato radicale è inizialmente un fittone che, nel tempo, si espande sia lateralmente che in profondità, spingendosi fino a 6-8 metri.





Le foglie sono composte da 7-21 foglioline oblunghe e glabrescenti, imparipennate, lunghe dai 20 ai 35 cm, di colore verde chiaro sulla pagina superiore e di tonalità ancora più chiare su quella inferiore. Brevemente picciolate, presentano caratteristiche stipole trasformate in robuste spine che si riducono notevolmente di dimensioni con l'avanzare dell'età della pianta.





Il frutto è un legume di colore brunastro e di forma appiattita che contiene 4-8 semi nerastri reniformi e di consistenza tipicamente coriacea.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: i fiori dell'acacia sono ermafroditi. Riuniti in numero di 15 -25 per grappolo, formano un'infiorescenza pendula a racemo lunga 10-25 cm. Sono caratterizzati da un calice gamosepalo, da una corolla pentamera e dialipetala grande 15-20 mm, di colore bianco o crema con una macchia gialla sul vessillo. L'ovario è supero e monocarpellare, gli stami sono mediamente in numero di 10. La fioritura della robinia è breve ma molto intensa e si protrae da Aprile a Maggio.

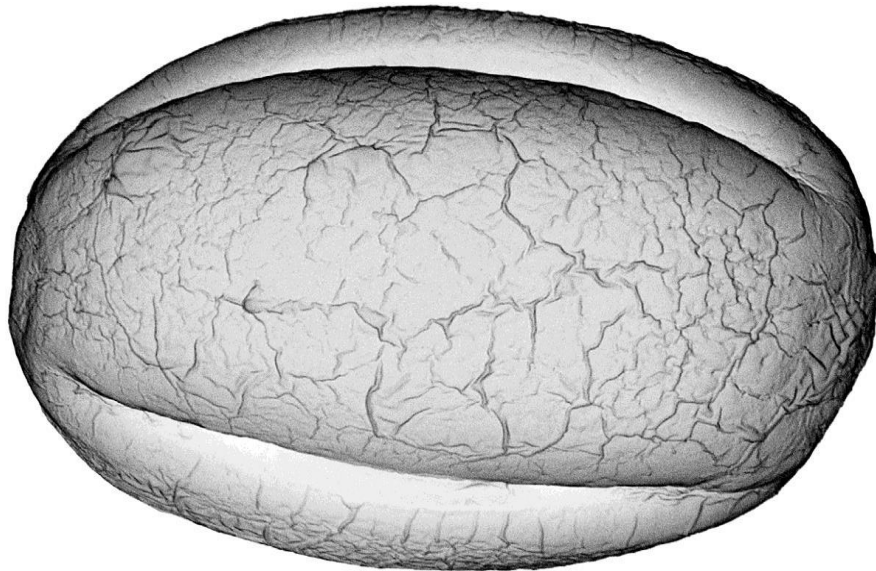


Distribuzione in Italia: l'acacia è originaria dell'America settentrionale ed è presente su tutto il territorio nazionale. Si diffonde soprattutto negli incolti, lungo le scarpate, tra le siepi, ai margini delle strade e lungo le rive dei fiumi, comportandosi da vera e propria invasiva. A differenza di quanto accade nel suo areale d'origine, dove cresce sporadicamente e in attiva competizione con le specie con cui si associa, nel bacino del mediterraneo è diventata una specie altamente infestante. Soprattutto grazie alla capacità di emettere polloni radicali, è in grado di invadere e di coprire vaste superfici, in particolare se si tratta di aree degradate o abbandonate.

Esigenze pedoclimatiche: specie pioniera, l'acacia è una pianta eliofila e mesofila che si adatta a condizioni di elevata aridità (grazie alla capacità dell'apparato radicale di estendersi molto in profondità), alle basse temperature e ai freddi intensi. Non risulta esigente in termini di suolo, adeguandosi a situazioni molto differenti. Sopperisce alla scarsa fertilità del suolo per mezzo dell'azotofissazione e grazie a un *turnover* degli elementi fogliari molto rapido.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: l'acacia è una specie ad elevata attitudine mellifera. Le api sono attratte dal colore ma soprattutto dall'intenso profumo dei fiori e vi bottinano assiduamente elevate quantità di nettare. Il periodo di fioritura dell'acacia è molto breve e precoce rendendo la produzione di miele monoflora, particolarmente richiesto sul mercato internazionale, occasionale e spesso soggetta all'andamento stagionale.

Morfologia del polline: il granulo pollinico di *R. pseudoacacia* è tricolporato, subprolato e isopolare. Le dimensioni sono da medie a medio-piccole, con un asse polare che misura mediamente 29,2 (28-30)  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale di 31 (29-32)  $\mu\text{m}$  di media. L'esina è psilata, leggermente scabrata e con perforazioni.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Potere allergenico: si tratta di una specie allergenica minore il cui potenziale allergenico non è del tutto noto. La percentuale di sensibilizzazione varia tra il 12,2% e il 49% tra i pazienti con pollinosi, a seconda dell'area geografica. L'alta percentuale di sensibilizzazione sembra tuttavia essere legata alla presenza di pan-allergeni, presenti nei più comuni pollini.

Interesse apistico: polline 0; nettare M

Potenziale mellifero: classe VI (oltre 500 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele: il miele di acacia è tra i più conosciuti e apprezzati in tutto il mondo. Riunisce le caratteristiche maggiormente gradite al consumatore, quali lo stato fisico permanentemente liquido, il colore chiaro, l'odore e il sapore molto delicati e l'elevato potere dolcificante.



Il polline è decisamente iporappresentato, sebbene la sua rappresentatività nel sedimento dei mieli possa variare molto da una partita all'altra: in genere una percentuale del 25% è sufficiente per poter reputare monoflora un miele di robinia. Tuttavia, sul territorio nazionale, non sono mancati casi di sedimento costituito per l'80% da polline di acacia.

Caratteristiche melissopalinoologiche						
Percentuale di polline di <i>Robinia pseudoacacia</i>				percentuali molto variabili, per lo più superiori al 15%		
Numero assoluto di granuli pollinici in 10 g di miele (PK/10g)				media = 8.500 deviazione standard = 4.400		
Classe di rappresentatività				I (PK/10 g: inferiore a 20.000)		
Aspetti organolettici						
Esame visivo						
Stato fisico		resta liquido a lungo; può intorbidarsi per la formazione di cristalli, ma non cristallizza mai completamente				
Colore		da quasi incolore a giallo paglierino				
Esame olfattivo						
Intensità odore		al massimo di debole intensità				
Descrizione odore		non particolarmente caratteristico in quanto l'elemento maggiormente diagnostico è l'assenza di odori marcati; nei campioni più puri e caratteristici può essere descritto come leggermente florale e può ricordare il profumo dei fiori di robinia; generico di miele; di cera nuova; di pera cotta; di carta. Sono relativamente comuni connotazioni diverse dovute a una debole presenza di altre essenze				
Esame gustativo						
Sapore		da normalmente a molto dolce; normalmente acido				
Intensità aroma		al massimo di debole intensità				
Descrizione aroma		non particolarmente caratteristico in quanto l'elemento maggiormente diagnostico è l'assenza di aromi marcati; delicato, tipicamente vanigliato (confettato) nei campioni più puri e caratteristici; di sciroppo zuccherino.				
Persistenza		poco persistente				
Proprietà chimico-fisiche						
		media	dev.st.			media
Acqua	g/100g	16,6	0,9	pH		3,9
HMF	mg/kg	2,0	1,6	Acidità libera	meq/kg	10,9
Diastasi	ND	8,7	2,7	Lattoni	meq/kg	2,4
Invertasi	NI	3,7	2,3	Acidità totale	meq/kg	13,3
Conducibilità elettrica	mS cm <sup>-1</sup>	0,15	0,03	Fruttosio	g/100g	43,5
Prolina	mg/100g	21,0	5,0	Glucosio	g/100g	26,1
Rotazione specifica	$[\alpha]_D^{20}$	-16,9	2,6	Saccarosio	g/100g	2,3
Colore	mm Pfund	14,5	5,8	Maltosio	g/100g	1,3
			2,4	Isomaltosio	g/100g	0,6
			0,3	Fruttosio + Glucosio	g/100g	69,6
			3,8	Fruttosio / Glucosio		1,67
				Glucosio / Acqua		1,57

## NOTE

Deroghe previste:

- Contenuto in saccarosio: non più di 10g/100g. Diastasi: non meno di 3 unità, con tenore in HMF inferiore a 15 mg/kg.
- Caratteristiche chimico-fisiche: valori bassi di diastasi, invertasi, conducibilità elettrica, colore, acidità, prolina. Zuccheri: valori elevati di fruttosio e F/G, valori bassi di glucosio e di G/H<sub>2</sub>O, fra gli oligosaccaridi vanno segnalati saccarosio (media 2,3g/100g) ed erlosio (media 2,3 g/100g).

Zone di produzione in territorio nazionale: in Italia il miele di acacia, destinato in larga misura all'esportazione, viene prodotto soprattutto negli areali settentrionali, quali la zona prealpina e la Toscana. Se ne raccolgono partite di discreta purezza anche in altre regioni (Emilia Romagna, Abruzzo e Campania).

Principali produttori italiani:

Vincitore 3 Gocce D'oro 2019:

Romualdo Montevero, Apicoltura Miele Reale di Montevero Romualdo, Cureggio (NO)

Zona di produzione: pianura sulla riva destra del Fiume Sesia in comune di Carpignano Sesia (NO), Piemonte, a un'altitudine di 205 metri s.l.m.

Vincitori 2 Gocce D'oro 2019 (primi tre):

Apicoltura Canavesana di Deborah Caserio, Ivrea (TO) . Prodotto a Villate - Mercenasco (TO)

Apicoltura Colle Salera, Pratola Peligna - L'Aquila. Prodotto a Penne (PE)

Apicoltura Il dono delle api, Cremona. Prodotto sul' Isola Gerre - Pizzighettone (CR)

Vincitori 1 Goccia D'oro 2019 (primi tre):

Apicoltura Lissi Salussoglia Graziella, Cerrione - Biella. Prodotto a Cerrione (BI)

Apicoltura Susanna De Rose, Supino - Frosinone. Prodotto a Supino - Selva Pomposa (FR)

Giovanni Guarneri, Pavone del Mella - Brescia. Prodotto a Pavone del Mella (BS)

Certificazioni: all'ampia diffusione del miele di acacia corrisponde un'altrettanta diffusa certificazione biologica. Il prodotto è facilmente acquistabile presso attività commerciali o produttori locali.

Denominazioni:

- miele della Lunigiana DOP, Fivizzano (MS)
- miele varesino di acacia DOP - Prodotto Tipico, Varese (VA)

Altre utilizzazioni: dal sapore delicato e quasi inodore, il miele di acacia è adatto a dolcificare bevande, yogurt, frutta, ecc. senza modificarne il gusto. Oltre ad espletare, analogamente agli altri mieli, una funzione antibatterica e preventiva per la tosse e per il mal di gola, agevola l'azione detossificante esercitata dal fegato, contrasta l'acidità di stomaco e favorisce l'equilibrio intestinale.

## *CUPRESSUS SEMPERVIRENS* L.

Nome scientifico: *Cupressus sempervirens* L.

Famiglia: Cupressaceae

Nome italiano: cipresso mediterraneo



Descrizione botanica: il cipresso mediterraneo è un albero sempreverde che in media può raggiungere l'altezza di 25 metri. Gli esemplari più vecchi possono superare i 50 metri. E' una specie utilizzata principalmente a scopo ornamentale, con chioma ovale o marcatamente piramidale che scende fino a terra con rami compatti. Il tronco, dritto e affusolato, presenta una corteccia grigio-brunastra fessurata finemente. La radice è un fittone su cui si sviluppano le radici laterali che garantiscono alla pianta una maggiore stabilità a maturità.





Le foglie sono caratteristica costante di tutte le varietà di cipresso. Sono lunghe circa 1 mm, piccole e sottili, opposte ed embricate rispetto al rametto su cui si distribuiscono, e assumono una conformazione squamiforme.

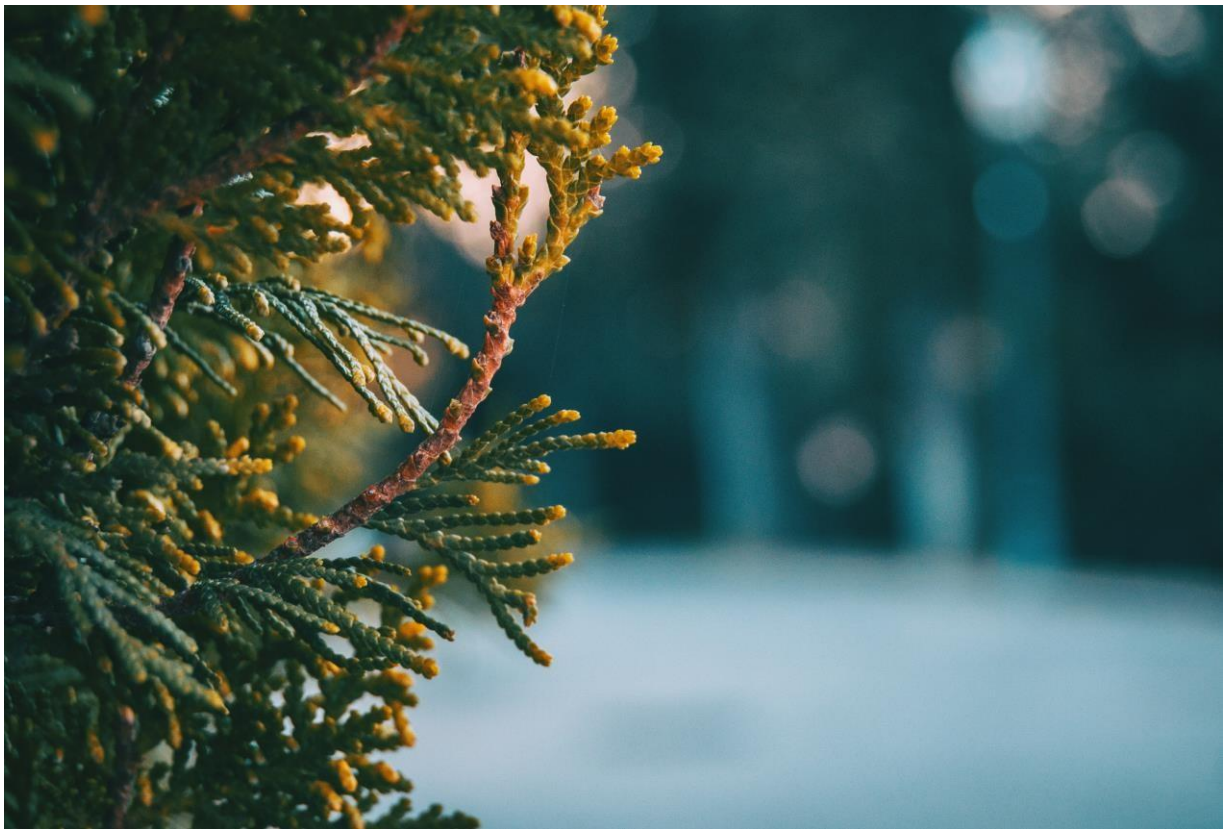


I frutti sono delle piccole sfere squamate chiamate “galbule”, di consistenza legnosa, coriacea o carnosa. Il colore è verde chiaro nelle fasi iniziali di crescita e marrone a maturità quando si sfaldano per permettere la disseminazione degli acheni.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: il cipresso mediterraneo è una specie prevalentemente monoica. I fiori maschili si sviluppano all'estremità dei rami sottoforma di piccoli coni ovoidali, di colore verde-giallognolo e lunghi mediamente 4 mm a maturità. Le sacche polliniche sono gialle, distribuite tra una squama e l'altra. I fiori femminili sono di forma piatta o peltata, di colore grigio-verdastro, brevemente picciolati e portati su corti rami. L'antesi si verifica a inizio primavera, tra febbraio e marzo, con il distacco delle squame e l'apertura dei microsporofilli.

Fiori maschili

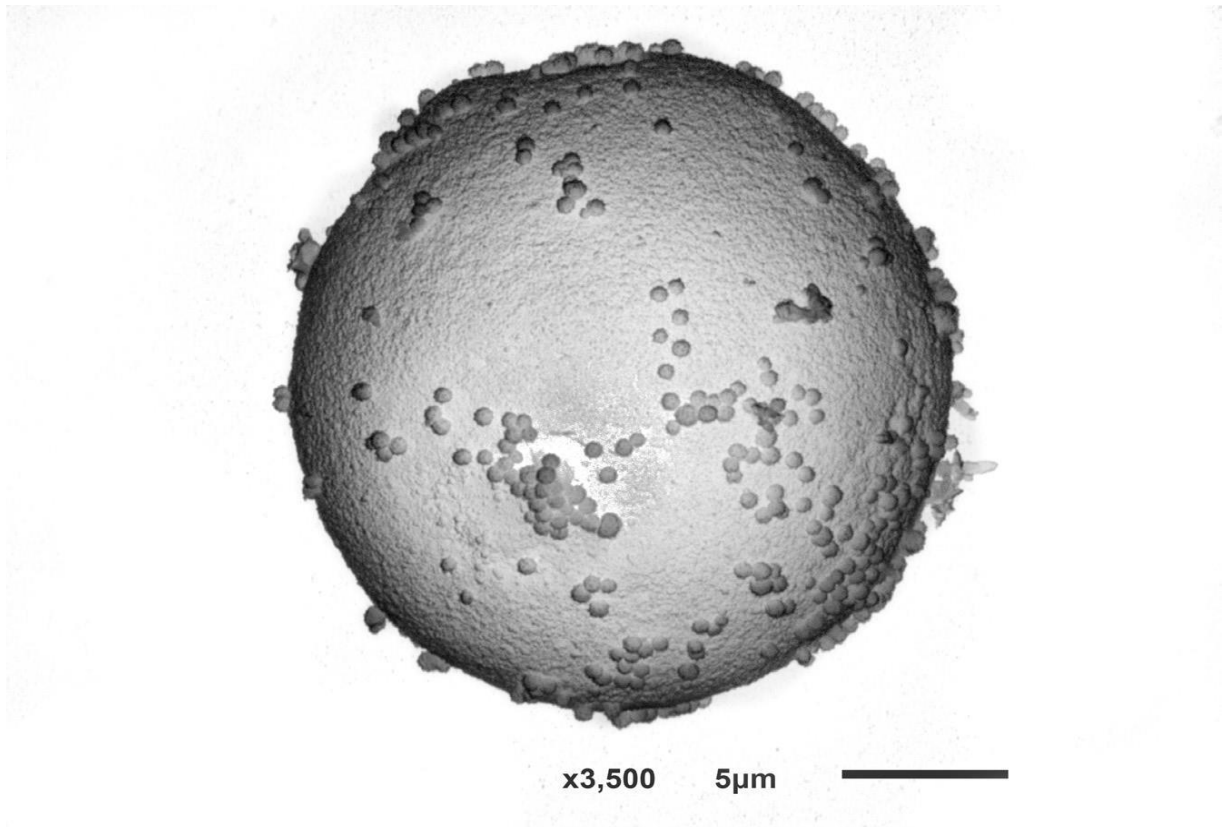


Distribuzione in Italia: *Cupressus sempervirens* è originario del Mediterraneo orientale. Il suo areale nella penisola italiana è di difficile individuazione poiché la sua presenza e diffusione è di origine esclusivamente antropica. È presente in tutte le regioni italiane in percentuali diverse. Oltre ad essere coltivato si è naturalizzato soprattutto in Lombardia e nelle Marche; nelle altre regioni è diffuso in maniera sporadica e casuale.

Esigenze pedoclimatiche: il cipresso mediterraneo è una pianta molto frugale che riesce ad adattarsi a tutti i tipi di suolo, inclusi quelli poveri di elementi nutritivi, aridi, argillosi e compatti, sebbene prediliga i terreni profondi, ben areati e con pH neutro. Specie termofila, xerofila e mediamente ombrivaga, predilige le aree a clima caldo, caratterizzate da estati secche e freddi non prolungati, nonostante possa tollerare temperature inferiori a -15°C senza mostrare danni evidenti.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: gli apparati riproduttori di *C. sempervirens* sono ascellari o portati su corti rami. I microsporofilli sono dotati di 2-8 sacche polliniche; i macrosporofilli sono responsabili della formazione degli strobili. L'impollinazione è operata da parte del vento anche se il polline maturo viene liberato in atmosfera solo in assenza di pioggia e in condizioni di umidità relativa non elevata (in caso contrario le squame possono appressarsi le une sulle altre e richiudersi).

Morfologia del polline: il granulo pollinico di *C. sempervirens* è inaperturato, sferico, apolare, di dimensioni medio-piccole. L'esina è psilata.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Potere allergenico: il polline del cipresso mediterraneo è caratterizzato da un elevato potere allergenico. L'allergene principale è Cup s 1 (la sintomatologia clinica è caratterizzata principalmente da congiuntivite allergica, ma anche da asma, rinite e dermatite).

Interesse apistico: polline 2; nettare 0

Il polline di *C. sempervirens*, che le api raccolgono sotto forma di piccole pallottole di colore rosato, acquista una discreta importanza nei raccolti di fine inverno, considerata anche la scarsità di altre fioriture disponibili. La rappresentatività nei mieli può arrivare fino al 15% a causa di un inquinamento di tipo secondario.

## *EUCALYPTUS CAMALDULENSIS* Dehnh.

Nome scientifico: *Eucalyptus camaldulensis*

Dehnh.

Famiglia: Myrtaceae

Nome italiano: eucalipto rosso



Descrizione botanica: l'eucalipto rosso è un albero sempreverde che può raggiungere l'altezza di 40 metri. La chioma è espansa e irregolare. La corteccia, rapidamente caduca in placche o strisce, si presenta spessa e di consistenza spugnosa; di colore viola-rossastro nella fase giovanile per via della presenza di cellule antocianiche (da cui deriva il nome eucalipto "rosso"), col passare del tempo assume una colorazione grigia con chiazze rosse, bianche e verdi. La radice è un fittone che tende ad espandersi sia lateralmente che in profondità a maturità.





Le foglie di *E. camaldulensis* sono lunghe dagli 8 ai 18 cm e caratterizzate da una tipica eterofillia: sono ovaleggianti negli stadi iniziali di crescita e assumono una forma lanceolata nelle fasi più avanzate. Pendule e coriacee, contengono l'eucaliptolo che conferisce loro la tipica aromaticità.



Il frutto è una capsula deiscente di forma emisferica, del diametro di circa 5 mm. Di consistenza legnosa, contiene al suo interno numerosi semi di colore brunastro e di dimensioni molto piccole.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: i fiori di *E. camaldulensis* sono ermafroditi, di colore bianco panna e riuniti in infiorescenze a ombrella a gruppetti di 5-10. I boccioli fiorali sono costituiti da petali ben saldati fra loro che assumono la forma di un cappuccio prolungato denominato “opercolo” (il termine *eucalyptus*, dal greco, significa infatti “ben coperto”). Tale rivestimento durante l’antesi (estiva) si stacca liberando lo stilo, i nettarii e il ciuffo di stami che sormontano il ricettacolo, conferendo al fiore il tipico aspetto piumoso.

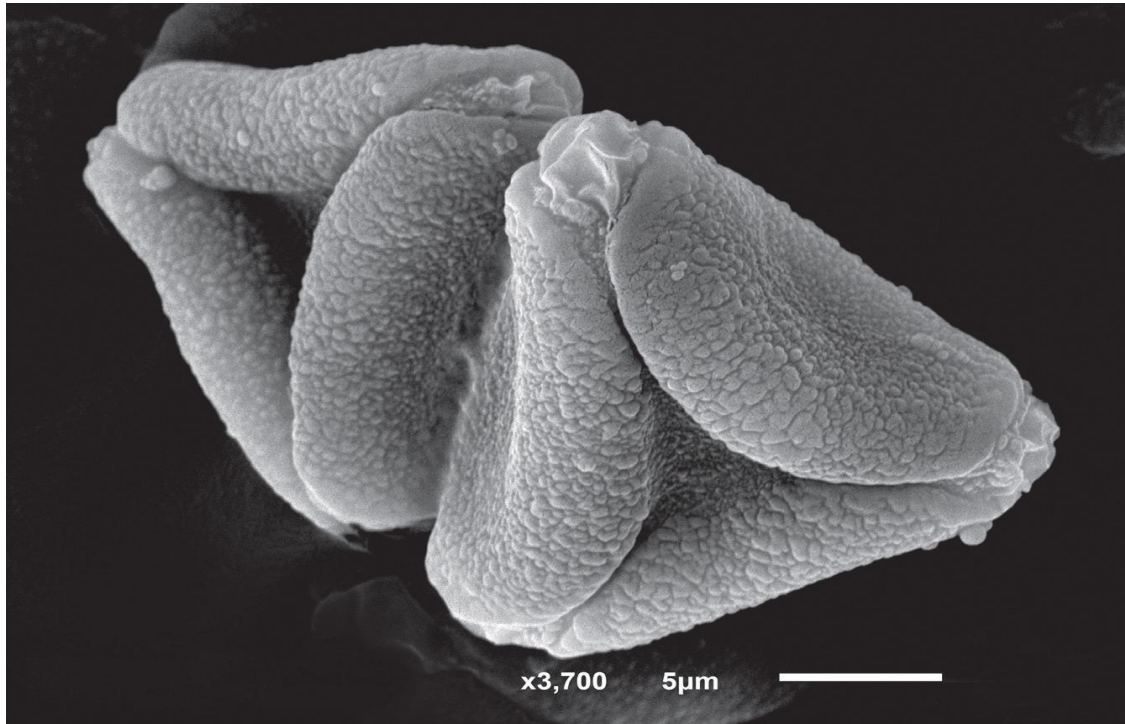


Distribuzione in Italia: originario dell'Australia e presente sul territorio nazionale dai primi anni del XIX secolo, l'eucalipto rosso è diffuso nelle regioni mediterranee del globo caratterizzate da un clima temperato, prevalentemente in relazione alle operazioni di rimboschimento. In Italia viene esclusivamente coltivato, principalmente nel centro-sud, in particolare lungo la costa tirrenica della Toscana e del Lazio e in quella adriatica pugliese, nel Molise, in Calabria e in Sardegna.

Esigenze pedoclimatiche: *E. camaldulensis*, come gran parte delle specie dello stesso genere, è una pianta decisamente eliofila e molto resistente alla siccità, necessitando di regimi pluviometrici inferiori a 450-500 mm di pioggia annui. Il suo limite più evidente è rappresentato dalla scarsa resistenza alle basse temperature (le minime tollerabili oscillano tra i -7 e i -11°C). Estremamente plastico in relazione all'adattabilità ai diversi tipi di suolo, predilige i terreni sciolti e profondi (anche sabbiosi) e resiste agevolmente a quelli compatti e salini.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: la morfologia opercolata dei fiori ne rende gli stami ben esposti esternamente, favorendo l'impollinazione da parte degli insetti pronubi (la proterandria, caratteristica della specie, favorisce l'impollinazione incrociata). Si tratta di una pianta molto nettarifera ed estremamente appetita dalle api non solo per il nettare, ma anche per il polline. Esso è presente nei raccolti estivi allo stato monoflora, sotto forma di pallottole di colore grigio-marrone.

Morfologia del polline: il granulo è di forma triangolare, isopolare, trizonocolporato. Le dimensioni sono piccole: l'asse polare misura in media 16  $\mu\text{m}$ , e l'asse equatoriale 9  $\mu\text{m}$ . L'esina presenta una superficie verrucosa.



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Potere allergenico: il polline di questa specie è moderatamente allergenico. Il genere *Eucalyptus* può provocare asma e rinite sia per inalazione di polline che a causa di ingestione di infusi vari.

Interesse apistico: nettare M; polline M

Potenziale mellifero: classe VI (oltre 500 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele:

Caratteristiche melissopalinoologiche	
Percentuale di polline di <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	superiore al 90%
Numero assoluto di granuli pollinici in 10 g di miele (PK/10g)	Media =269.300 deviazione standard = 144.100
Classe di rappresentatività	III (PK/10 g: superiore a 100.000)

Aspetti organolettici						
Esame visivo						
Stato fisico	cristallizza spontaneamente in tempi abbastanza rapidi dando luogo, molto spesso, a una massa compatta con cristalli fini o medi					
Colore	da ambrato chiaro a scuro quando liquido; beige grigiastro quando cristallizzato					
Esame olfattivo						
Intensità odore	almeno di media intensità					
Descrizione odore	molto caratteristico; non molto fine, animale, di cane bagnato, di funghi secchi, di dado da brodo, di liquirizia, di affumicato, di caramello, di asfalto bagnato, di foglie della pianta					
Esame gustativo						
Sapore	normalmente dolce; normalmente acido; salato non percettibile o leggero					
Intensità aroma	almeno di media intensità					
Descrizione aroma	molto caratteristico; di caramella mou alla liquirizia; richiama le sensazioni olfattive, ma è più fine e ricco					
Persistenza	mediamente persistente					
Proprietà chimico-fisiche						
		media	dev.st.			media
Acqua	g/100g	15,7	0,9	pH		3,9
HMF	mg/kg	2,8	2,3	Acidità libera	meq/kg	19,5
Diastasi	ND	26,0	4,1	Lattoni	meq/kg	3,3
Invertasi	NI	21,0	3,9	Acidità totale	meq/kg	22,1
Prolina	mg/100g	n.d.	n.d.	Fruttosio	g/100g	39,1
Conducibilità elettrica	mS cm <sup>-1</sup>	0,48	0,06	Glucosio	g/100g	33,6
Rotazione specifica	$[\alpha]_D^{20}$	-13,4	2,3	Saccarosio	g/100g	1,2
Colore	mm Pfund	55,0	10,0	Maltosio	g/100g	1,6
				isomaltosio	g/100g	0,5
				Fruttosio + Glucosio	g/100g	72,6
				Fruttosio / Glucosio		1,16
				Glucosio / Acqua		2,17



#### NOTE

Deroghe previste:

- contenuto in saccarosio: non più di 10g/100g.
- Caratteristiche chimico-fisiche: valori medio-alti di diastasi, invertasi e rapporto G/H<sub>2</sub>O.

Zone di produzione in territorio nazionale: produzioni cospicue di miele monoflora di eucalipto rosso si hanno nelle zone costiere delle regioni centro-meridionali italiane, in particolare lungo il litorale tirrenico della Toscana e del Lazio, in Calabria, in Sicilia e in Sardegna. Partite minori provengono dalla costa pugliese, dall'Abruzzo e dalla Campania.

## Principali produttori italiani

### Vincitore 3 Gocce D'oro 2019:

Alberto Scarabelli Apinath Località Masongiu - Marrubiu (OR)

Zona di produzione: collina presso Tiria in comune di Oristano (OR), Sardegna, a un'altitudine di 200 metri s.l.m.

### Vincitori 2 Gocce D'oro 2019:

Apicoltura Mauro Lai Via Municipio, 8/10 - Ballao (CA). Prodotto a Sa Zinniga - Ballao (SU)

Apicoltura Omar Erbi Cortirisoni 64 – Villacidro, Sud Sardegna. Prodotto in Sardegna - Villacidro (SU)

### Vincitori 1 Goccia D'oro 2019:

Apicoltura Isca e Muras Via IV Novembre, 3 - Barumini, Sud Sardegna. Prodotto a Re Ulaxi - Barumini (SU)

Apinath Località Masongiu - Marrubiu (OR). Prodotto a Tanca Marchesa - Terralba (OR)

Domus Api Via di Vittorio, 36 - Domusnovas, Sud Sardegna. Prodotto a Domusnovas (SU)

Altre utilizzazioni: per via dell'odore e dell'aroma particolarmente intensi e atipici, il miele di eucalipto non incontra il gusto della maggior parte dei consumatori. Ha trovato, tuttavia, un modesto mercato poiché, rispetto agli altri mieli, esercita un'azione fluidificante e mucolitica più efficace specialmente se sciolto in tisane o tè dal gusto forte, contrasta i malanni stagionali tipici della stagione invernale, quali il raffreddore, il mal di gola, la tosse e il catarro. Diversi studi ne hanno provata l'efficacia contro virus e batteri, specialmente se associato a qualche goccia all'omonimo olio essenziale ricavato dalle foglie. Al miele di eucalipto vengono inoltre attribuite proprietà antipiretiche e risulta particolarmente indicato per soggetti con problemi di stitichezza e legati all'apparato urinario. Viene largamente utilizzato in cucina, abbinato a formaggi sia freschi che stagionati, ma anche allo yogurt e ai secondi piatti a base di pesce e verdure, nonché per la realizzazione di salse di accompagnamento agrodolci.

## *JUGLANS REGIA* L.

Nome scientifico: *Juglans regia* L.

Famiglia: Juglandaceae

Nome italiano: noce bianco



Descrizione botanica: il noce bianco è un albero dall'aspetto imponente che può raggiungere i 25-30 metri di altezza. La chioma è estesa e tondeggiante. Dritto e di forma cilindrica, il tronco, a maturità, misura circa un metro di diametro. La corteccia, liscia e bianco-argentea nelle fasi iniziali di crescita, si fessura longitudinalmente negli stadi successivi. La radice è un fittone; nel tempo si sviluppano e prevalgono le radici laterali.





Le foglie sono opposte, imparipennate, lunghe fino a 35 cm, composte in genere da 5-9 foglioline di cui quella apicale è più grande delle laterali. Di colore verde chiaro, sono a margine intero, glabre e di consistenza coriacea.



Il frutto è una drupa di forma subglobosa, rivestito da un mallo carnoso che si colora prima di verde poi di nerastro. A maturità può sfaldarsi mostrando il pericarpo duro e rugoso di colore marrone chiaro che contiene il seme vero e proprio, denominato “gheriglio”.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: *Juglans regia* è una pianta monoica. I fiori maschili, che compaiono sui rami dell'anno precedente, sono amenti penduli solitari lunghi 5-15 cm, di colore verdastro, e di forma conica. Il calice è composto da 4 sepalali e gli stami, di colore giallo, sono numerosi (6-30). Le infiorescenze femminili si sviluppano al momento dell'antesi (aprile-maggio) in posizione apicale rispetto ai rami dell'anno; si presentano sotto forma di spighe costituite da 1-5 fiori provvisti di due voluminosi stigmi pennati e divaricati.

Fiori maschili



Fiori femminili

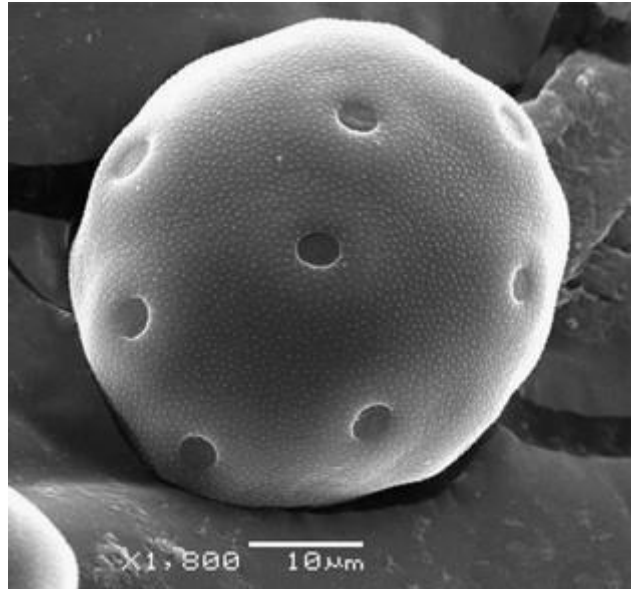


Distribuzione in Italia: è probabile che la domesticazione di *J. regia* sia avvenuta in Asia Minore durante l'Età del Bronzo e che gli esemplari esistenti ad oggi nel nostro Paese derivino da piante già selezionate e introdotte in epoca storica. In Italia il noce bianco si rinviene spesso in impianti misti con noccioli e agrumi; viene coltivato soprattutto in Campania, che da sola supera l'80% della produzione del frutto. Si può riscontrare inoltre in stazioni umide e rocciose allo stato spontaneo, oppure sporadicamente nei boschi di roverella.

Esigenze pedoclimatiche: specie spiccatamente eliofila, *J. regia* trova il suo *optimum* di crescita nella fascia collinare mediterranea, prediligendo temperature non eccessivamente rigide e risultando molto sensibile alle gelate, sia tardive che anticipate. Per una buona produzione le precipitazioni devono superare i 700 mm annui. In corrispondenza dell'induzione fiorale deve essere garantita una certa piovosità sia estiva che tardo-primaverile. Il noce bianco predilige terreni profondi, fertili, freschi, ben drenati, debolmente acidi e calcarei.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: trattandosi di una pianta non nettarifera, l'impollinazione è prettamente anemofila e l'interesse apistico è limitato alla raccolta del polline. Esso si presenta sotto forma di pallottole di colore giallo scuro, di dimensioni grandi e dalla forma affusolata. Le api se ne riforniscono in discrete quantità nei raccolti del mese di aprile.

Morfologia del polline: i granuli pollinici di *J. regia* sono panto-colporati e di forma sferica (quasi circolare). Nello specifico si presentano circolari dal punto di vista polare (il diametro misura dai 33,35 ai 37,50  $\mu\text{m}$ ) e sub-oblati dal punto di vista equatoriale (39,30-43,15  $\mu\text{m}$ ). L'esina è microechinata.



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Anther and Pollen Morphology and Anatomy in Walnut" (2010)

Potere allergenico: non è stata riscontrata l'evidenza che il polline di tale specie possa provocare una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: polline 2; nettare 0

*AILANTHUS ALTISSIMA* (Mill.) Swingle

Nome scientifico: *Ailanthus altissima*

(Mill.) Swingle

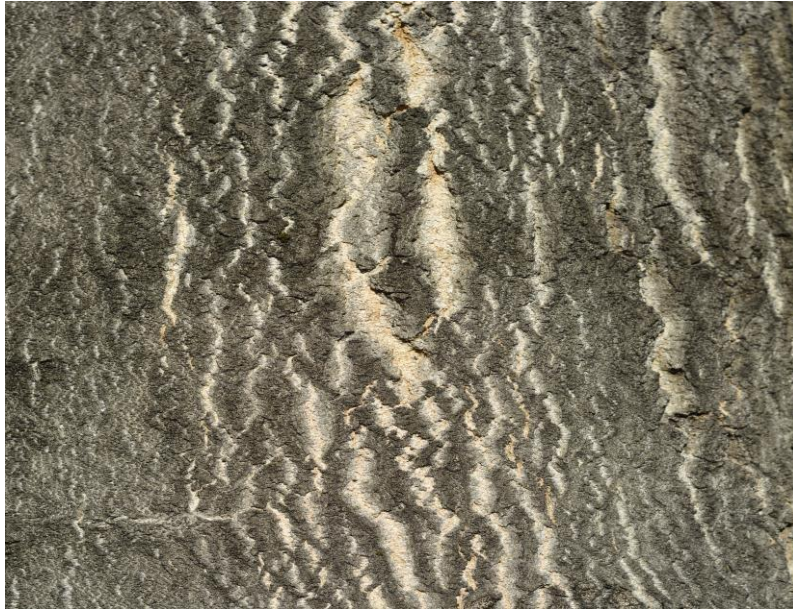
Famiglia: Simaroubaceae

Nome italiano: albero del paradiso/ailanto



Descrizione botanica: l'ailanto è un albero deciduo che raggiunge un'altezza massima di 20-25 metri. Il fusto è diritto e la chioma assume la forma di una cupola molto espansa. La corteccia è di colore grigio chiaro con evidenti reticolature e i rami dell'anno sono robusti, vellutati, di colore bruno-giallastro. L'apparato radicale è superficiale con lunghe radici laterali che si sviluppano dal fittone.





Le foglie sono lunghe dai 40 agli 80 cm, brevemente picciolate, opposte, composte, imparipennate; contengono 10-25 paia di foglioline di forma ovato-lanceolata con margine liscio e dal caratteristico odore sgradevole. Nella pagina superiore le foglie hanno venature verde chiaro e sono di colore verde scuro (con tonalità tendenti, alle volte, al bruno chiaro o al rossiccio); nella pagina inferiore sono di colore verde-biancastro.



I frutti, detti samare, sono allungati (3-4 cm), di forma ovale e spiralati nella parte distale. Al centro contengono il seme.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: la pianta è dioica e l'antesi si protrae da maggio a luglio. All'apice dei rami si sviluppano grandi infiorescenze a pannocchia composte da fiori piccoli e solitari di colore variabile dal verde-giallognolo al rosso-violaceo. Ciascun fiore presenta cinque petali tomentosi verso l'interno e valvari (si toccano alle estremità senza sovrapporsi) e cinque sepali lobati e uniti a forma di tazza.

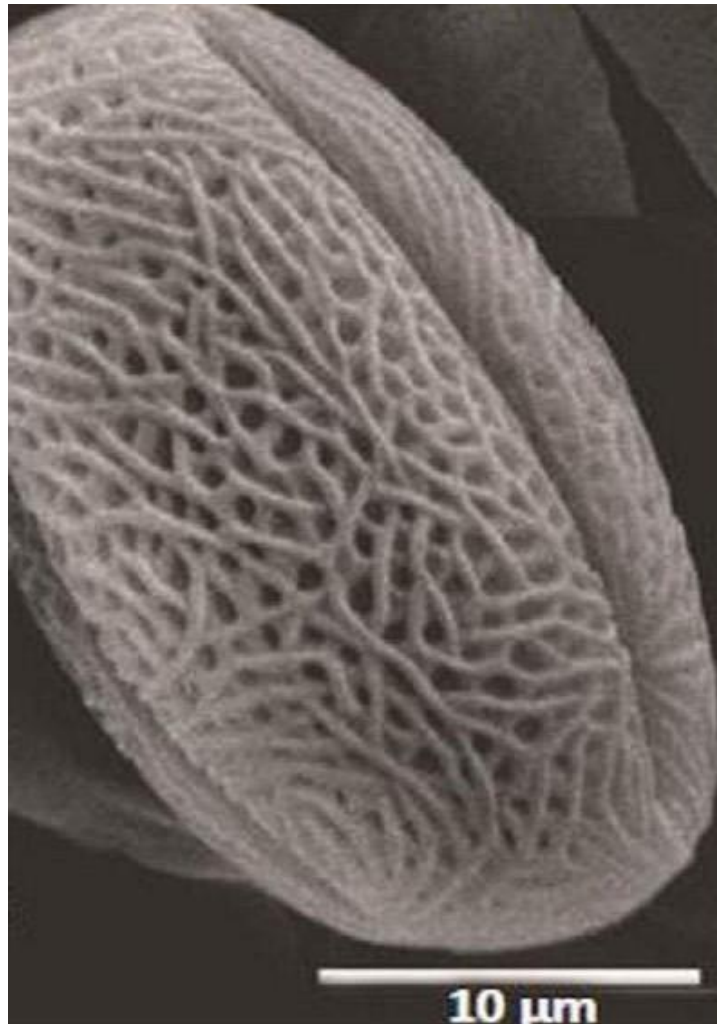


Distribuzione in Italia: importato dall'Asia Orientale, l'ailanto è considerato una temibile pianta infestante per via dell'assidua coltivazione nei decenni passati, per la facilità con cui si moltiplica tramite i polloni e per via dell'elevata quantità di semi prodotti. In tempi recenti si è diffuso e naturalizzato in tutte le regioni del territorio nazionale, specialmente nelle foreste e nei boschi a clima temperato dove entra in competizione con *Castanea sativa* e con specie di conifere ed altre arboree ad alto fusto, spesso prendendo il sopravvento. Alle nostre latitudini è diffuso al nord e al sud delle Alpi, nelle aree interne e negli ambienti antropizzati. Si sviluppa in prossimità dei ruderi, all'interno delle cave abbandonate, nei terreni degradati e lungo le reti ferroviarie e stradali.

Esigenze pedoclimatiche: l'ailanto è una specie spiccatamente eliofila, predilige i climi temperato-caldi e si adatta anche ai climi temperato-freddi rifuggendo i freddi molto intensi. Nonostante risulti indifferente alla tipologia di suolo, per svilupparsi in maniera ottimale necessita di terreni profondi e freschi (sui substrati secchi o particolarmente superficiali reagisce, infatti, emettendo i polloni radicali).

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: si tratta di una specie dioica che necessita della messa a dimora di piante impollinatrici maschili per la formazione dei frutti. I fiori dell'ailanto sono di odore sgradevole e vengono assiduamente visitati dalle api sia per il polline (di colore giallo-verde) che per il nettare. Esse non costituiscono i principali impollinatori di questa specie (l'impollinazione è infatti garantita soprattutto da coleotteri, ditteri e formiche).

Morfologia del polline: i granuli pollinici dell'ailanto sono di dimensioni medio-piccole (26  $\mu\text{m}$ , con variabilità che oscilla tra i 24,3 e i 28,7  $\mu\text{m}$ ). Di forma ellittica, sono isopolari e tricolporati. L'esina è striato-reticolata.



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Immunoproteomics of tree of heaven (*Ailanthus altissima*) pollen allergens" (2017)

Potere allergenico: i costituenti allergenici dei granuli pollinici di *Ailanthus altissima* non sono stati ancora identificati. Sebbene si tratti di una specie a rapida espansione manca l'evidenza che siano responsabili di sensibilizzazioni allergiche.

Interesse apistico: nettare 1; polline 1

Potenziale mellifero: non è noto. Si tratta di una specie molto invasiva, utilizzata principalmente negli ambienti urbani. Può costituire una fonte solo occasionale di miele monoflora.

Caratteristiche del miele:

Caratteristiche melissopalino-logiche	non sufficientemente note; presumibilmente normalmente rappresentato (rappresentatività max 3% - Ricciardelli)
Caratteristiche organolettiche	colore chiaro, odore e aroma di media intensità, caratteristici, decisamente fruttati (uva moscata), retrogusto che ricorda la pianta d'origine
Caratteristiche fisico-chimiche	non note

Zone di produzione in territorio nazionale: nonostante la sua ampia diffusione a livello nazionale, il miele di ailanto non è molto conosciuto e apprezzato. È economico e non di facile reperibilità specialmente nella grande distribuzione. Se ne consiglia l'acquisto presso i produttori locali.

Principali produttori italiani:

- “Apicoltura di Pietro”, Montegranaro (FM)
- “Apicoltura Lombardo”, Ronchi dei Legionari (GO)
- Miele di ailanto artigianale di “Bazzani Gianpaolo”, Lago di Garda (BS)
- Azienda agricola “Ghigo Miranda”, Bagnolo Piemonte (CN)
- Apicoltura “Gastaldo Brac Mirko”, Valtournenche (AO)
- Azienda “Il massaro”, Norcia (PG)

Certificazione biologica:

- Apicoltura “Oro di Diamanti”, Zola Predosa (BO)
- “Rete in campagna” di Nancy e Kehinde (vendita diretta), Scordia (CT)
- Apicoltura “Colle Salera”, Valle Peligna, Parco Nazionale della Majella (AG)
- Azienda agricola “Shira Baron”, Faedis (UD)
- Apicoltura “Marcello Morri”, Rimini (RN)

Altre utilizzazioni: pianta infestante e maleodorante in ogni sua parte, l'ailanto viene spesso riconsiderato nel momento in cui si assaggia il miele che ne deriva, dal delizioso sapore di frutta. Il miele di ailanto viene prodotto subito dopo quello di acacia e contemporaneamente a quello di tiglio. In determinate circostanze il nettare dei suoi fiori viene bottinato insieme a quelli delle suddette specie influenzando o alterando le caratteristiche dei mieli che ne derivano.

Buon regolatore della flora batterica intestinale, questo miele riequilibra il sistema nervoso ottimizzando l'apparato cardiocircolatorio, costituisce un buon sedativo, previene gli stati febbrili e ha proprietà emollienti antianemiche. È indicato per chi fa sport poichè aumenta la resistenza fisica.

*ABIES ALBA* Mill.

Nome scientifico: *Abies alba* Mill.

Famiglia: Pinaceae

Nome italiano: abete bianco



Descrizione botanica:, l'abete bianco è un albero sempreverde, maestoso, dal portamento slanciato e piramidale, di altezza media di 30 metri (può arrivare anche a 60). Il fusto è dritto e cilindrico con diametro di 2-3 metri. La corteccia, di colore grigio argenteo negli esemplari più giovani, nelle piante adulte tende a screpolarsi assumendo un colore nerastro. L'apparato radicale è fittonante, con ramificazioni laterali che si sviluppano nel corso degli anni e che si estendono, ove possibile, in profondità, garantendo alla pianta uno stabile radicamento al suolo.





Le foglie sono persistenti e costituite da aghi appiattiti inseriti sui rametti come i denti di un pettine. Presentano un colore verde scuro nella pagina superiore, e striature bianco-azzurrognole in quella inferiore.



I "frutti" (strobili), comunemente chiamati "pigne", sono di forma quasi cilindrica; sono formati da fitte squame con brattee sporgenti che proteggono i semi contenuti all'interno. Di colore verde nelle fasi iniziali, diventano rosso-bruni una volta raggiunta la maturità.



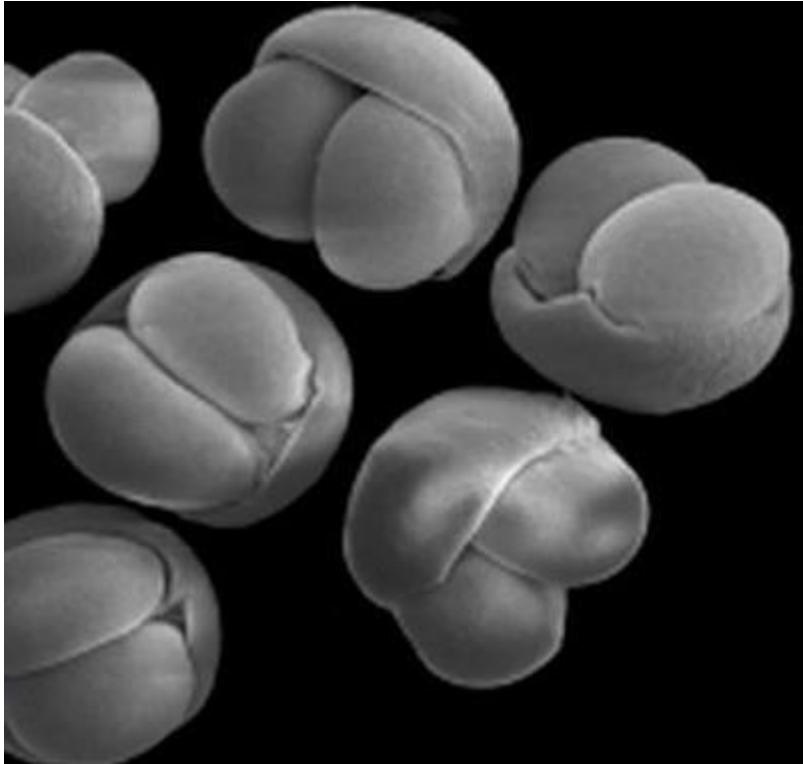
Caratteristiche dei fiori e fenologia: l'abete bianco è una gimnosperma che, in quanto tale, non produce fiori né frutti nel modo in cui siamo abituati a intenderli. Gli organi riproduttivi consistono in microsporofilli (sporofilli maschili), riuniti in coni maschili o strobili, deputati alla formazione del polline. I macrosporofilli (sporofilli femminili) formano i coni femminili o pigne e sono responsabili della formazione degli ovuli. I microsporofilli si sviluppano nella parte centrale e superiore della chioma; portati sul lato inferiore dei rami dell'anno precedente, sono piccoli e numerosi, di forma ovoidale, raggruppati in amenti sessili di colore giallastro e le due antere che ne fanno parte contengono polline di colore giallo che viene facilmente trasportato dal vento. I macrosporofilli si distribuiscono sulla pagina superiore dei rami dell'anno, nella porzione superiore della chioma; di colore verde o rosso-violetto, sono raggruppati in infiorescenze cilindrico-ovali, con squame copritrici più lunghe rispetto a quelle ovulifere. La fioritura si protrae da maggio a giugno alle nostre latitudini.

Distribuzione in Italia: l'abete bianco fa parte della fascia fitoclimatica del *Castanetum*, *Fagetum* e *Picetum*. Nel territorio nazionale è presente in misura discontinua sulle Alpi, a 600-2000 metri di altezza; comune sulle Alpi Marittime e Liguri, è meno diffuso su quelle orientali e ancora meno lungo la fascia centrale e occidentale della zona alpina. In modo più frazionato e in gran parte come risultato di interventi umani di rimboschimento, è presente anche sugli Appennini (800-2100 metri). In quello settentrionale si riscontrano sia nuclei autoctoni sia associazioni con faggio e abete rosso. In quello centrale è presente in gruppi isolati sui Monti della Laga e nel bacino del Trigno. Nella parte meridionale è diffuso nell'Appennino Lucano e Calabro, nella Riserva Regionale Abetina di Laurenzana e nel versante settentrionale del Parco Nazionale del Pollino.

Esigenze pedoclimatiche: l'abete bianco è una specie sciafila che predilige suoli freschi e profondi; trova il suo ambiente ideale nelle zone a piovosità e umidità atmosferica medio-alte sebbene tenda a evitare i ristagni idrici. Vegeta bene nelle zone montane poiché ha un'elevata resistenza al vento, all'ombra e alle temperature molto basse (anche fino ai 25° sotto lo zero), nonostante risulti sensibile alle gelate tardive.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: la grande quantità di polline prodotto e la morfologia del granulo pollinico (reso più leggero dalla presenza di sacche aeree) favoriscono l'impollinazione anemofila, generalmente a incrocio obbligato. Come accade nella maggior parte delle conifere, nel caso in cui il numero di individui maturi raggiunga una percentuale elevata, tale incrocio risulta maggiore dell'80% di tutti i semi prodotti. Di contro, nei casi di popolamenti con dimensioni ridotte e/o in annate caratterizzate da basse produzioni di fiori, si può verificare fino al 95% di autofecondazione dei semi.

Morfologia del polline: i granuli pollinici sono prevalentemente oblati, con un asse polare generalmente compreso tra 50 e 100  $\mu\text{m}$ . Presentano una singola apertura definita leptoma (aree parallele sottili). L'esina è psilata o verrucata.



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen morphology and variability of *Abies alba* Mill. genotypes from South-Western Poland (2020)

Potere allergenico: l'allergenicità dell'abete bianco è scarsa o a volte assente.

Nonostante le grandi quantità di polline prodotto, l'interesse maggiore di questa famiglia risiede nella produzione di melata, collegata generalmente alla presenza di insetti Rincoti Omotteri, quali: *Cinara cofinis* (Koch), *C. pectinatae* (Nordlinger), *C. pilicornis* (Hartig) della famiglia Lachnidae, *Mindarus abietinus* (Koch) della famiglia Thelaxidae e *Physokermes piceae* (Schrank) della famiglia Coccidae.

Il periodo di produzione della melata si protrae da luglio a settembre.

Potenziale mellifero: classe III (da 51 a 100 Kg miele/ha)

### Caratteristiche del miele (miele di melata):

Caratteristiche melissopalinoologiche						
Elementi indicatori di melata		presenza in quantità variabile; abbondanza di pollini appartenenti a specie anemofile				
Classe di rappresentatività		II - III				
Aspetti organolettici						
Esame visivo						
Stato fisico		resta liquido a lungo, può intorbidarsi per via della formazione di cristalli, ma non cristallizza mai completamente, in genere è molto viscoso				
Colore		da ambra scuro a quasi nero, talvolta con leggera fluorescenza verde petrolio				
Esame olfattivo						
Intensità odore		almeno di media intensità				
Descrizione odore		Caratteristico, balsamico, di legno, di resina, di affumicato, di camino spento, di legno bruciato, di foglie secche bagnate, richiamo a connotazioni animali				
Esame gustativo						
Sapore		poco o normalmente dolce, normalmente acido				
Intensità aroma		almeno di media intensità				
Descrizione aroma		caratteristico, simile all'odore, di malto, di latte condensato, di panna cotta, di caramello				
Persistenza		abbastanza persistente				
Proprietà chimico-fisiche						
		media	dev.st.			media
Acqua	g/100g	15,5	0,9	pH		5,2
HMF	mg/kg	1,7	2,2	Acidità libera	meq/kg	26,5
Diastasi	ND	23,4	5,8	Lattoni	meq/kg	1,9
Invertasi	NI	23,5	3,9	Acidità totale	meq/kg	28,4
Prolina	mg/100g	n.d.	n.d.	Fruttosio	g/100g	31,5
Conducibilità elettrica	mS cm <sup>-1</sup>	1,45	0,26	Glucosio	g/100g	24,1
Rotazione specifica	$[\alpha]_D^{20}$	14,3	5,7	Saccarosio	g/100g	0,4
Colore	mm Pfund	98,4	15,2	Maltosio	g/100g	0,8
				Isomaltosio	g/100g	2,3
				Fruttosio + Glucosio	g/100g	55,7
				Fruttosio / Glucosio		1,31
				Glucosio / Acqua		1,55



#### NOTE

Deroghe previste :

- Contenuto in fruttosio + glucosio: non meno di 45g/100g; conducibilità elettrica non meno di 0,8 mS×cm-1.
- Caratteristiche chimico-fisiche: valori elevati di invertasi, conducibilità elettrica, colore e pH; rotazione specifica positiva; basso tenore in acqua. Zuccheri: basso tenore in fruttosio, glucosio e conseguentemente F+G; basso valore di G/H<sub>2</sub>O; elevato contenuto in oligosaccaridi, fra cui vanno segnalati isomaltosio (media = 2,3 g/100g), meleztosio (media = 5 g/100g), raffiniosio (media = 2,2 g/100g), trealosio (media = 2,4 g/100g) ed erlosio (media = 0,9 g/100g). Molte similitudini si riscontrano fra il miele di melata d'abete e il miele di melata di Metcalfa (rotazione specifica, conducibilità elettrica, pH, monosaccaridi). La melata d'abete si differenzia, oltre che per le proprietà organolettiche, per l'acidità totale meno elevata e per il diverso contenuto in trisaccaridi (presenza costante di discrete percentuali di meleztosio e scarsità di maltotriosio).

Zone di produzione in territorio nazionale: la melata di abete bianco è l'unica, in Italia, da cui sia possibile ottenere quantità apprezzabili di miele. La sua produzione ha luogo principalmente sulle Alpi e sull'Appennino Tosco-Emiliano, limitatamente alla zona delle foreste casentinesi. Il miele di melata di abete bianco rappresenta una produzione locale limitata e poco conosciuta ma, proprio per questo, è molto remunerativa e richiesta in modo particolare sul mercato estero.

Principali produttori italiani:

- “Sfziosità”, Ponzone Silvana, Caramagna Piemonte (CN)

Altre utilizzazioni: il miele di melata di abete bianco è frequentemente misto al nettare e alla melata di castagno. La minor quantità di zuccheri presente in esso rispetto ai mieli derivanti dal nettare, gli conferisce un tipico retrogusto amarognolo e lo rende particolarmente adatto a coloro che seguono una dieta dimagrante o a basso contenuto glicemico. Il colore scuro lo contraddistingue per la sua ricchezza in antiossidanti, soprattutto polifenoli. Tra le varie tipologie di miele è quello che contiene il maggior numero di sali minerali e oligoelementi (calcio, magnesio, manganese, sodio, potassio, rame, cromo e ferro). Ricco anche di vitamine e di aminoacidi essenziali, esercita una forte azione antisettica e antibatterica (in passato veniva utilizzato per disinfettare le ferite e le lesioni).

## ACER SPP

Nome scientifico:

*Acer campestre* L., *Acer pseudoplatanus* L.

Famiglia: Aceraceae

Nome italiano: acero campestre, acero di monte



Descrizione botanica: gli aceri sono alberi (ma anche arbusti) caducifogli, generalmente di dimensioni piccolo-medie; solo alcuni esemplari possono raggiungere altezze massime di 30-40 metri. La ramificazione è monopodiale, anche se il portamento e le caratteristiche sono diverse in base alla specie: la chioma dell'acero campestre, ad esempio, è rotondeggiante, mentre quella dell'acero di monte è molto fitta ed espansa, conferendogli una caratteristica forma a cupola. Il ritidoma si presenta grigio-brunastro con fessure in *A. campestre* e in placche che si sfaldano in *A. pseudoplatanus*. L'apparato radicale, inizialmente fittonante, grazie alle radici laterali che si sviluppano si può espandere notevolmente lungo il terreno.

*Acer campestre* L.

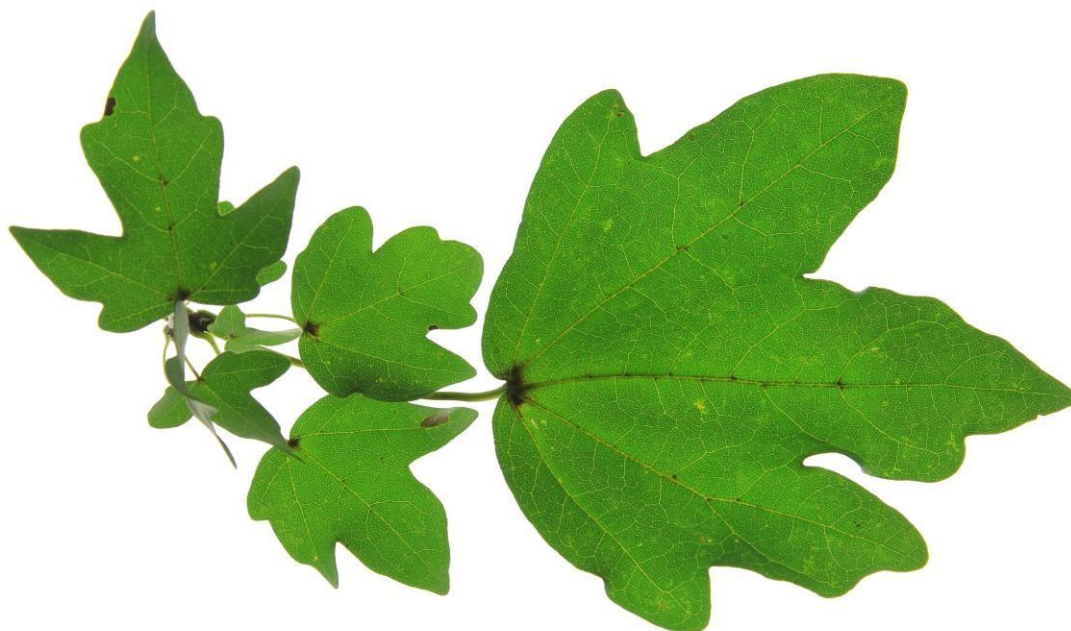


*Acer pseudoplatanus* L.



Le foglie, lungamente picciolate, sono semplici; nella maggior parte delle specie sono palminervie, più o meno cordate e lobate (con diversi numeri di lobi).

*Acer campestre* L.



*Acer pseudoplatanus* L.



Il frutto è una samara che si presenta sotto forma di una coppia di acheni uniti, più o meno compressi.

*Acer campestre* L.



*Acer pseudoplatanus* L.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: l'antesi è primaverile e può avvenire prima della fogliazione o contemporaneamente ad essa in base alla specie. I fiori dell'acero sono poco vistosi; di colore rosso, verde o aranciato, si presentano riuniti in infiorescenze, ascellari o terminali, a forma di ombrella, corimbo, racemo o pannocchia. Generalmente sono pentameri (di rado la corolla è tetramera o assente), con petali e sepali liberi, attinomorfi, composti per lo più da 8 stami collocati sopra il disco nettario e ipogini, con ovario bi/tri-carpellare (con un ovulo per carpello) composto da 2 stili. Frequenti sono i fiori unisessuali che possono essere ginomonoici (privi di stami) o andromonoici (privi di pistillo). In molte specie del genere *Acer* si verifica la concomitanza di fiori bisessuali, che possono comparire anche sulla stessa infiorescenza, e fiori unisessuali (poligamia). Alcuni aceri, invece, si presentano tassativamente monoici, oppure dioici. In diverse specie vi è la tendenza alla partenogenesi, a volte accentuata.

*Acer campestre* L.



*Acer pseudoplatanus* L.



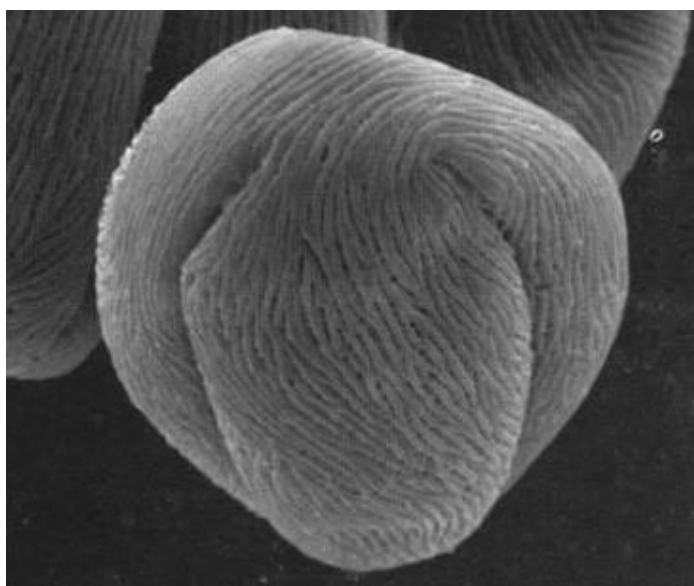
Distribuzione in Italia: *A. campestre* e *A. pseudoplatanus* sono originari, rispettivamente, del centro Europa e dell'Europa centrale/Asia occidentale. Le diverse specie del genere *Acer* sono diffuse, in maniera più o meno sporadica, nelle regioni temperate e tropicali di tutto l'emisfero settentrionale. Delle 14 specie presenti in Europa, 7 crescono spontaneamente in Italia: l'acero campestre, che spesso rappresenta uno degli elementi fondamentali delle siepi e dei margini dei boschi, nel nostro territorio è diffuso e comunissimo in quelli mesofili, soprattutto nei querceti caducifogli di tutte le regioni, dal livello del mare fino ai tratti inferiori della zona fitoclimatica del *Fagetum*. L'acero di monte, ad eccezione della Sardegna, è presente nei boschi montani di tutte le regioni italiane, spesso misto ad altre latifoglie (cerro, castagno, faggio, carpino, abete rosso, ecc.). Esso trova il suo *optimum* di crescita nelle stazioni fresche e ombrose del *Castanetum*, e in quelle più calde e soleggiate del *Fagetum*.

Esigenze pedoclimatiche: *A. campestre* è una specie eliofila, moderatamente xerofila e termofila. Sebbene prediliga suoli ricchi e riscontri minore concorrenza su quelli debolmente carbonatici e argillosi, risulta piuttosto indifferente alla natura del substrato. *A. pseudoplatanus* è mediamente sciafilo (caratteristica grazie alla quale riesce ad imporsi facilmente sulle altre specie nei primi stadi di sviluppo), necessita di suoli fertili, freschi e preferibilmente non acidi, di diversa natura minerale purchè non risultino prevalentemente argillosi.

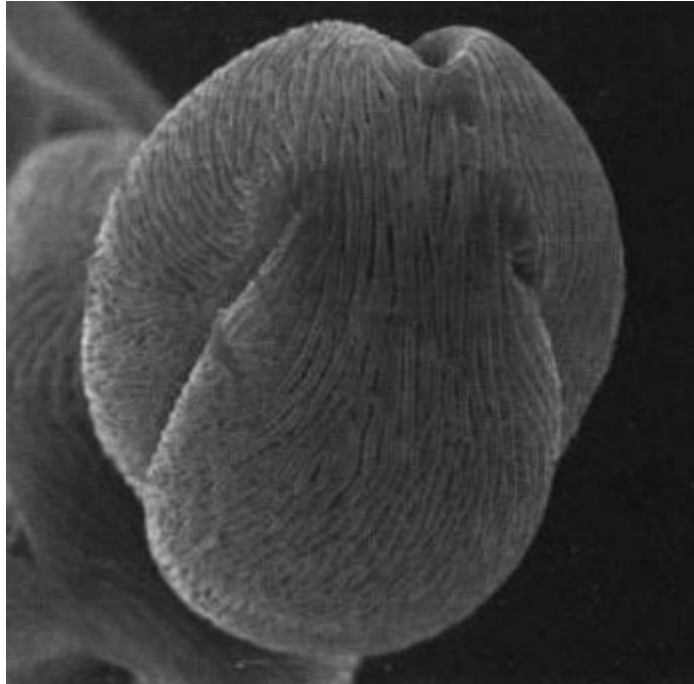
Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: soprattutto nell'Italia centrale, dove la fioritura della specie è più precoce rispetto al settentrione, il nettare di acero, discretamente appetito dalle api, viene utilizzato quasi esclusivamente per l'alimentazione della colonia e per il rinforzo della covata. Il polline, al contrario, viene bottinato assiduamente, dando luogo a pallottole verdi-giallastre presenti nei raccolti in percentuali che a volte arrivano all'80%. *A. campestre* è una pianta molto mellifera, produce notevoli quantità di nettare al livello del disco nettario situato alla base dell'ovario. Similmente, per quanto riguarda *A. pseudoplatanus*, l'impollinazione è principalmente entomofila.

Morfologia del polline: i granuli pollinici del genere *Acer* sono, nella maggior parte delle specie, isopolari, 3-zono-colpati e prolati. La conformazione dell'esina può variare da striata a rugulata, a reticolata a granulare.

*Acer campestre* L.



*Acer pseudoplatanus* L.



La concessione delle foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen morphology of some *Acer* L. (Aceraceae) species growing in parks, gardens and natural environments in Kastamonu" (2013)

Potere allergenico: *A. campestre* e *A. pseudoplatanus* sono considerate specie scarsamente allergeniche o non allergeniche.

Interesse apistico: polline 3; nettare 2

Percentuali apprezzabili di polline delle due specie (10-15%) si rinvengono solo nei mieli alpini. Per quanto riguarda la melata, le diverse specie del genere *Acer*, sia in Italia che in tutta l'Europa, non vengono quasi mai visitate dalle api per il fatto che la raccolta della melata coinciderebbe con quella del nettare che risulta più gradito rispetto ad essa.

Potenziale mellifero:

- *Acer campestre* classe VI (oltre 500 Kg miele/ha)
- *Acer pseudoplatanus* classe V (da 201 a 500 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele: il colore del miele può variare dall'ambrato chiaro al beige scuro. Il sapore è mediamente persistente, delicato e fruttato (ricorda la frutta cotta, il nocciolo del ciliegio o le caramelle mou). La cristallizzazione è molto ritardata ed è costituita da cristalli fini.

Le caratteristiche melissopalinologiche e chimico-fisiche relative alle specie del genere *Acer* non sono note.



Zone di produzione in territorio nazionale: il miele di acero viene prodotto principalmente nelle zone collinari e sub-montane del Trentino, del Piemonte e del Friuli Venezia Giulia.

Principali produttori italiani:

- “Dolci momenti dalle Dolomiti”, famiglia Ghezzi, Andalo (TN)
- Apicoltura “Il Colle”, Borgomanero (NO)
- Azienda agricola “Ghiro Miranda”, Bagnolo Piemonte (CN)

Certificazioni:

- Apicoltura biodinamica “Marco Chiri”, Borgata Bianchi di Villanova (At)
- Apicoltura a Regola d'Ape “Comaro”, Cassacco (Ud) - certificazione IFS (International Food Standard)

## POPULUS SPP

Nome scientifico:

*Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L.

Famiglia: Salicaceae

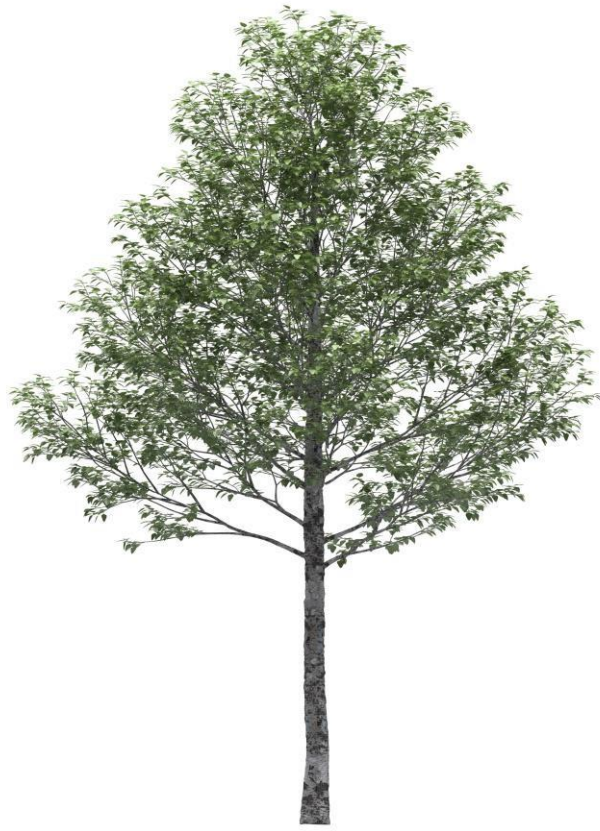
Nome italiano:

pioppo bianco, pioppo nero, pioppo tremulo



Descrizione botanica: le specie appartenenti al genere *Populus* sono alberi decidui ad accrescimento rapido che possono raggiungere anche dimensioni ragguardevoli (dai 20 ai 40 metri di altezza e fino agli oltre 150 cm di diametro del tronco). La loro chioma è di forma rotondeggiante o allungata, con ramificazione monopodiale e caratterizzata da tipici brachiblasti. La corteccia è di colore variabile in base alla specie: si presenta liscia negli esemplari giovani e con ritidoma marcatamente solcato in quelli vecchi. L'apparato radicale si espande ampiamente producendo grosse radici verticali.

*Populus alba* L.



*Populus nigra* L.



*Populus tremula* L.



Le foglie sono semplici, alterne, spiralate e palminervie nella maggior parte delle specie. La lamina è di forma ovaleggiante o triangolare con il margine intero o dentato.

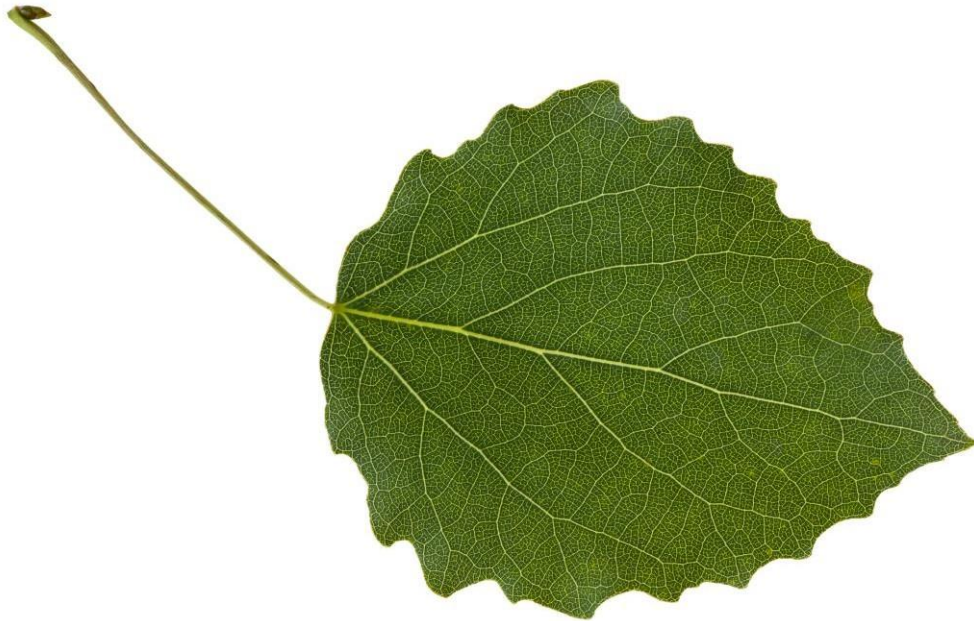
*Populus alba* L.



*Populus nigra* L.



*Populus tremula* L.



Il frutto è una capsula di colore verde o bruno-rossiccio che al momento della disseminazione si apre in 2-4 valve. I semi che contiene sono molto piccoli, ovoidali, arrotondati o acuti all'apice e spesso dall'aspetto cotonoso.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: i pioppi sono alberi solitamente dioici. I fiori sono amenti penduli pedunculati (i maschili, generalmente, sono più corti e compatti rispetto a quelli femminili). Il calice, a forma di disco, è ascellato da una brattea caduca e sempre dentata: nel fiore maschile è appiattito, e su di esso si inseriscono dai 4 ai 60 stami costituiti da corti filamenti giallastri e rosse antere oblunghe. Il fiore femminile è a coppa, dotato di un ovario biloculare con 2-4 carpelli e altrettanti stigmi. I fiori sbocciano sui rami dell'anno precedente prima della fogliazione, da Febbraio ad Aprile.

Fiori maschili



## Fiori femminili



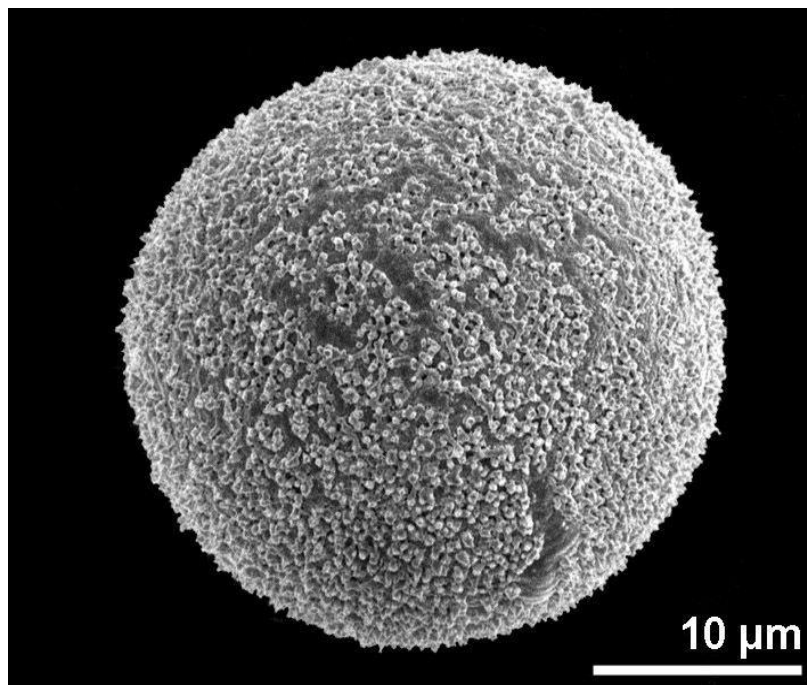
Distribuzione in Italia: nella penisola italiana le tre specie descritte sono autoctone. *P. alba* si riscontra comunemente su tutto il territorio, dal piano basale fino a quello montano (1000 metri slm). *P. nigra* cresce spontaneo in tutte le regioni, in particolare lungo le rive dei corsi d'acqua e dei laghi, dal piano basale fino alla zona fitoclimatica del *Fagetum* caldo (1200 metri slm). *P. tremula* è presente su tutto il territorio nazionale, prediligendo i boschi montani degradati, marginali e prevalentemente umidi (risale fino a 1800 -2000 metri).

Esigenze pedoclimatiche: le specie del genere *Populus* sono diffuse prevalentemente nelle regioni temperate e fredde dell'emisfero settentrionale; alcune specie si rinvencono, tuttavia, anche nelle regioni subtropicali. Nello specifico *P. alba*, specie eliofila e termofila, si riscontra spesso in cenosi umide o anche periodicamente sommerse, come sulle rive dei fiumi e dei laghi. Predilige suoli prevalentemente fertili e sufficientemente freschi, sciolti, siliceo-argillosi e siliceo-marnosi, con pH da neutro a subalcalino. *P. nigra* è eliofila e mediamente termofila; rispetto al pioppo bianco è più rustica in relazione all'adattabilità al suolo, colonizzando anche ghiaioni e terreni pietrosi, sebbene trovi il suo *optimum* di coltivazione nei suoli freschi, profondi e sciolti e si accresca con difficoltà sui substrati non sufficientemente drenati. *P. tremula* è una specie eliofila e pioniera indifferente al pH del suolo, che riesce ad adattarsi facilmente anche ai terreni scarsamente fertili e pietrosi.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: l'antesi del genere *Populus* si protrae da Febbraio ad Aprile ed è spesso caratterizzata da una leggera proterandria. I fiori mancano di nettarii e vengono impollinati dal vento sebbene le api talora raccolgano consistenti quantità di polline. Esso si presenta sotto forma di piccole pallottole di color marrone. Nell'Italia centrale è stata osservata la melata relativa al genere *Populus* che tuttavia non risulta particolarmente appetita dalle api.

Morfologia del polline: i granuli pollinici delle specie del genere *Populus* sono sferoidali con caratteristiche morfologiche poco note. L'ornamentazione dell'esina, in base alla specie, può variare da rugulata a finemente reticolata, a cavernosa e a tuberculare.

*Populus* spp



La foto è stata estrapolata dal PalDat (Palynological Database)

Potere allergenico: il polline viene diffuso solo dalle piante maschili trattandosi di specie dioiche e anemofile. Non sussistono evidenze che possano far ipotizzare una sensibilizzazione allergica provocata dalle specie appartenenti a questo genere.

Interesse apistico: polline 3; nettare 0

*CERATONIA SILIQUA L.*

Nome scientifico: *Ceratonia siliqua* L.

Famiglia: Caesalpinieae

Nome italiano: carrubo



Descrizione botanica: il carrubo è un albero sempreverde che può raggiungere un'altezza di 8-10 metri; a maturità diventa un albero robusto e imponente con un diametro del tronco che spesso supera il metro e una chioma molto espansa. La corteccia è di colore bruno chiaro. La radice è un profondo fittone, dotato di piccole radici laterali.





Le foglie sono lunghe dai 10 ai 20 cm, brevemente picciolate, paripennate e composte da 2-5 paia di foglioline coriacee con margine intero; di forma ellittica o obovata, sono di colore verde scuro sulla pagina superiore e verde più chiaro su quella inferiore.



Il frutto ("carruba") appartiene a una particolare tipologia di legumi definiti *lomenti*; lungo dai 10 ai 15 cm e largo circa 2, è di forma appiattita e di colore bruno. A maturità si suddivide in vari segmenti chiamati "logge", che racchiudono al loro interno un seme ciascuno di colore brunastro, appiattito e di difficile germinazione.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: la fioritura del carrubo è molto scalare, prevalentemente autunnale (settembre-novembre), anche se può avere inizio già a fine primavera. A differenza della stragrande maggioranza delle specie appartenenti alla famiglia delle leguminose, *Ceratonia siliqua* è una pianta dioica, di rado ermafrodita. I fiori, inizialmente bisessuali, nel corso del loro sviluppo perdono frequentemente la loro funzionalità maschile o femminile. Sono stati osservati cinque tipi di infiorescenze: fiori maschili con filamenti lunghi e pistilli abortivi, fiori maschili con filamenti corti e pistilli abortivi, fiori ermafroditi con stami e pistilli completamente sviluppati e funzionali, infiorescenze femminili con stami abortivi e pistilli completamente sviluppati e funzionali, infiorescenze poligame con fiori solo in parte maschili, in parte femminili e in parte ermafroditi. Un'altra caratteristica che contraddistingue questa specie dalle altre della stessa famiglia è la morfologia florale. La corolla è regolare, composta da 5 petali molto piccoli e poco vistosi, e da 5 stami liberi.



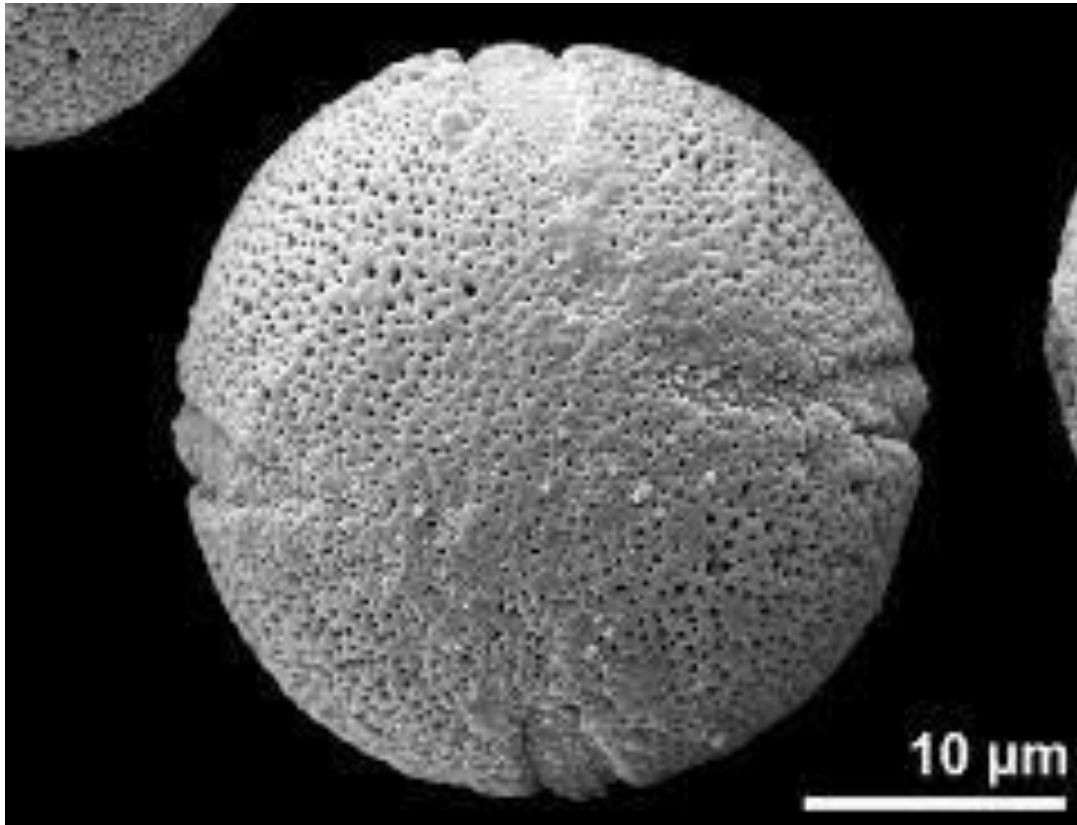


Distribuzione in Italia: originario della Siria e dell'Asia Minore, il carrubo si colloca tra le specie che hanno accompagnato le civiltà mediterranee. Tipicamente stenomediterraneo, in Italia si rinviene allo stato spontaneo in tutta la penisola, crescendo soprattutto nelle aree più calde, quali la Sicilia e la Sardegna. Si adatta facilmente anche alle condizioni pedoclimatiche delle coste del Tirreno, dell'Egeo e dell'Adriatico pugliese.

Esigenze pedoclimatiche: il carrubo è una specie xerofila e termofila che trova il suo *optimum* di crescita nelle macchie sempreverdi e nelle garighe estremamente calde della zona fitoclimatica del *Lauretum* caldo (*Oleo-Ceratonion*), dove si associa alle sclerofille mediterranee più termofile, quali il lentisco, il terebinto, il mirto, l'alatano, l'ilotro, il corbezzolo e l'olivo. Adatto a vegetare ad altitudini comprese tra 0 e 500 metri s.l.m., resiste agevolmente alle alte temperature estive sopportando anche i 40°. Non resistendo al freddo, temperature inferiori a -4°C possono provocare la morte delle piante giovani o causare danni alle radici, ai fiori e ai frutti delle piante adulte. Le piogge autunnali possono influire negativamente sull'impollinazione. Il carrubo ama suoli sabbiosi e ben drenati, si adatta facilmente a quelli limoso-calcarei e riesce a svilupparsi anche in terreni poveri e rocciosi. Tollera la salinità fino a un contenuto del 3%.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: il carrubo è una pianta molto appetita dalle api; nell'Italia insulare, in via occasionale, se ne può ricavare miele monoflora. Vengono raccolte anche piccole quantità di polline. La fioritura, prevalentemente autunnale (Settembre-Novembre) non agevola l'impollinazione del carrubo da parte degli insetti pronubi per cui la maggior parte delle *cultivar* necessita di piante impollinanti. Le più appropriate in termini di sovrapposizione ottimale al lungo periodo di fioritura femminile risultano quelle ermafrodite che vanno distribuite in maniera regolare intorno e all'interno del frutteto in percentuali non inferiori al 12% e in rapporto 8:1 (8 femmine e un'impollinante) con gli impollinatori piantati ogni terza fila e separati da due piante femminili all'interno di essa.

Morfologia del polline: il granulo pollinico di *Ceratonia siliqua* è tetracolporato, di forma sferoidale, con un diametro che misura mediamente dai 28 ai 30  $\mu\text{m}$ . L'esina è stratificata.



La foto è stata estrapolata dal PalDat (Palynological Database).

Potere allergenico: non è stata riscontrata l'evidenza che il polline di tale specie possa provocare una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: polline 1; nettare M

Potenziale mellifero: classe I (da 0 a 25 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele:

Caratteristiche melissopalinoologiche	la percentuale del polline della specie è presente con frequenza dominante, PK/10 g tra 20.000 e 90.000 (Ricciardelli D'Albore, 1998)
Caratteristiche organolettiche	Il colore è medio o scuro, con odore e aroma di media intensità o intensi, con una connotazione vegetale di sedano e tostata al tempo stesso, che può ricordare l'aroma della carruba
Caratteristiche fisico-chimiche	non note



Il polline di carrubo è iporappresentato trattandosi di una pianta dioica; per questo motivo, sebbene il polline sia presente con frequenza dominante, la monospecificità del miele è garantita da una percentuale non superiore al 10% presente nel sedimento.

Zone di produzione in territorio nazionale: la produzione di miele monoflora è scarsa e sporadica per via della fioritura tardiva della specie. Ci si augura che il miele venga lasciato alle famiglie di api che, in un periodo di forte scarsità di nettare, ne necessitano in modo particolare. Il miele di carrubo viene prodotto soprattutto in Sicilia, e in particolare nel ragusano, nei mesi di ottobre e novembre.

Principali produttori italiani:

- Azienda agricola “L'Alveare”, di Luigi Cavallaro, Zafferana Etnea (CT)

Certificazione biologica:

- Azienda agricola “Natura Iblea”, Prodotto Tipico siciliano, Ispica (RG)
- Azienda agricola “Gocce di Sicilia”, Capo D'Orlando (ME)

Denominazioni:

- Miele Ape Nera Sicula - Apicoltura “Amodeo Carlo”, Termini Imerese (PA) - prodotto Slow Food dal 2008

Altre utilizzazioni: nel miele di carrubo si rinvengono spesso diverse percentuali di nettare di corbezzolo, che fiorisce contemporaneamente ad esso. Qualora la smielatura venisse effettuata nel periodo invernale vi sarebbero elevate probabilità di riscontrarvi anche percentuali di nettare appartenenti alle rosacee a fioritura più precoce quali, ad esempio, il mandorlo.

Le basse temperature invernali in occasione delle quali il miele di carrubo viene prodotto ne favoriscono la cristallizzazione garantendone una cremosità quasi caramellosa. Nei principali luoghi di produzione viene sovente utilizzato per la preparazione di biscotti, creme dolci e anche come sostituto o costituente stesso del cioccolato (come nella composizione del delizioso cioccolato di Modica al carrubo).

Ciò che contraddistingue il miele di carrubo rispetto alle altre tipologie di miele è la sua ricca percentuale in fibre, il suo alto contenuto in calcio e la sua bassa concentrazione in sodio, facilitando i soggetti che soffrono di alta pressione sanguigna.

*LAURUS NOBILIS* L.

Nome scientifico: *Laurus nobilis* L.

Famiglia: Lauraceae

Nome italiano: alloro



Descrizione botanica: l'alloro si presenta spesso sotto forma di arbusto di varie dimensioni che acquisisce le caratteristiche di un vero e proprio albero latifolia se lasciato crescere spontaneamente, raggiungendo fino a 10 metri di altezza. La chioma è fitta e cespugliosa, il tronco diritto e irregolare con una ramificazione che parte quasi dalla base conferendo alla pianta una forma piramidale. Il ritidoma è liscio, di colore bruno-grigiastro con riflessi verdastri. L'apparato radicale è un fittone su cui si sviluppano radici laterali più superficiali col passare del tempo.





Le foglie sono lunghe dai 6 ai 10 cm, semplici, alterne, di forma ovata e di consistenza coriacea. Dal caratteristico odore che conferisce all'alloro la tipica aromaticità, sono lucide e di colore verde scuro sulla pagina superiore, opache e verde più chiaro su quella inferiore.



I frutti sono piccole drupe (bacche) di colore verde nelle fasi iniziali di sviluppo e nero lucido a maturità. Contengono un solo seme rossastro.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: l'alloro è una pianta dioica; fenomeni di natura evolutivo-abortiva hanno portato a variazioni morfo-funzionali dei fiori, inizialmente perfetti, poi unisessuali. Nei fiori femminili sono presenti 2-4 residui di stami sterili (staminoidi) e nei fiori maschili le parti femminili sono atrofiche. I fiori sono di piccole dimensioni, profumati, di colore bianco-giallognolo, composti da 4 petali e riuniti in infiorescenze ascellari a ombrella. Quelli maschili sono muniti di 8-12 stami e quelli femminili sono composti da un unico pistillo con ovario supero. Tipica pianta degli ambienti mediterranei, l'alloro fiorisce all'inizio della primavera, generalmente in marzo-aprile.

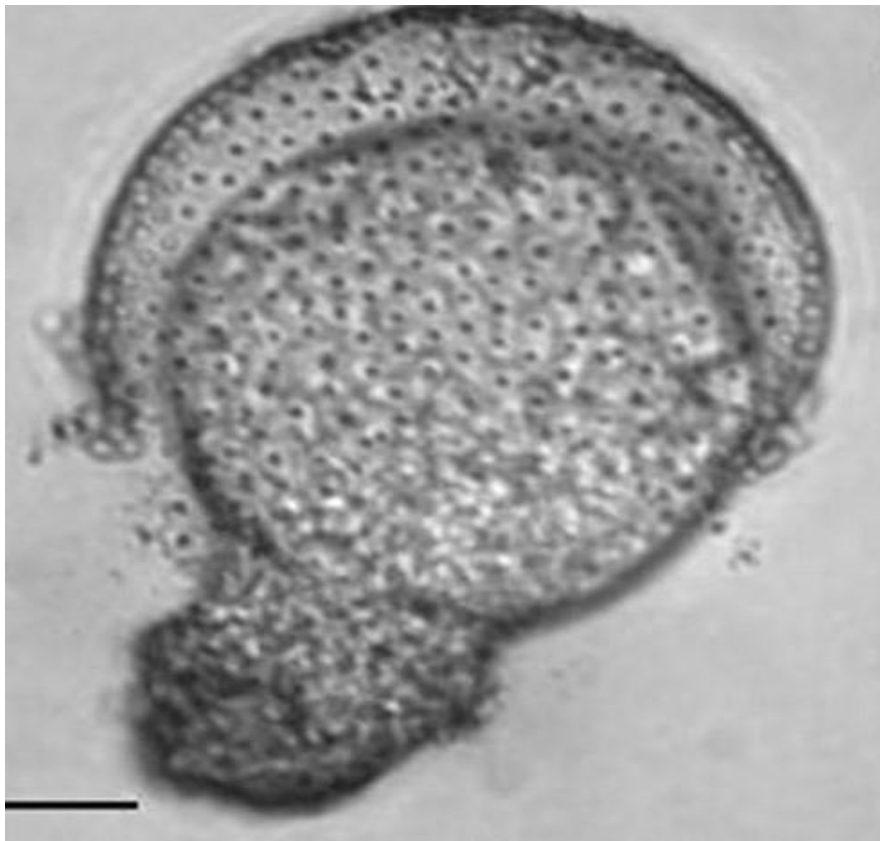


Distribuzione in Italia: *Laurus nobilis* è originario dell'Asia Minore e del Bacino del Mediterraneo ed è la specie che conferisce la denominazione alla zona fitoclimatica del *Lauretum*. Per via della sua distribuzione tipicamente mediterranea il suo areale si estende su quasi il 50% del territorio nazionale dove cresce spontaneamente nelle zone centro-meridionali e lungo le coste. Nelle regioni settentrionali si riscontra solo in alcuni microambienti dove viene prettamente coltivato.

Esigenze pedoclimatiche: l'alloro è una pianta rustica che si adatta bene a tutte le tipologie di suolo, sebbene prediliga i terreni profondi, bene drenati e ricchi di elementi nutritivi. Specie mesofila, si diffonde facilmente nelle zone a clima caldo-umido, preferendo i valloni freschi ma soleggiati e risultando tollerante agli ambienti costieri e marini. È una specie resistente al freddo che non tollera le gelate anticipate e tardive prolungate.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: l'impollinazione dell'alloro avviene sia per via anemofila che per via entomofila. Le api bottinano attivamente sia il polline che il nettare. Il nettare è di consistenza viscosa ed è contenuto all'interno degli staminoidi dei fiori femminili e sotto le antere di quelli maschili ove alcuni studi hanno dimostrato che la sua concentrazione risulta maggiore. Gli insetti impollinatori lo estraggono dai fiori di entrambi i sessi senza fare particolari distinzioni. Il polline è di colore arancio e costituito da pallottole vischiose; viene raccolto in discrete quantità (fino al 40%).

Morfologia del polline: i granuli pollinici dei generi e delle specie di piante appartenenti alla famiglia delle Lauraceae sono apolari, inaperturati e sferoidali. L'esina è molto sottile ed è ornamentata da spinule sparpagiate lungo tutta la superficie.



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Floral biology of the dioecious species *Laurus nobilis* L. (Lauraceae)", 2014

Potere allergenico: non è stata riscontrata l'evidenza che il polline di tale specie possa provocare una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: polline 3; nettare 1

Potenziale mellifero: classe I (da 0 a 25 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele: l'alloro è una specie prevalentemente pollinifera coltivata a scopo ornamentale. Essendo caratterizzata da una fioritura precoce, tutto il nettare bottinato dalle api è riservato al nutrimento della colonia risultando fortemente iporappresentato nella composizione dei mieli (meno dell'1%).

*MALUS X DOMESTICA* BORKH.

Nome scientifico: *Malus x domestica* Borkh.

Famiglia: Rosaceae

Nome italiano: melo



Descrizione botanica: piccolo albero deciduo, che può raggiungere 10 metri di altezza, con sviluppo acrotono e chioma densa e ombrelliforme; il tronco si presenta eretto, presto ramificato e la corteccia è liscia, di colore grigio-brunastro, fessurata in squame quadrangolari. L'apparato radicale è ben esteso, ma poco profondo.

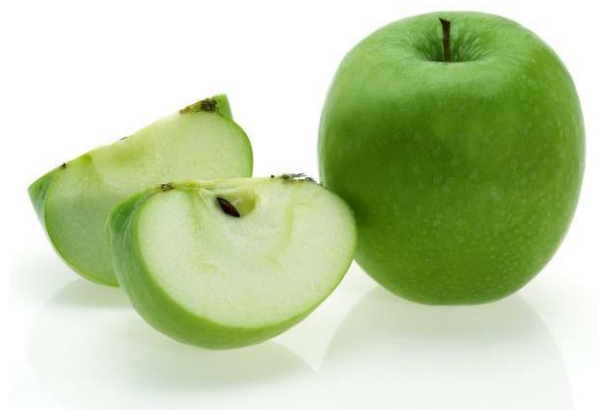




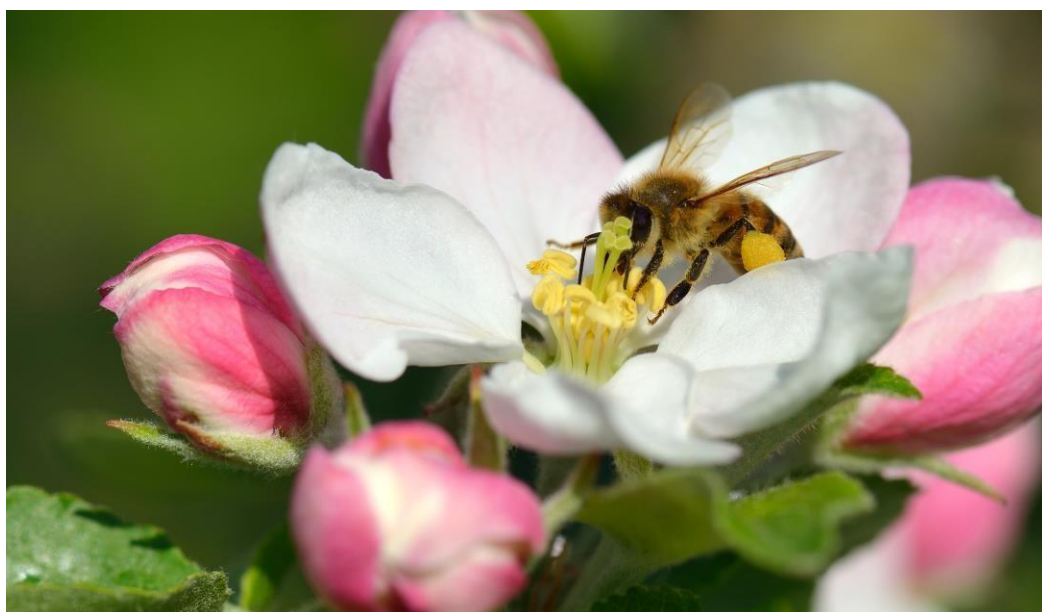
Le foglie, semplici e alterne, con lembo leggermente seghettato, presentano una lamina ovale, con apice acuto e base arrotondata. Lunghe 5-12 centimetri e larghe 3-6 cm, sono glabre nella pagina superiore e con una certa tomentosità su quella inferiore; il picciolo, provvisto di stipole caduche, è lungo 2-5 cm.



La mela è un falso frutto (pomo) composto da un pericarpo o buccia, di diverse colorazioni, un mesocarpo o polpa di consistenza e sapore variabile (dall'acidulo al farinoso) e un endocarpo, il torsolo, con cinque logge cartilaginee, in cui sono contenuti 1-2 semi per loggia.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: di colore bianco-rosato (la corolla è bianca internamente e rosa o rossa all'esterno), i fiori del melo, ermafroditi, sono riuniti in infiorescenze a corimbo in numero di 4-9, e sono formati da cinque petali, numerosi stami (15-30), 3-5 stili uniti alla base ed antere gialle. Il fiore centrale del corimbo è detto "fiore re" (*king flower*); nel corso della fioritura, che avviene nel mese di Aprile, è il primo a sbocciare, allega più facilmente e dà origine a frutti di pezzatura maggiore e meno soggetti a cascola. A impollinazione avvenuta, i petali dei fiori cadono naturalmente.



Distribuzione in Italia: originaria dell'Asia Centrale (odierno Kazakistan) *Malus x domestica*, passando per il Medio Oriente, si è diffusa rapidamente in Italia, dove ha trovato il suo *optimum* di crescita soprattutto nelle zone collinari e montane del settentrione. Infatti l'80% del raccolto nazionale proviene dal Trentino-Alto Adige, con coltivazioni di importanza rilevante anche in Emilia-Romagna e nel Veneto; meno diffusa è la produzione in Piemonte, Lombardia e Campania.

Esigenze pedoclimatiche: per quanto riguarda le temperature, affinché il melo possa vegetare è importante che venga soddisfatto il fabbisogno in freddo; l'ampio panorama varietale ne permette, in ogni caso e sebbene in percentuali minori rispetto al settentrione, la coltivazione anche in aree caldo-temperate dell'Italia centro-meridionale. Ottima è la resistenza al freddo invernale (tollera fino a  $-20/25^{\circ}\text{C}$ ) e la fioritura tardiva (aprile) permette di evitare, nella maggior parte dei casi, le pericolose brinate primaverili.

In termini di luce può considerarsi specie eliofila, anche se un'eccessiva esposizione al sole può danneggiare i frutti causando danni alla superficie esposta (depigmentazione o necrotizzazione).

Il melo non è particolarmente esigente in termini di terreno tollerando sia i suoli calcarei che quelli argillosi; le terre migliori risultano, tuttavia, quelle fresche, profonde, permeabili e dotate di buona fertilità; il pH ideale è compreso fra 6,5 e 7,5.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: le principali *cultivar* di melo sono autosterili e pertanto, per poter fornire produzioni regolari, richiedono l'impollinazione incrociata, operata da parte degli insetti pronubi. Per tale ragione il meieto, perchè sia garantita una buona produzione, non può essere monovarietale ma deve sempre disporre di più *cultivar*, di cui almeno una sia buona impollinatrice. Affinchè una varietà sia considerata tale, oltre a presentare una fioritura contemporanea o lievemente anticipata rispetto alla *cultivar* da impollinare, deve garantire una fioritura lunga e produrre grandi quantità di polline, compatibile e germinabile. Inoltre, per agevolare una buona produzione la distanza tra le *cultivar* da impollinare, non dovrebbe superare i 10-12 metri (si dovrebbe, infatti, inserire sul filare una buona impollinante ogni 5-10 piante da impollinare). Il melo attira facilmente le api e gli altri insetti pronubi poiché può fornire elevate quantità di nettare e polline, e produce fiori particolarmente profumati. È consigliabile, tuttavia, nella maggior parte dei meieti, immettere un congruo numero di arnie (4-6 per ha), specialmente nel caso in cui le condizioni ambientali si presentassero avverse durante la fase di fioritura.

Morfologia del polline: il granulo pollinico di questa specie è trizonocolporato; la forma è perprolata, con un asse polare lungo mediamente 36,22  $\mu\text{m}$ , un asse equatoriale di lunghezza media pari a 15,15  $\mu\text{m}$  e un relativo rapporto medio di 2,12; l'esina è striata.



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "The morphology of pollen grains of some species of Rosaceae Juss. family, 2017.

Potere allergenico: non è stata riscontrata l'evidenza che il polline di tale specie possa provocare una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: polline 3; nettare M

In Italia il miele monoflora di melo è prodotto solo da poche aziende agricole ed è praticamente impossibile da reperire presso i piccoli apicoltori per il fatto che, essendo una delle prime piante a fiorire in primavera, il più delle volte il miele prodotto viene consumato immediatamente dalle api per rinvigorire le forze dello sciame dopo l'inverno.

Potenziale mellifero: classe I (da 0 a 25 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele:

Caratteristiche melissopalinoologiche	PK/10 g tra 20.000 e 90.000 (Ricciardelli D'Albore, 1998)
Caratteristiche organolettiche	Il miele di melo è di colore ambrato chiaro, dall'odore e aroma di media intensità e dal sapore delicato. Cristallizza finemente e allo stato solido diventa più opaco, con sfumature grigie o toni rossicci. Nei fortunati anni in cui gli apicoltori riescono a raccoglierlo, se ne può gustare il profumo floreale e il sapore delicato, dal retrogusto fruttato. In alcuni casi può avere odore di mele renette al forno e a volte di sidro.
Caratteristiche fisico-chimiche	non note



Zone di produzione in territorio nazionale: il miele di melo, essendo monoflora, può essere raccolto in una zona abbastanza delimitata dove sia presente una grande quantità di piante di quell'unica specie. Viene raccolto soprattutto in Trentino-Alto Adige (da dove proviene il 46% del raccolto nazionale di mele) e in Emilia-Romagna (da dove proviene il 17% della produzione di mele). A causa dei trattamenti che la pianta subisce, gli alveari vengono trasportati su questa coltura solo durante il periodo della fioritura (in cui i trattamenti nocivi alle api sono proibiti) per essere allontanati subito dopo. La produzione di miele di melo è una rarità locale e le annate sono abbastanza discontinue, sebbene il melo sia coltivato su tutto il territorio nazionale.

Certificazione biologica:

- “Mielbio”, Azienda “Rigoni di Asiago” (VI)
- Azienda agricola “Frantoio Battaglini”, Bolsena (VT)
- Azienda “Blife SRL”, miele di melo e tarassaco, Viterbo

Altre utilizzazioni: il miele di melo funge da ottimo ricostituente essendo particolarmente ricco di antiossidanti, vitamine e sali minerali; alcuni studi dimostrano che aiuti i soggetti che soffrono di ipercolesterolemia a mantenere il colesterolo a livelli accettabili; aiuta, inoltre, a combattere la cefalea e, grazie alle sue proprietà diuretiche, stimola l'eliminazione dei rifiuti dal nostro organismo. Si ritiene che possa influire positivamente anche sull'attività renale.

All'inizio della primavera, quando esplose contemporaneamente la fioritura del melo e del tarassaco, il miele che ne può derivare ha un odore molto intenso, pungente, tipico del fiore di tarassaco, e un sapore persistente e di media dolcezza, con aroma intenso e fresco accompagnato da sentori di camomilla e da una leggera nota amara e acidula conferita dal melo.

## **CITRUS SPP**

Nome scientifico: *Citrus bergamia* Risso & Poit., *Citrus x clementina*, *Citrus reticulata* Blanco, *Citrus grandis* (L.) Osbeck, *Citrus limon* (L.) Burm.F., *Citrus medica* L., *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

Nome italiano: bergamotto, clementina, mandarino, pompelmo, limone, cedro, arancio dolce.

Famiglia: Rutaceae



Descrizione botanica: il genere *Citrus* comprende alberi e arbusti sempreverdi di dimensioni medio-piccole che raggiungono mediamente un'altezza massima di 5 metri. La chioma delle specie che ne fanno parte è tondeggiante, il fusto diritto, la corteccia di colore grigio-verdastro e i rami spesso angolosi (talvolta spinosi). Le radici sono fittonanti.

*Citrus bergamia* Risso & Poit.



*Citrus x clementina*



*Citrus reticulata* Blanco



Citrus grandis (L.) Osbeck



*Citrus limon* (L.) Burm. F.



*Citrus medica* L.



*Citrus sinensis* (L.) Osbeck



Le foglie sono semplici, coriacee e lucide, di colore verde più o meno scuro; presentano spesso un picciolo alato.

*Citrus limon* (L.) Burm. F.



*Citrus bergamia* Riso&Poit.



Il frutto è una particolare tipologia di bacca, denominata “esperidio”, di forma che varia da globosa ad allungata (in base alla specie dell'agrume in esame); la buccia è formata da epicarpo e mesocarpo uniti, il primo di consistenza coriacea e colore giallo o arancione talvolta tendente al rossastro, il secondo bianco e spugnoso. L'endocarpo è suddiviso in 8-12 logge contenenti la polpa e i semi, questi ultimi di forma globoso-allungata e di colore grigio-biancastro.

*Citrus bergamia* Risso&Poit.



*Citrus x clementina*



*Citrus reticulata* Blanco



*Citrus grandis* (L.) Osbeck



*Citrus limon* (L.) Burm. F.



*Citrus medica* L.



*Citrus sinensis* (L.) Osbeck

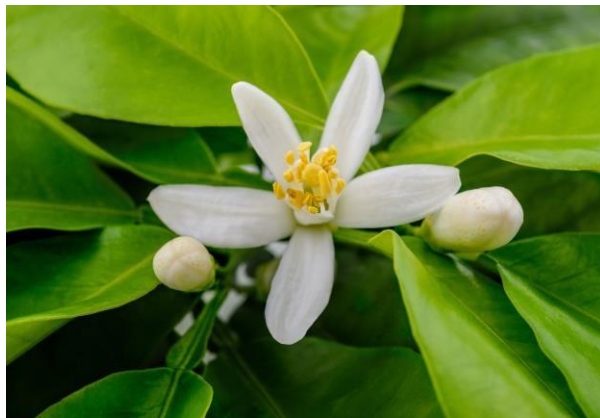


Caratteristiche dei fiori e fenologia: denominato “zagara”, il fiore degli agrumi è molto profumato, di colore bianco o roseo e può svilupparsi solitario o riunito in grappoli. Ad eccezione di casi di aborto ovarico abbastanza frequenti nel limone e nel cedro, le altre specie del genere *Citrus* presentano fiori ermafroditi, la cui corolla è composta da cinque sepali saldati a formare il calice e da cinque petali liberi, sprovvisti di peduncolo, di consistenza coriacea. Gli stami sono molto numerosi (da 15 a 60) e l’ovario si suddivide in 8-15 logge, contenenti ciascuna 4-8 ovuli. Alle condizioni pedoclimatiche caratteristiche del Mediterraneo, gli agrumi compiono tre vegetazioni. Quella primaverile riveste l'importanza maggiore ai fini produttivi poiché sviluppa un numero di fiori più elevato rispetto alla capacità di allegazione dell'albero. Ad eccezione del limone, specie rifiorante che fiorisce diverse volte nel corso dell'anno, l'antesi delle altre specie del genere *Citrus* si protrae da Aprile a Ottobre.

*Citrus x clementina*



*Citrus limon* (L.) Burm.F.



Distribuzione in Italia: gli agrumi trovano il loro *optimum* di crescita nella sottozona calda del Lauretum, la più torrida del territorio nazionale, dove si adattano le specie termofile e termo-xerofile tipiche dell'*Oleo-ceratonion* e della macchia mediterranea nonché, in misura minore, della foresta mediterranea sempreverde. Quest'areale comprende le regioni costiere della Maremma, del Lazio e della Calabria, tutte le regioni costiere delle isole italiane (incluse le pianure e le zone di bassa montagna della Sardegna e della Sicilia fino a 500 metri di altitudine) e per quanto concerne il versante adriatico le principali pianure delle zone costiere del Gargano.

Esigenze pedoclimatiche: per poter garantire produzioni qualitativamente e quantitativamente apprezzabili gli agrumi necessitano di climi caldi, caratterizzati da inverni miti; subiscono danni da freddo quando le temperature raggiungono gli 0°C (le specie più sensibili sono il limone e il cedro). Anche i venti possono provocare danni notevoli, soprattutto ai mandarini e alle clementine, causandone la rottura dei rami, il disseccamento dei fiori e la caduta delle foglie e dei frutti. Nelle regioni agrumicole italiane le precipitazioni risultano spesso insufficienti a coprire il fabbisogno idrico di queste specie e l'irrigazione diventa indispensabile. Gli agrumi hanno bisogno di terreni sciolti o di medio impasto, ben drenati, profondi, sufficientemente dotati di sostanza organica e con pH compreso tra 6 e 8 affinché i frutti a maturità diventino ben succosi, con un basso contenuto in acidità e con la buccia di spessore più ridotto possibile.

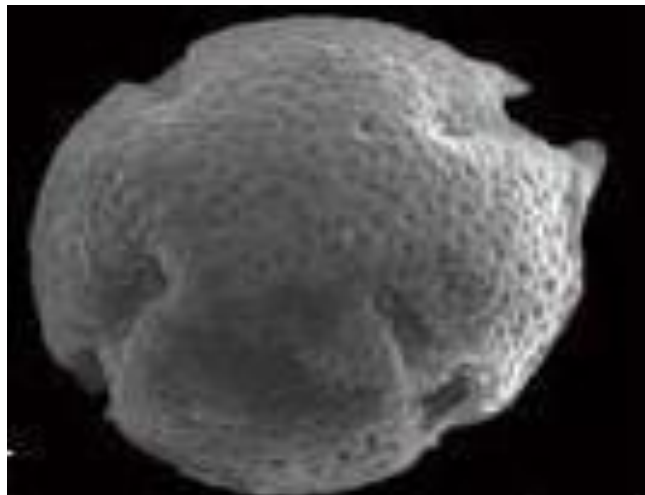
Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: gli insetti pronubi visitano molto volentieri i fiori degli agrumi, di dimensioni notevoli e dal profumo intenso. Essi costituiscono un'importante fonte di nutrimento per le api che vi trovano grandi quantità sia di nettare che di polline. In base alla specie e alla morfologia del fiore si può verificare sia l'autoimpollinazione che l'impollinazione incrociata; quest'ultima è spesso entomofila e molto più raramente anemofila, considerato che il polline è pesante e di consistenza appiccicosa e viene trasportato dal vento con difficoltà. Alcune specie di agrumi (in particolare le arance del gruppo Navel e Tarocco, nonché diverse specie di clementine e di limoni) presentano il fenomeno della partenocarpia. Grazie ad essa i frutti che si sviluppano sono tutti apireni, caratteristica molto apprezzata dal consumatore. La presenza degli insetti pronubi in relazione all'apirenia può, tuttavia, rappresentare un ostacolo.

Morfologia del polline: il granulo pollinico delle specie del genere *Citrus* è monade (separato dalla tetrad), simmetrico radialmente e isopolare. Le dimensioni, ad eccezione di quelle relative a *C. medica* che sono medio-piccole, sono medie. L'asse polare oscilla tra i 22 e i 40  $\mu\text{m}$  e l'asse equatoriale varia dai 20 ai 40  $\mu\text{m}$ ; ne conseguono granuli di forma subprolata, prolato-sferoidale, oblato-sferoidale o prolata. Con le dovute differenze relative sia alla diffusa coltivazione degli ibridi (ad esempio *C. clementina*), sia alla vasta gamma di varietà, sono stati individuati granuli tetra, penta ed esa-colporati. L'esina, con spessore che oscilla tra gli 1 e i 3  $\mu\text{m}$ , si può riscontrare in tre diverse tipologie: macroreticolata sul piano equatoriale e perforata su quello polare; macro o microreticolata su entrambi i piani; perforata su entrambi i piani.

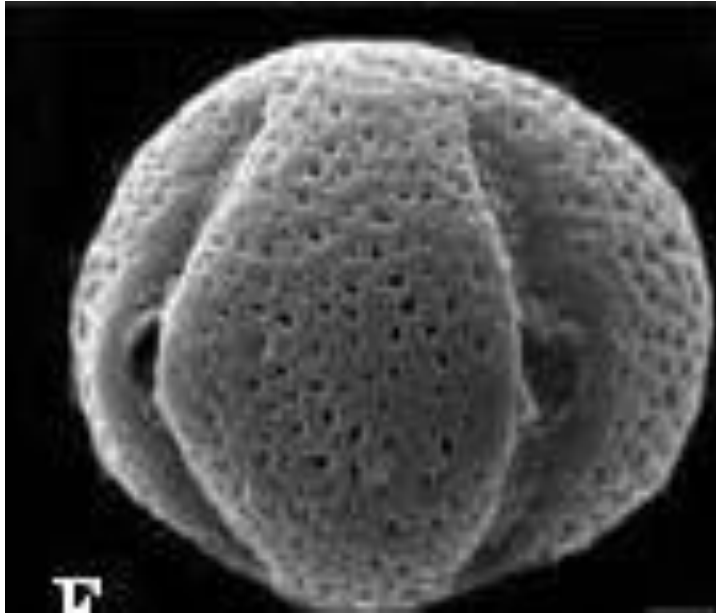
*Citrus bergamia* Risso & Poit.

non noto

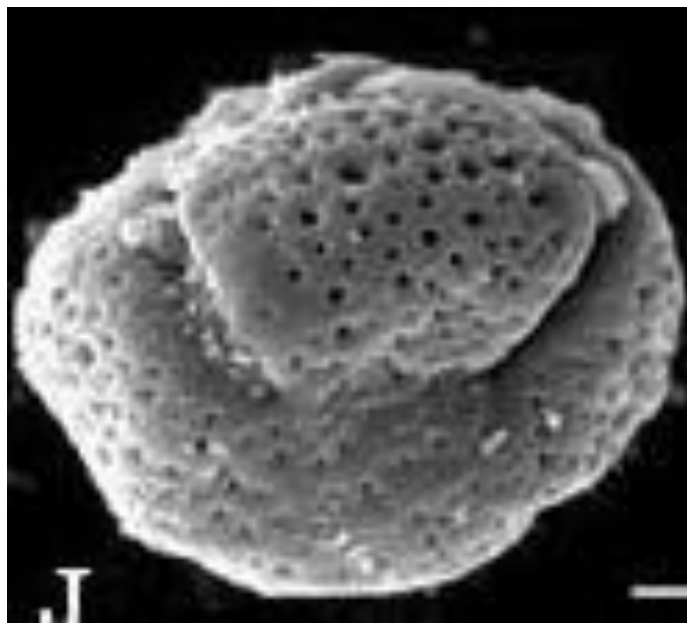
*Citrus reticulata* var. *clementina*



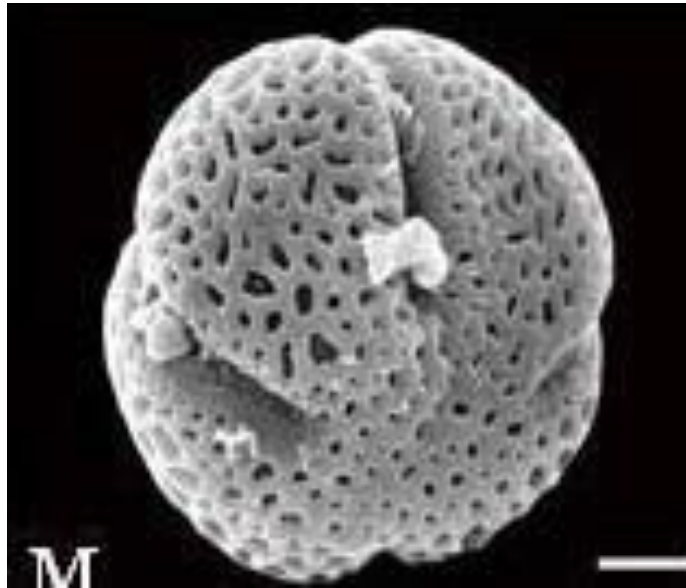
*Citrus grandis* (L.) Osbeck



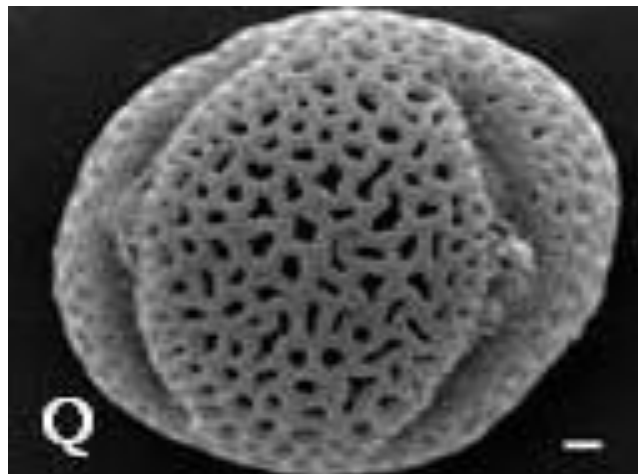
*Citrus limon* (L.) Burm.F.



*Citrus medica* L.



*Citrus sinensis* (L.) Osbeck



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen grain morphology of Citrus (Rutaceae) in Iraq", 2015.

Potere allergenico: non è stata riscontrata l'evidenza che il polline di tale genere possa provocare una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: nettare M; polline M

Il genere *Citrus* in Italia è rappresentato solo dalle specie di agrumi coltivate, che possono fornire cospicue partite di miele monoflora nelle zone meridionali e insulari.

Potenziale mellifero: classe V (da 201 a 500 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele: l'intensità e la finezza dell'aroma rendono questo miele uno dei monoflorali più apprezzati dai consumatori. Nell'analisi che segue la denominazione generica di "agrumi" si preferisce a quella delle singole specie sia perché, a livello analitico, risulta impossibile discriminare la provenienza, sia per il fatto che molto spesso si tratta di mieli di effettiva provenienza mista. Infatti né il colore né l'aroma, sebbene molto caratteristici, possono costituire un elemento di giudizio definitivo sulla provenienza: è sufficiente, ad esempio, anche una scarsa percentuale di nettare di un'altra specie perché il colore subisca notevoli variazioni.

Il polline delle specie del genere *Citrus* è sempre iporappresentato (le percentuali più elevate, che arrivano fino al 65%, si riscontrano nei mieli calabresi). In genere si considerano ottimi i mieli di agrumi che presentano una percentuale di polline pari al 45%, e che contengono non più di 22000 granuli/10 grammi di miele.

## Caratteristiche del miele

Caratteristiche melissopalinoologiche		molto variabili, per lo più superiori al 10%, ma talora anche inferiori in relazione alla presenza di cultivar sterili				
Percentuali di polline del genere <i>Citrus</i>						
Numero assoluto di granuli pollinici in 10 g di miele (PK/10g)		media = 8.900; deviazione standard = 3.200				
Classe di rappresentatività		I (PK/10 g: < 20.000)				
Aspetti organolettici						
Esame visivo						
Stato fisico	cristallizza spontaneamente, alcuni mesi dopo il raccolto					
Colore	allo stato liquido da quasi incolore a giallo paglierino, allo stato cristallizzato da bianco, a volte perlaceo, a beige chiaro					
Esame olfattivo						
Intensità odore	di media intensità					
Descrizione odore	Caratteristico, florale, fragrante, fresco, ricorda i fiori di zagara, con il tempo si sviluppa un odore meno fresco e florale, più fruttato, simile a quello della marmellata di arancio					
Esame gustativo						
Sapore	da normalmente a molto dolce; normalmente acido					
Intensità aroma	di media intensità					
Descrizione aroma	Caratteristico, corrispondente alla descrizione olfattiva					
Persistenza	abbastanza persistente					
Proprietà chimico-fisiche						
		media	dev.st			media
Acqua	g/100g	16,6	0,9	pH		3,9
HMF	mg/kg	3,0	2,0	Acidità libera	meq/kg	14,4
Diastasi	ND	8,9	2,6	Lattoni	meq/kg	3,0
Invertasi	NI	5,4	2,3	Acidità totale	meq/kg	17,4
Conducibilità elettrica	mS cm <sup>-1</sup>	0,18	0,04	Fruttosio	g/100g	38,4
Prolina	mg/100g	23,0	9,0	Glucosio	g/100g	32,0
Rotazione specifica	$[\alpha]_D^{20}$	-13,5	2,1	Saccarosio	g/100g	1,0
Colore	mm Pfund	14,3	5,5	Maltosio	g/100g	1,4
				Isomaltosio	g/100g	0,6
				Fruttosio + Glucosio	g/100g	70,4
				Fruttosio / Glucosio		1,20
				Glucosio / Acqua		1,90



#### NOTE

Deroghe previste:

contenuto in saccarosio: non più di 10g/100. Diastasi: non meno di 3 unità, con tenore in HMF inferiore a 15 mg/kg.

Caratteristiche chimico-fisiche: valori bassi di diastasi, invertasi, prolina, conducibilità elettrica, colore.

Il miele di agrumi possiede caratteristiche chimico-fisiche simili a quelle di altri mieli chiari. La possibilità di confusione si può presentare in particolare con il miele di sulla con il quale può trovarsi anche in miscela, condividendone la zona di produzione (Italia meridionale e insulare).

Per una sicura distinzione del miele di agrumi, oltre alle proprietà organolettiche e melissopalinologiche, si suggerisce di controllare in particolare l'indice diastatico (generalmente inferiore a 15 unità nel miele di agrumi e superiore in quello di sulla) e l'acidità totale (generalmente inferiore a 20 meq/kg nel miele di agrumi e superiore in quello di sulla).

Zone di produzione in territorio nazionale: la coltivazione degli agrumi, per via delle loro specifiche esigenze pedoclimatiche, è limitata alle regioni meridionali della penisola italiana. Il miele di agrumi viene prodotto principalmente in Sicilia e in Calabria e in minor misura in Campania, in Puglia, in Basilicata, in Sardegna e nel Lazio.

Certificazione biologica:

- “O. P. Terrantiga Apicoltori sardi”, San Sperate (CA)
- “Solmielato Apicoltura” di Leonardi Filippo, Zafferana Etnea (CT)
- Azienda Agricola “Vismara Gianfranco”, Cenate Sotto (BG)

Denominazioni:

- “Antica Apicoltura Kaberlaba” - Prodotti Tipici - Asiago (VI)
- Azienda Agricola “Carlo Amodeo” - Prodotti Tipici (ape nera sicula), Termini Imerese (PA)

Altre utilizzazioni: la produzione di miele di agrumi monoflora risulta di difficile applicabilità, a meno che non si tratti di coltivazioni monovarietali o monospecifiche. I mieli di arancio dolce e clementine prodotti nella provincia di Fondi sono sovente inquinati da piccole quantità di melata di quercia e assumono un colore più scuro. I mieli calabresi e siciliani di mandarino e bergamotto vengono spesso contaminati dal nettare di sulla che conferisce una tonalità giallognola. Il miele assume una colorazione arancione se sono presenti percentuali anche minime di nettare delle specie appartenenti alla famiglia delle Ericaceae.

I mieli di agrumi presentano alcune peculiarità che li contraddistinguono tra cui un effetto rilassante, calmante e stimolante dell'appetito. Essi favoriscono la digestione e, se consumati lontano dai pasti, possono esercitare una funzione depurative per l'organismo.

In ambito culinario, soprattutto nelle regioni di maggiore produzione, vengono spesso utilizzati per la preparazione di pietanze sia salate che dolci. Per via delle loro caratteristiche organolettiche se ne consiglia il consumo in abbinamento con formaggi quali la mozzarella, la scamorza e il caciocavallo.

## TILIA SPP

Nome scientifico:

*Tilia americana* L., *Tilia platyphyllos* Scop.

Famiglia: Tiliaceae

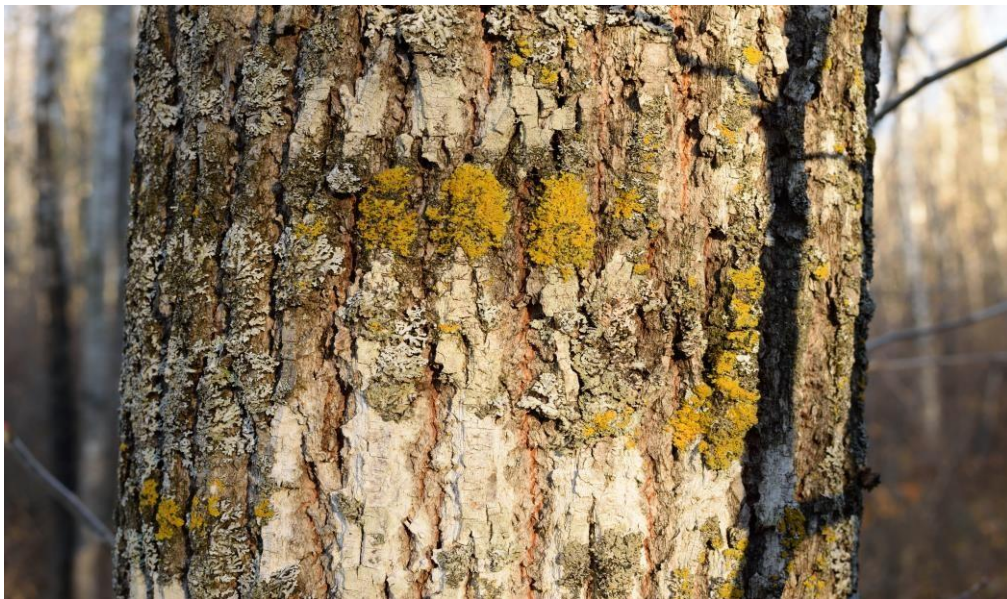
Nome italiano:

tiglio americano, tiglio nostrano



Descrizione botanica: il genere *Tilia* comprende specie arboree decidue di grandi dimensioni che possono raggiungere un'altezza di 35-40 metri. La chioma dei due esemplari presi in considerazione è ovaleggiante e il tronco è robusto. La corteccia è di colore grigio-marrone; dapprima liscia, rivela nel tempo fessure longitudinali. L'apparato radicale è inizialmente fittonante e tende ad espandersi sia in profondità che lateralmente col passare del tempo.

*Tilia americana* L.

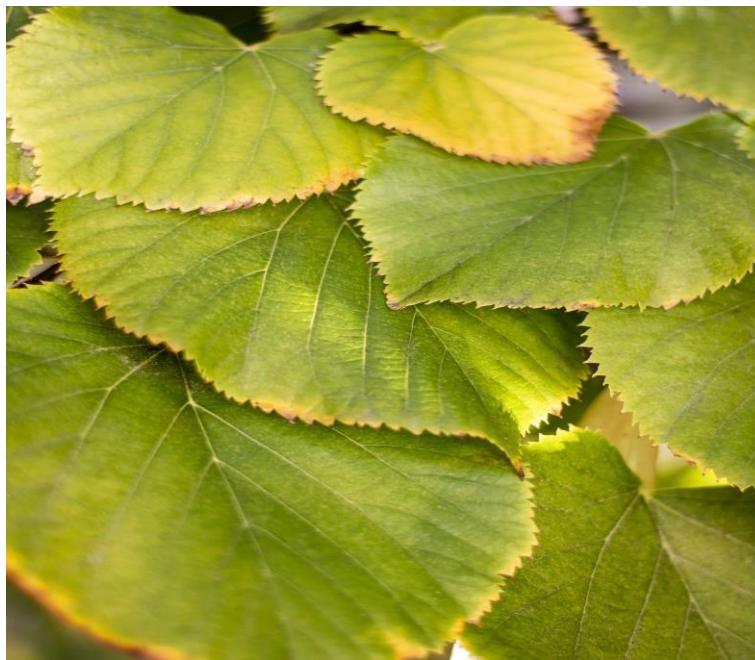


*Tilia platyphyllos* Scop.



Le foglie delle specie del genere *Tilia* sono semplici, spiralate ma più spesso distiche, di forma largamente ovata, con margine doppiamente dentato e apice appuntito.

*Tilia americana* L.



*Tilia platyphyllos* Scop.



Il frutto è un piccolo achenio uniloculare (“carcerulo”); di forma ovale o globosa, contiene 1-3 semi provvisti di tegumenti molto duri e resistenti.

*Tilia americana* L.



*Tilia platyphyllos* Scop.

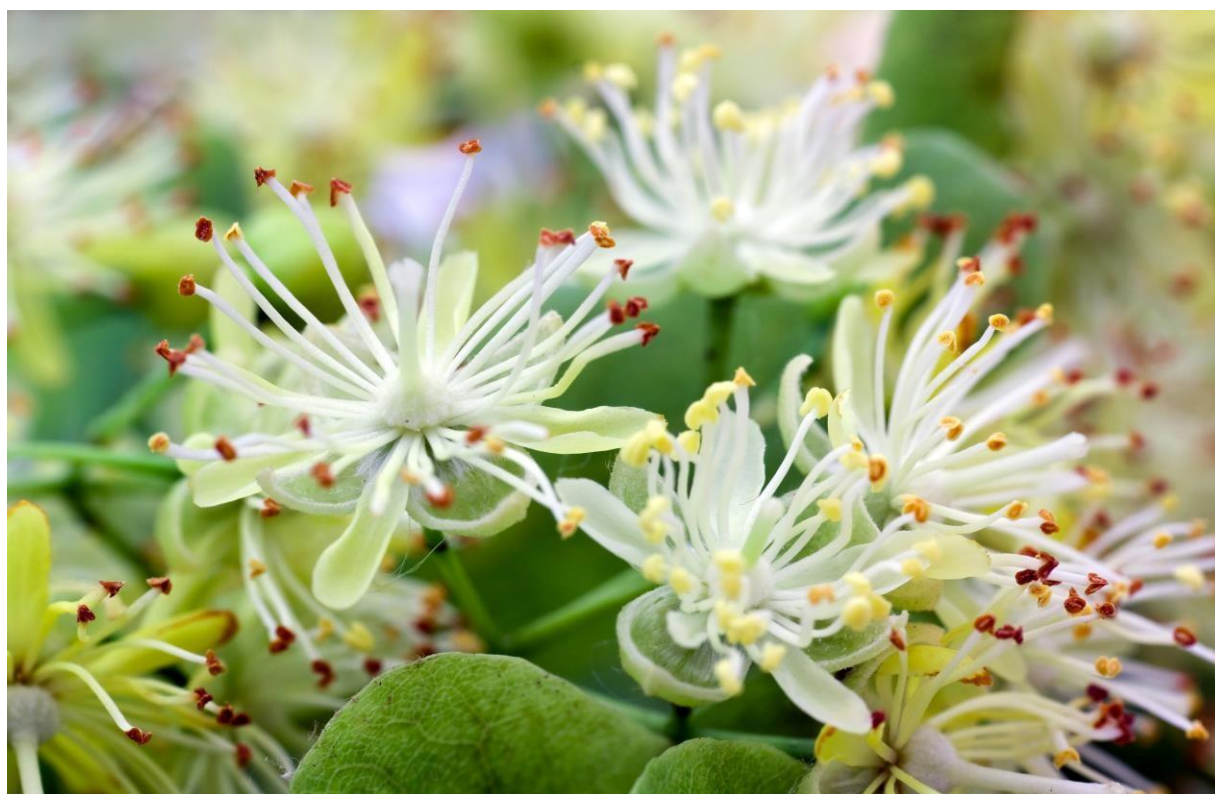


Caratteristiche dei fiori e fenologia: i fiori delle specie del genere *Tilia* sono bisessuali; di colore bianco-giallastro, sono molto profumati, raggruppati in infiorescenze a corimbo di pochi elementi (gruppi di 2-5 fiori) che si sviluppano all'estremità di un peduncolo che è protetto da una larga brattea ovoidale nella sua parte basale. La corolla è costituita da 5 petali e il calice da altrettanti sepali. Il pistillo è unico, dotato di un ovario supero e pentaloculare, composto da uno stilo sottile che porta uno stigma pentalobato e un numero elevato di stami (fino a oltre 80) liberi o saldati alla base a formare numerosi ciuffetti. L'antesi delle specie appartenenti al genere *Tilia* è tardiva, protraendosi dalla fine della primavera fino all'inizio dell'estate.

*Tilia americana* L.



*Tilia platyphyllos* Scop.



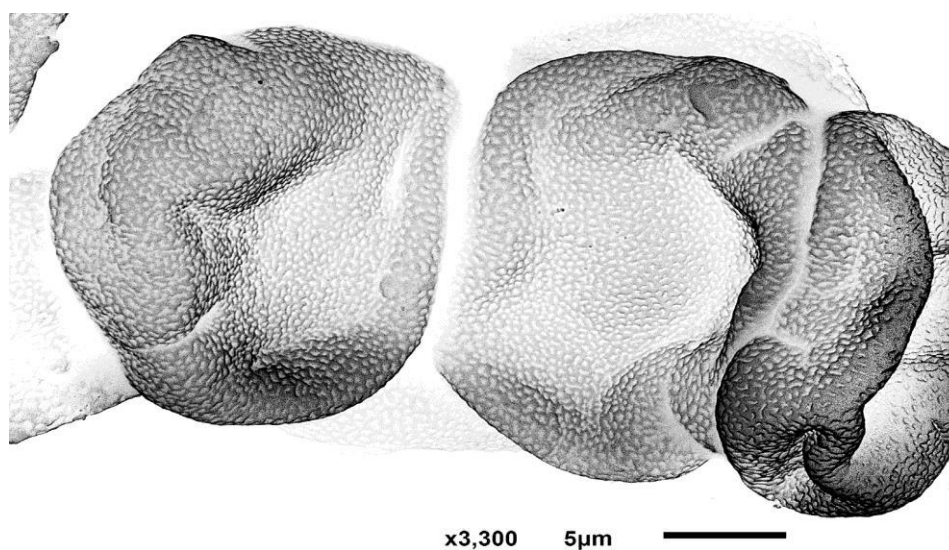
Distribuzione in Italia: all'interno del continente europeo vengono riconosciute 5 specie del genere *Tilia*, di cui *T. platyphyllos* e *T. americana* fanno parte anche della flora italiana. Il tiglio nostrano, originario dell'Europa e del Caucaso, nel territorio nazionale cresce a livello spontaneo in tutte le regioni, ad eccezione della Puglia e della Sardegna. Il tiglio americano, originario dell'America nord-orientale, in Italia viene coltivato quasi esclusivamente a scopo ornamentale per via del portamento maestoso, del forte profumo dei fiori e delle grandi dimensioni delle foglie (si rinviene comunemente nei parchi pubblici, lungo i viali stradali e nei giardini privati).

Esigenze pedoclimatiche: *T. platyphyllos* è una specie mesofila che trova il suo *optimum* di crescita nei boschi montani umidi del *Castanetum* e del *Fagetum*. Spesso associato al faggio, all'abete bianco e all'acero di monte ad altitudini che raggiungono anche i 1500 metri s.l.m., predilige i terreni freschi, profondi, fertili e con pH neutro, ma si adatta anche a quelli calcarei e leggermente acidi. Il fototemperamento del tiglio nostrano è considerato intermedio e negli stadi iniziali di crescita soffre i freddi troppo intensi e la siccità prolungata. *T. americana* rispetto ai tigli indigeni è una specie più sciafila, e risulta molto esigente in termini di profondità e di fertilità del suolo.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: l'impollinazione delle specie del genere *Tilia* è prettamente entomofila; le api sono fortemente attratte dall'intenso profumo dei fiori, talora così forte da stordirle. Il polline risulta decisamente iporappresentato soprattutto per via della posizione capovolta dei fiori, che ne rende difficoltosa la contaminazione del nettare.

Morfologia del polline: i granuli pollinici delle specie del genere *Tilia* sono di dimensioni medie, tricolporati, oblati e leggermente paraipolari. L'esina è faveolata.

*Tilia* spp



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell' "Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico" (2014).

Potere allergenico: si tratta di pollini con scarso/moderato potere allergenico per via della ridotta capacità di dispersione di polline nell'aria. Un'eventuale allergenicità si manifesta solo se a stretto contatto con la fonte di dispersione pollinica (pollinosi vicinale).

Interesse apistico: polline 2; nettare M; melata +

Sebbene i fiori di tiglio risultino molto attrattivi nei confronti delle api, la produzione di miele monoflora è solo occasionale considerata la scarsa diffusione delle specie nel territorio nazionale. Il genere *Tilia* viene sporadicamente visitato anche per il rifornimento di polline che, sottoforma di pallottole grigie, è presente nei raccolti in percentuali del 5-10%. Saltuariamente le api si approvvigionano anche della melata (prodotta grazie all'attacco di insetti, quali *Eucallipterus tiliae* L. della famiglia *Callaphididae*) da cui si ricava un miele molto caratteristico.

Potenziale mellifero: classe VI (oltre 500 Kg miele/ha)

## Caratteristiche del miele

<b>Caratteristiche melissopalinoologiche</b>							
Percentuale di polline di <i>Tilia</i>	percentuali variabili, ma quasi sempre molto basse, anche in relazione ai forti inquinamenti da polline di <i>Castanea</i>						
Numero assoluto di granuli pollinici in 10 g di miele (PK/10g)	media = 11.000 deviazione standard. = 5.600						
Classe di rappresentatività	<b>I – II</b> (PK/10 g: da 2.000 a 24.000)						
<b>Aspetti organolettici</b>							
<b>Esame visivo</b>							
Stato fisico	la cristallizzazione è in genere ritardata e con relativa frequenza dà origine a cristalli grossi e irregolari						
Colore	da ambra chiaro a ambra, con riflessi giallo-verdi nei mieli più puri, quando liquido, da avorio a beige quando cristallizzato						
<b>Esame olfattivo</b>							
Intensità odore	almeno di media intensità						
Descrizione odore	molto caratteristico, fresco, mentolato, balsamico, di farmacia o medicinale, ricorda il profumo della tisana di fiori di tiglio						
<b>Esame gustativo</b>							
Sapore	normalmente dolce, normalmente acido, amaro non percettibile o leggero, può essere leggermente astringente						
Inrensità aroma	almeno di media intensità						
Descrizione aroma	molto caratteristico, fresco, di mentolo e canfora, di tipo medicinale, di noce fresca, di erbe officinali						
Persistenza	molto persistente, possibile presenza di retrogusto dovuto alla flora di accompagnamento comune in questo tipo di miele (ailanto)						
<b>Proprietà chimico-fisiche</b>							
		media	dev.st.			media	dev.st.
Acqua	g/100g	16,8	0,8	pH		4,3	0,2
HMF	mg/kg	2,4	1,6	Acidità libera	meq/kg	22,1	8,6
Diastasi	ND	17,7	3,7	Lattoni	meq/kg	2,1	1,1
Invertasi	NI	12,8	4,1	Acidità totale	meq/kg	24,2	8,8
Prolina	mg/100g	42,0	9,0	Fruttosio	g/100g	39,5	2,8
Conducibilità elettrica	mS cm <sup>-1</sup>	0,64	0,10	Glucosio	g/100g	30,7	2,1
Rotazione specifica	[ $\alpha$ ] <sub>D</sub> <sup>20</sup>	-11,8	2,4	Saccarosio	g/100g	0,1	0,1
Colore	mm Pfund	35,4	12,6	Maltosio	g/100g	1,4	0,8
Colore C.I.E.	L*	88,7	3,5	Isomaltosio	g/100g	1,0	0,4
	a*	-1,2	1,2	Fruttosio + Glucosio	g/100g	70,2	3,9
	b*	35,2	9	Fruttosio / Glucosio		1,29	0,11
				Glucosio / Acqua		1,83	0,14



## Note

Deroghe previste:

la conducibilità elettrica può essere superiore al limite di  $0,8 \text{ mS} \times \text{cm}^{-1}$ .  
Caratteristiche chimico-fisiche: fra gli oligosaccaridi è da segnalare la costante presenza di genziobiosio (media =  $0,3 \text{ g}/100\text{g}$ ). Per gli altri parametri il miele di tiglio presenta un comportamento di tipo medio e risulta quindi poco caratterizzato. L'analisi microscopica è scarsamente diagnostica a causa della forte iporappresentatività. La diagnosi deve tenere conto dell'esame organolettico e di un'attenta valutazione di tutti i parametri.

Zone di produzione in territorio nazionale: il miele uniflorale di tiglio viene prodotto principalmente nell'arco alpino (fino a 1500 metri di altitudine), nella Pianura Padana e può derivare dai tigli coltivati nelle zone urbane o suburbane. La sua produzione non raggiunge quasi mai quantità notevoli. A livello locale, soprattutto nella regione piemontese, il miele monoflora può acquisire una certa importanza anche se il rischio di contaminazione con nettari e/o pollini di altre specie è molto frequente.

Principali produttori italiani:

Vincitore 3 Gocce D'Oro 2019:

Oliver Gatti, Apicoltura Oliver Gatti - Castione Andevenno (SO)

Zona di produzione: boschi di tigli selvatici in comune di Torre di Santa Maria (SO), Lombardia, a un'altitudine di 770 metri s.l.m.

Vincitori 2 Gocce D'Oro 2019 (primi tre):

Allodi Apicoltura, Cavriago - Reggio Emilia, Prodotto a Montecchio Emilia (RE)

Azienda agricola Chelidonia S.S. di Colombari e Maucieri - Lecco , Prodotto in Alto Lario occidentale - Vercana (CO)

Società Agricola Agape S.S. - Como, prodotto a Ramponio Verna - Alta Val d'Intelvi (CO)

Vincitori 1 Goccia D'Oro 2019 (primi tre):

Alessandro Sichel - Parma, prodotto a: Monticelli - Montechiarugolo (PR)

Andrea Ravera, Colverde - Como, prodotto a: Valle Intelvi - Centro Valle Intelvi (CO)

Apicoltura Cassian - Treviso, prodotto a: Nevegal - Ponte nelle Alpi (BL)

Certificazione biologica:

- Cooperativa sociale ONLUS "Il Pungiglione", Groppoli (MS)
- Azienda agricola "Vismara Gianfranco", San Rocco (BG)
- Azienda "The Honey Land", e-commerce - [www.thehoneyland.com](http://www.thehoneyland.com)
- Apicoltura "Nucci Stefano", San Vito (RN)
- Azienda "Adi Apicoltura", Tornareccio (CH)
- Azienda "Miele Dettori", Montescudo (RN)

Altre utilizzazioni: il miele di tiglio prodotto in Italia deriva da un nettare spesso contaminato dal polline di castagno, di ailanto o da melata, che ne modificano inevitabilmente le caratteristiche organolettiche.

Rispetto agli altri mieli può espletare la funzione di vero e proprio anti-spasmodico, contrastando gli stati ansiosi dei soggetti che ne soffrono. Contribuisce alla depurazione dell'organismo grazie alle sue proprietà anti-piretiche ed è consigliato per chi manifesta problemi digestivi, cardiaci e circolatori, grazie soprattutto al contenuto potassico e vitaminico (beta-carotene, vit. K, B, E).

Il sapore molto gradevole lo rende particolarmente adatto alla preparazione di dolci e in passato, nella cosmetica popolare, veniva spesso utilizzato come ingrediente per tinture oleose e infusi.

## QUERCUS SPP

Nome scientifico: *Quercus cerris* L., *Quercus frainetto* Ten., *Quercus ilex* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Willd., *Quercus robur* L., *Quercus suber* L.

Famiglia: Fagaceae



Nome italiano: cerro, farnetto, leccio, rovere, roverella, farnia, sughera.

Descrizione botanica: il genere *Quercus* comprende numerose specie (circa 300-350) decidue, sempreverdi o anche semipersistenti. Il portamento della pianta è tipicamente imponente, con chioma ampia di diverse forme e più o meno densa in base alla specie, sebbene il genere includa anche forme arbustive. La corteccia è scura e profondamente fessurata negli esemplari adulti. L'apparato radicale è generalmente fittonante e le radici laterali sono in grado di penetrare notevolmente in profondità (nelle querce xerofile possono spingersi fino a 25 metri).

*Quercus cerris* L.



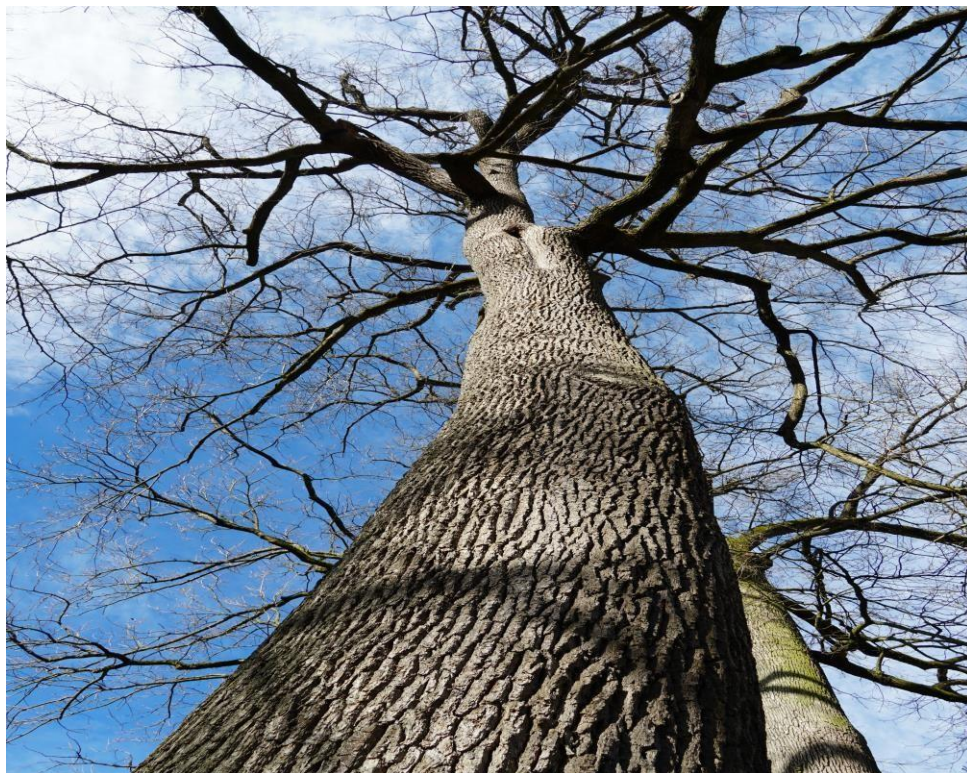
*Quercus frainetto* Ten.



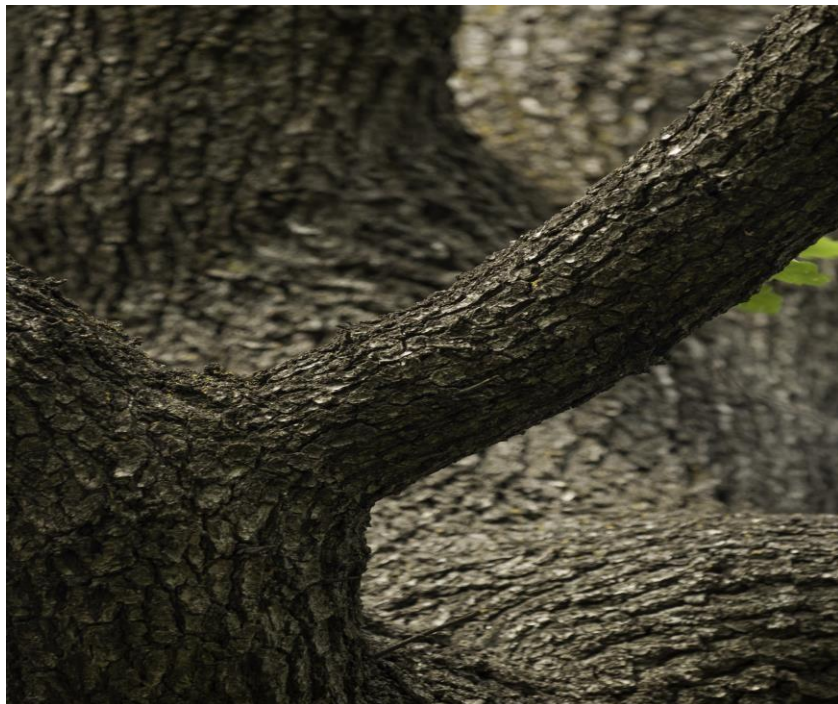
*Quercus ilex* L.



*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.



*Quercus pubescens* Willd.



*Quercus robur* L.



*Quercus suber* L.



Le foglie delle specie appartenenti al genere *Quercus* sono penninervie. Presentano un margine intero, dentato o lobato.

*Quercus cerris* L.



*Quercus frainetto* Ten.



*Quercus ilex* L.



*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.



*Quercus pubescens* Willd.



*Quercus robur* L.



*Quercus suber* L.



Il frutto è un achenio indeiscente denominato “ghianda”. La forma è oblunga o ellissoidale, con la porzione basale contenuta singolarmente in un involucro emisferico composto da squame, chiamato “cupola”.

*Quercus cerris* L.



*Quercus frainetto* Ten.



*Quercus ilex* L.



*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.



*Quercus pubescens* Willd.



*Quercus robur* L.



*Quercus suber* L.



Caratteristica dei fiori e fenologia: le querce sono piante monoiche. Gli amenti maschili sono sottili, penduli, formati da fiori di numero variabile in base alla specie, muniti di piccole brattee che sottendono un calice a 3-6 lobi, da cui si dipartono dai 4 agli 8 stami. I fiori femminili si presentano solitari o riuniti in brevi spighe erette, composte ciascuna da pochi fiori. Ognuno di essi, circondato da una cupola, ha un calice molto piccolo, un ovario infero contenente 3 carpelli con 2 ovuli ciascuno e 3-6 brevi stili provvisti di un ampio stigma. I fiori maschili si differenziano in tarda primavera e si sviluppano nel periodo estivo; nella primavera successiva si verificano la meiosi e la relativa antesi. Per quanto riguarda i fiori femminili il differenziamento è più tardivo; la meiosi e la fecondazione avvengono, nelle querce a maturazione del frutto annuale, 1-2 mesi dopo l'impollinazione e nelle querce a maturazione biennale 13-15 mesi dopo l'impollinazione. I dati elaborati dalle osservazioni fenologiche indicano un ordine preciso di fioritura che interessa prima le specie di querce caducifoglie e poi le sempreverdi. L'ordine è il seguente: *Q. robur*, *Q. cerris*, *Q. pubescens*, *Q. frainetto*, *Q. petraea*, *Q. suber*, *Q. ilex*.

*Quercus cerris* L., fiori femminili



*Quercus robur* L., fiori maschili



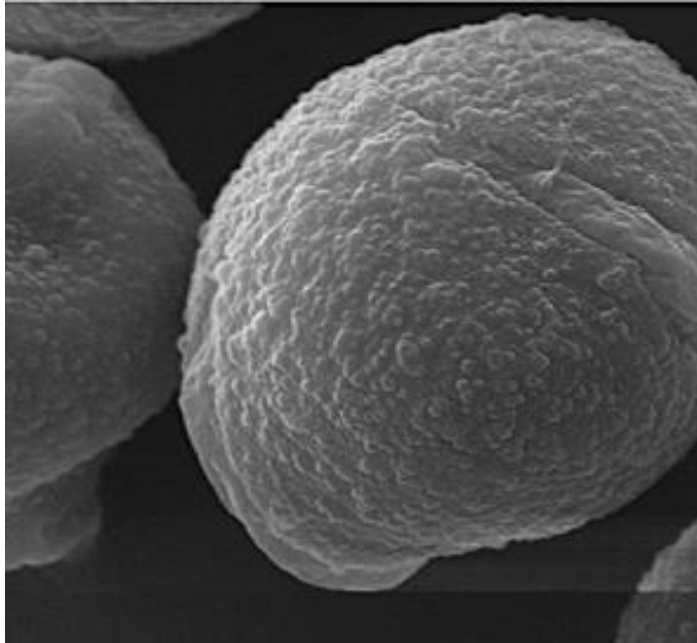
Distribuzione in Italia: nella regione mediterranea, la zona su cui gravita la maggior parte delle querce caducifoglie è l'area del *Castanetum*. Il leccio e il farnetto prevalgono nella sottozona calda del *Castanetum* ai quali si associano il cerro e la roverella nelle stazioni più fresche. Nella sottozona fredda le due specie scompaiono, sostituite definitivamente dal cerro, dalla roverella e dalla farnia; quest'ultima diventa la quercia principale nelle stazioni più fredde. Il leccio si può trovare dalle macchie costiere fino in montagna (sull'Etna fino a 1800m). La rovere è comune in tutte le regioni d'Italia (eccetto in Sardegna). La roverella è una delle specie del genere *Quercus* più diffuse nel territorio nazionale e in molte località viene chiamata semplicemente quercia; è molto rustica e nelle zone settentrionali preferisce tuttavia le zone protette dal freddo. La farnia è frequente nelle zone settentrionali e più rara nel Sud, mentre il farnetto è comune al Centro-Sud. Il cerro è la quercia che si riscontra più comunemente in Italia, diffondendosi soprattutto nelle estese foreste appenniniche. La sughera è poco tollerante al freddo e predilige le coste tirreniche e soprattutto la Sardegna.

Esigenze pedoclimatiche: la farnia è una specie spiccatamente eliofila che necessita di ambienti caldo-umidi per una crescita ottimale; tipico albero delle pianure alluvionali, predilige i substrati freschi, fertili e profondi, non troppo compatti, con pH sia alcalino che acido. La rovere è una specie oceanica che tollera anche un certo grado di siccità edafica; sviluppandosi agevolmente sui suoli sia calcarei che acidi, è adatta agli ambienti di alta collina o di media montagna; risulta molto suscettibile alle gelate primaverili e in termini di luce non è particolarmente esigente. La roverella è una specie tipicamente eliofila che, nel territorio nazionale, si riscontra principalmente sui pendii caldi e luminosi, presentando spiccate caratteristiche di termofilia e xerofilia; si adatta bene ai più diversi tipi di suolo, inclusi quelli aridi e rocciosi. Il farnetto è una specie mesofila e piuttosto eliofila, esigente in termini di fertilità e di scioltezza del suolo e molto suscettibile alle gelate e ai venti freddi. Specie mesofila e mediamente eliofila, il cerro, in assenza di disponibilità idriche adeguate, riscontra limitazioni nella diffusione verso le zone più calde e siccitose. La sughera è una specie nettamente eliofila, termofila e oceanica necessitando di inverni miti, mediamente piovosi e ambienti che presentano una certa umidità atmosferica estiva; in termini di adattabilità al suolo preferisce i terreni acidi e subacidi. Il leccio si adatta facilmente a una vasta gamma di terreni; è una specie sciafila e moderatamente igrofila, molto xerotollerante, relativamente termofila e piuttosto resistente al freddo.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: l'impollinazione delle specie del genere *Quercus* è operata prettamente dal vento. La rilevanza apistica del genere ricade principalmente nella raccolta del polline che, sotto forma di piccole pallottole di colore giallo intenso e di forma sferica, in primavera viene saccheggiato molto attivamente dalle api, arrivando a costituire l'80% dei raccolti (la sua rappresentatività nei mieli è inferiore al 10%). Tra tutte le specie prese in considerazione quella visitata con maggiore assiduità è la farnia. Di discreto interesse apistico è anche la produzione di melata: tipica delle nostre regioni centrali (in particolare l'Umbria, le Marche e l'Abruzzo), viene emessa con periodicità costante, ogni 4 anni.

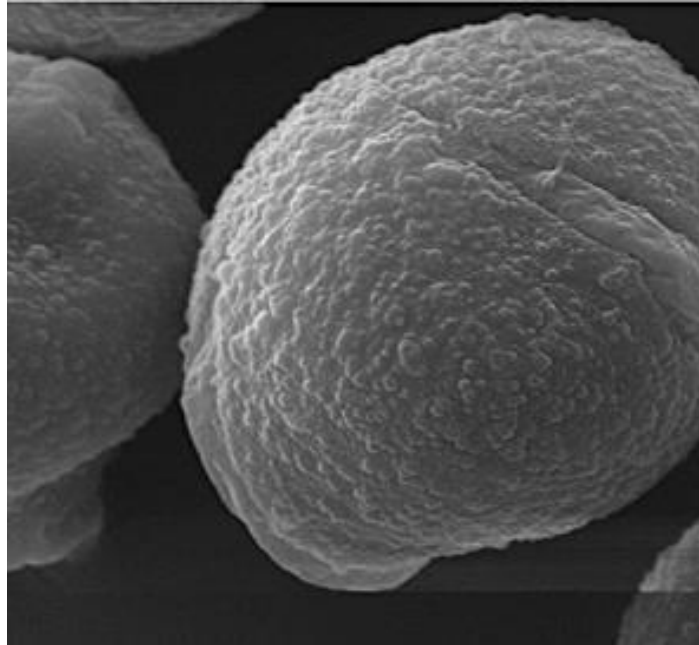
Morfologia del polline:

- *Q. cerris*: i granuli pollinici sono 3-zono-colporati. La forma è prevalentemente oblato-sferoidale, con un asse polare del diametro di 22,5-26,7  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale del diametro di 27,6-33,5  $\mu\text{m}$ . L'esina è granulato-verrucata.



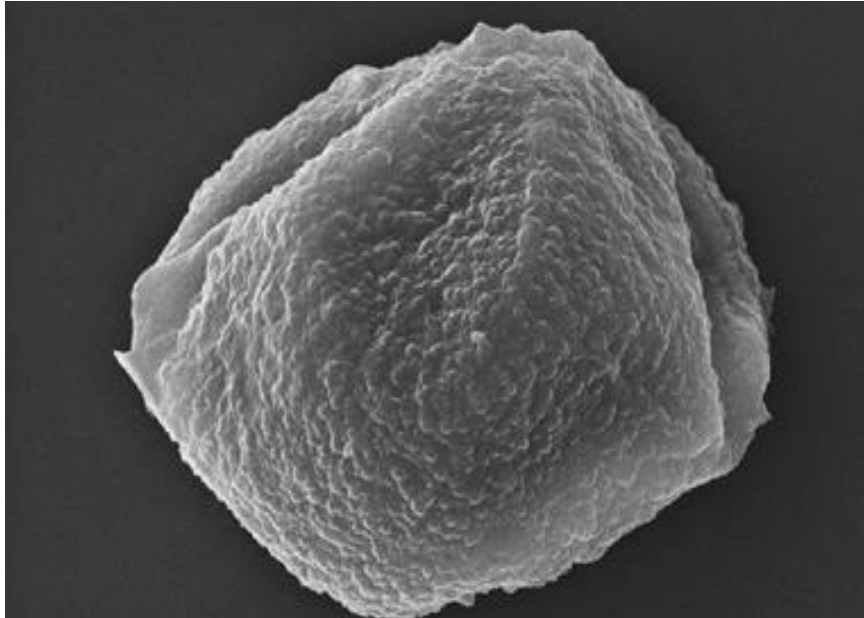
La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen morphology of some species of the genus *Quercus* L. (Fagaceae) in the Southern Caucasus and adjacent areas", 2020.

- *Q. frainetto*: i granuli sono 3-zono-colpati o 3-zono-colporati. La forma è prevalentemente sferoidale, con un asse polare del diametro di 22,3-32,2  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale del diametro di 24,8-31,9  $\mu\text{m}$ . L'esina è verrucata.



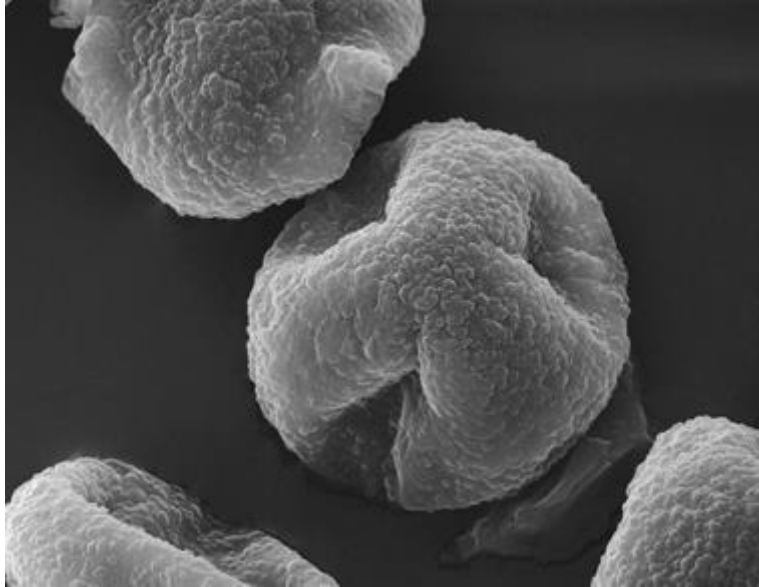
La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen morphology of some species of the genus *Quercus* L. (Fagaceae) in the Southern Caucasus and adjacent areas", 2020.

- *Q. ilex*: i granuli sono tricolporati, subprolati e isopolari. Le dimensioni sono medio-piccole, con un asse polare che misura mediamente 22,3 (20,8-25,7)  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale del diametro di 24,7 (23,7-25,7)  $\mu\text{m}$  di media. L'esina è verrucata-scabrata con microperforazioni.



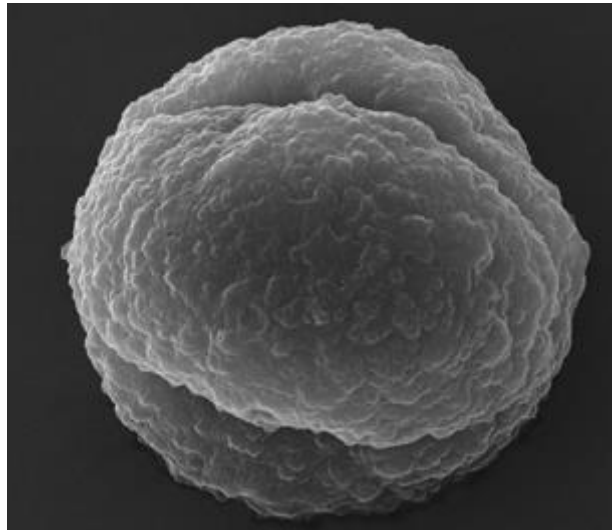
La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell'“Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico” (2014).

- *Q. petraea*: i granuli sono 3-zono-colpati. La forma è oblato-sferoidale con un asse polare del diametro di 22,5-28  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale del diametro di 23,1-27,8  $\mu\text{m}$ . L'esina è verrucata.



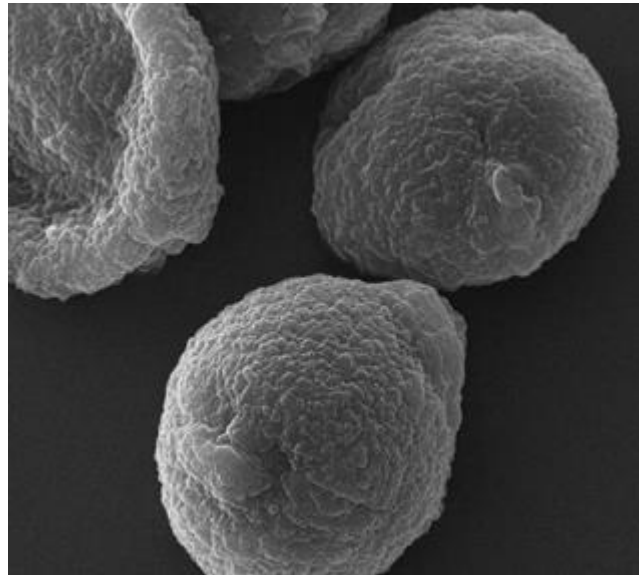
La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen morphology of some species of the genus *Quercus* L. (Fagaceae) in the Southern Caucasus and adjacent areas", 2020.

- *Q. pubescens*: i granuli sono 3-zono-colpati o 3-zono-colporati. La forma è ellissoidale, con un asse polare del diametro di 19,7-27,3  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale del diametro di 18,5-32,9  $\mu\text{m}$ . L'esina è verrucata.



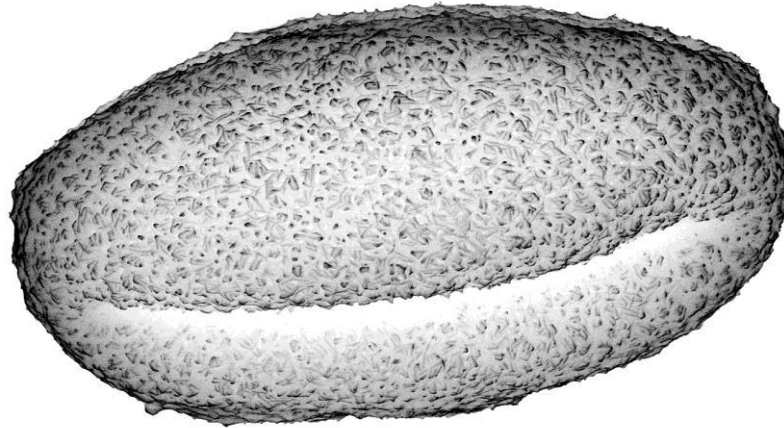
La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen morphology of some species of the genus *Quercus* L. (Fagaceae) in the Southern Caucasus and adjacent areas", 2020.

- *Q. robur*: i granuli sono 3 (raramente 4) zono-colporati. La forma è oblato-sferoidale, con un asse polare che misura 15,5-23,9  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale del diametro di 21,7-26,7  $\mu\text{m}$ . L'esina è verrucata.



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Pollen morphology of some species of the genus *Quercus* L. (Fagaceae) in the Southern Caucasus and adjacent areas", 2020.

- *Q. suber*: i granuli sono tricolporati e isopolari. La forma può variare da prolata a subprolata con un asse polare il cui diametro misura mediamente 33  $\mu\text{m}$  e un asse equatoriale di 38 $\mu\text{m}$  di media. L'esina può essere verrucata o scabrata.



x3,700 5 $\mu\text{m}$    
x3,000 5 $\mu\text{m}$  

La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell'“Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico” (2014).

Potere allergenico:

- *Q. ilex*: il leccio rientra tra le specie appartenenti al genere *Quercus* prevalentemente responsabili di pollinosi maggiori. La percentuale di sensibilizzazione può arrivare al 20%.
- *Q. robur*: la sensibilizzazione allergica relativa a questa specie è bassa; il suo polline, tuttavia, può provocare esacerbazioni di asma.
- *Q. suber*: l'allergenicità è moderata. Sono stati caratterizzati due allergeni principali: Que su 1 e Que su 2.
- *Q. cerris*, *Q. frainetto*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*: non sussistono evidenze che ne ipotizzino la provocazione di una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: polline M; nettare 0; melata +

## Caratteristiche del miele (miele di melata)

### *Quercus robur* L.

Periodo di produzione	aprile - giugno per la melata prodotta da <i>Kermes quercus</i> L., (fam. Kermesidae), giugno da <i>Lachnus ilicophilus</i> Del Guercio, (fam. Lachnidae), maggio - luglio da <i>Lachnus roboris</i> L., (fam. Lachnidae), maggio - settembre da <i>Thelaxes dryophila</i> Schrank, (fam. Thelaxidae), giugno - luglio da <i>Tuberculatus annulatus</i> Hartig (fam. Calliphididae)
Produzione di melata	non regolare negli anni
Zone di produzione	Italia centrale e meridionale
Importanza del miele uniflorale	occasionale, ma localmente non trascurabile. Possono produrre melate simili anche le querce sempreverdi quali il leccio e la quercia da sughero, nelle rispettive zone di diffusione dell'areale mediterraneo
Caratteristiche melissopalinologiche	miele generalmente povero in elementi fungini indicatori di melata (Ricciardelli D'Albore, 1998)
Caratteristiche organolettiche	colore scuro, cristallizza in un tempo relativamente breve. L'odore e l'aroma sono di media intensità, di tipo caramellato, frutta secca o anche lievito di birra o malto
Caratteristiche chimico-fisiche	non note



Zone di produzione in territorio nazionale: il cambiamento climatico degli ultimi decenni purtroppo ha penalizzato la produzione di melata. Nell'Italia settentrionale le rese hanno raggiunto i minimi storici con produzioni dagli 0 ai 10 Kg di melata per alveare, a fronte dei 10-20 kg prodotti nel Sud, dal basso beneventano fino alla Puglia. I temporali, molto più frequenti rispetto agli anni passati, dilavano le sostanze zuccherine azzerando il potenziale mellifero e la siccità prolungata rallenta il metabolismo delle piante che riducono fortemente la disponibilità di nutrimento per gli insetti predatori.

Principali produttori italiani:

- “Apicoltura Bianco”, Guardiagrele (CH)

Certificazione biologica:

- Cooperativa “Apicoltori Montani”. Melata di quercia bio, Colline marchigiane, Matelica (MC)
- Azienda agricola “San Nicola”. Melata di quercia bio, Colline marchigiane, Fermo (FM)

Altre utilizzazioni: il miele di melata è conosciuto come miele di bosco. È un miele molto meno zuccherino rispetto agli altri mieli (caratteristica che lo rende particolarmente indicato per coloro che seguono una dieta dimagrante o a basso contenuto glicemico). Il colore scuro lo contraddistingue per l'elevato contenuto in sostanze antiossidanti (prevalentemente polifenoli). Tra le varie tipologie di miele è quella che contiene il maggior numero di sali minerali e di oligoelementi (calcio, magnesio, manganese, sodio, potassio, rame, cromo e ferro). Può espletare una forte azione antisettica e antibatterica.

*Pyrus communis* L.

Nome scientifico: *Pyrus communis* L.

Famiglia: Rosaceae

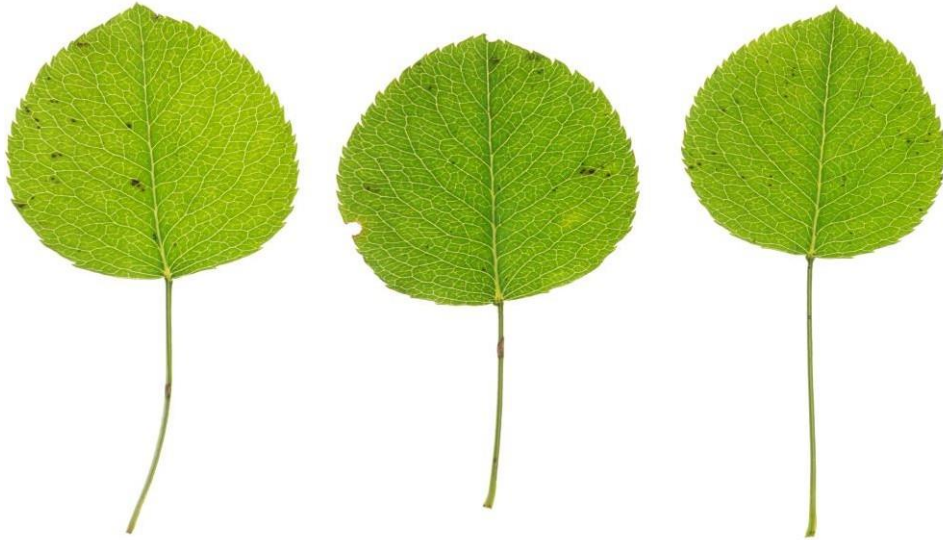
Nome italiano: pero



Descrizione botanica: il pero è un albero deciduo vigoroso che assume una forma globosa a maturità; può arrivare fino a 15-20 metri di altezza. La corteccia è di colore bruno; è cosparsa di lenticelle nei rami giovani e diventa rugosa col passare degli anni. L'apparato radicale si sviluppa orizzontalmente diffondendosi tra i primi 60-80 cm di profondità.



Le foglie sono semplici, glabre, ovoidali, lucide, di colore verde scuro nella pagina superiore e verde chiaro in quella inferiore. Presentano un margine crenato e sono lungamente e sottilmente picciolate.



Il pomo è un falso frutto di diversi colori e dimensioni, con forma variabile.



Caratteristiche dei fiori e fenologia: il pero è caratterizzato da un'infiorescenza a corimbo, composta da 7-10 fiori bianchi ermafroditi. La corolla ha 5 petali e il calice è formato da 5 sepali persistenti. Gli stami sono in numero di 15-30 e presentano antere rossastre. Gli stili sono 5. All'interno dell'ovario contenuto negli stimmi, sono presenti 10 ovuli posizionati in 5 logge che racchiudono 1-2 semi ciascuna. Per quanto riguarda l'antesi, nella seconda decade di marzo (fase dei "mazzetti affioranti") tra le foglie si possono già scorgere i bottoni fiorali ancora chiusi; segue la fase dei "bottoni rosa" che precede la fioritura in cui le gemme destinate a dare origine ai fiori assumono un colore roseo e i sepali si separano lasciando intravedere i petali. Nella prima-seconda decade di aprile avviene l'apertura dei fiori, di cui per ultimo sboccia quello centrale (*king flower*). I petali dei fiori cadono naturalmente a impollinazione avvenuta.



Distribuzione in Italia: *P. communis* è originario dell'Europa centro-orientale e dell'Asia sud-occidentale; spesso coltivato e raramente inselvatichito, è in grado di resistere bene sia alle temperature fredde che a quelle calde. Escluse le regioni più settentrionali e quelle meridionali più aride, anche grazie all'alta gamma di varietà disponibili sul mercato si adatta a gran parte del territorio nazionale. Nella Pianura Padana ha trovato un ambiente particolarmente favorevole.

Esigenze pedoclimatiche: il pero predilige i climi temperato-freschi, temendo sia i forti freddi invernali che le elevate temperature estive e la siccità. Se in piena antesi le temperature scendono al di sotto dello zero la pianta subisce danni spesso irreversibili. Il pero innestato su un portainnesto franco si adatta facilmente ai terreni siccitosi, calcarei e poco fertili; se innestato su cotogno, invece, diventa più esigente poiché sensibile al calcare e costituito da un apparato radicale superficiale. In questo caso, infatti, il pero necessita di terreni fertili, freschi, profondi, con pH neutro o lievemente subalcalino.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: nel fiore del pero i nettarii sono situati tra i petali e gli stami. L'impollinazione è prevalentemente entomofila ma le api li visitano malvolentieri poiché il nettare prodotto è poco zuccherino e se non fosse per il colore bianco dei petali che assorbono fortemente i raggi UV, si sposterebbero volentieri sui fiori di altre specie. La produzione di polline è abbondante e germinabile; spesso si riscontrano, tuttavia, fenomeni di auto-incompatibilità causata da sterilità fattoriale, morfologica e citologica. Per garantire una buona impollinazione si consigliano diversi accorgimenti: la collocazione nel frutteto di 8-10 arnie, la scelta di *cultivar* impollinatrici dotate di attitudine fecondante e di fioritura contemporanea alle *cultivar* da impollinare e la disposizione delle piante impollinatrici in misura del 10-15% a file singole.

Morfologia del polline: il granulo pollinico di *P. communis* è prolato e trizonocolporato. L'asse polare è lungo mediamente 47,83  $\mu\text{m}$  e l'asse equatoriale ha una lunghezza media pari a 25,09  $\mu\text{m}$ . L'esina è striata.



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "The morphology of pollen grains of some species of Rosaceae Juss. family" (2017).

Potere allergenico: non è stata riscontrata l'evidenza che il polline di tale specie possa provocare una sensibilizzazione allergica.

Interesse apistico: polline 3; nettare M

Potenziale mellifero: classe I (da 0 a 25 Kg miele/ha)

## PRUNUS SPP

Nome scientifico: *P. armeniaca* L., *P. avium* L., *P. cerasus* L., *P. domestica* L., *P. dulcis* (Mill.) D. A. Webb, *P. persica* Batsch

Famiglia: Rosaceae



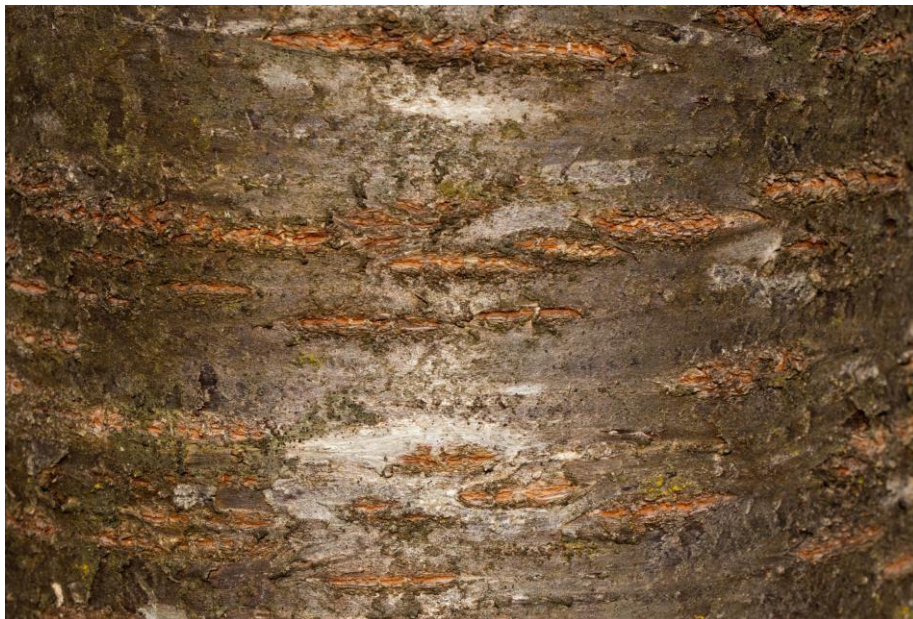
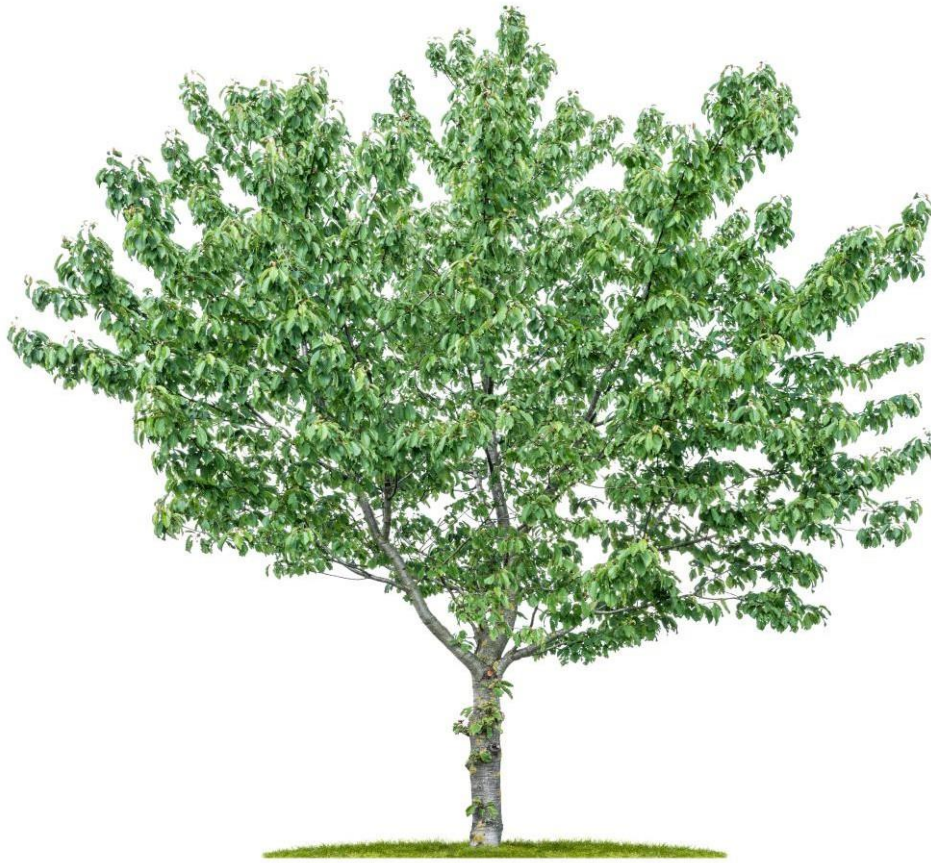
Nome italiano: albicocco, ciliegio dolce, ciliegio acido, susino europeo, mandorlo, pesco.

Descrizione botanica: il genere *Prunus* comprende oltre 400 specie di piante arboree e arbustive. Quelle che rivestono maggiore interesse apistico sono decidue e raggiungono altezze massime di circa 6 metri. La chioma assume forme diverse in base alla specie (da ovale, a piramidale, a tondeggiate) e altrettanto caratteristici sono il ritidoma che varia notevolmente nei colori e nella morfologia e l'apparato radicale, più o meno profondo ed esteso.

*Prunus armeniaca* L.



*Prunus avium* L.



*Prunus cerasus* L.



*Prunus domestica* L.



*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb



*Prunus persica* Batsch



Le specie appartenenti al genere *Prunus* hanno foglie semplici e alterne.

*Prunus armeniaca* L.



*Prunus avium* L.



*Prunus cerasus* L.



*Prunus domestica* L.



*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb



*Prunus persica* Batsch



Il frutto è una drupa con mesocarpo carnoso ed endocarpo legnoso. Assume forme e colorazioni diverse (basti pensare al vasto assortimento varietale dell'albicocco, del susino, del ciliegio e del pesco).

*Prunus armeniaca* L.



*Prunus avium* L.



*Prunus cerasus* L.



*Prunus domestica* L.



*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb



*Prunus persica* Batsch



Caratteristiche dei fiori e fenologia: l'ampia gamma varietale e l'eterogeneità delle condizioni pedoclimatiche del territorio nazionale fanno sì che la fioritura delle specie prese in considerazione si distribuisca in un periodo relativamente lungo. Il mandorlo, ove le condizioni climatiche lo permettano, riesce a fiorire anche tra Gennaio e Febbraio rappresentando una delle fioriture più anticipate tra i fruttiferi mediterranei. L'antesi di *P. armeniaca* e *P. persica* è antecedente rispetto alla loro fogliazione, mentre il ciliegio e il visciolo fioriscono generalmente in aprile, contemporaneamente alla produzione delle nuove foglie. Le diverse varietà di susino europeo fioriscono prima del pesco.

I fiori delle specie prese in considerazione sono sessili o più o meno lungamente peduncolati. Generalmente ermafroditi, sono spesso vistosi, con colorazioni che assumono per lo più tonalità bianco-rosee. Si presentano solitari o riuniti in infiorescenze di vario tipo. Sono tutti pentameri e costituiti da una corolla gamopetala (ad eccezione dell'albicocco in cui essa è dialipetala), un calice gamosepalo e un numero e una conformazione di stami e pistilli variabili.

*Prunus armeniaca* L.



*Prunus avium* L.



*Prunus cerasus* L.



*Prunus domestica* L.



*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb



*Prunus persica* Batsch



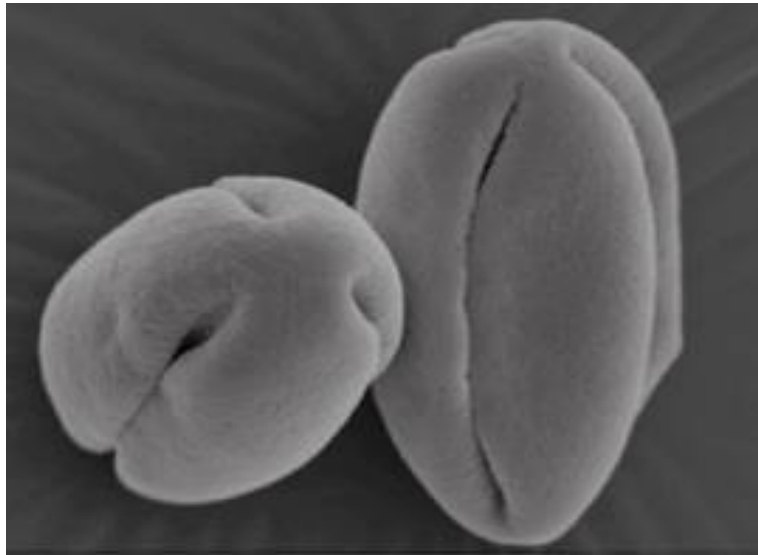
Distribuzione in Italia: le oltre 400 specie che costituiscono il genere *Prunus* sono originarie della fascia temperata dell'emisfero settentrionale. Tra quelle prese in considerazione il ciliegio dolce è l'unica specie che riveste una certa importanza forestale; essa è diffusa naturalmente nelle zone altocollinari e montuose del nostro Paese e presenta una buona resistenza al freddo. Il ciliegio acido, invece, si adatta facilmente a tutte le condizioni pedoclimatiche del territorio italiano grazie alla sua frugalità. Per quanto riguarda l'albicocco, il pesco, il mandorlo e il susino europeo, l'ampia gamma di varietà selezionate ne ha permesso la coltivazione in gran parte delle regioni italiane, sebbene la maggior parte di esse abbia trovato l'*optimum* di crescita nel centro-sud (in particolare in Campania, ma anche in Sicilia, in Puglia, nel Lazio e nell'Emilia-Romagna).

Esigenze pedoclimatiche: la maggior parte delle specie del genere *Prunus* è esigente in termini di luce. *P. avium*, non adatta come specie forestale pioniera, necessita di terreni fertili, permeabili, profondi e con pH neutro per garantire una buona produzione; risente, inoltre, dei ritorni di freddo primaverili, che possono provocare ingenti danni ai fiori e/o ai frutti. *P. cerasus*, al contrario, si adatta agevolmente a qualsiasi condizione pedoclimatica diffondendosi anche nella forma selvatica. Molto delicate, soprattutto dal punto di vista delle temperature e in particolare delle gelate tardive, sono le varietà precoci di *P. armeniaca*, *P. dulcis* e *P. domestica*, che prediligono climi secchi e asciutti. *P. persica* sopporta limiti climatici assai ampi (da minime invernali anche di -15, -18°C fino ad ambienti subtropicali) e preferisce i terreni sabbiosi, ricchi di sostanza organica, ben drenati e dotati di pH neutro.

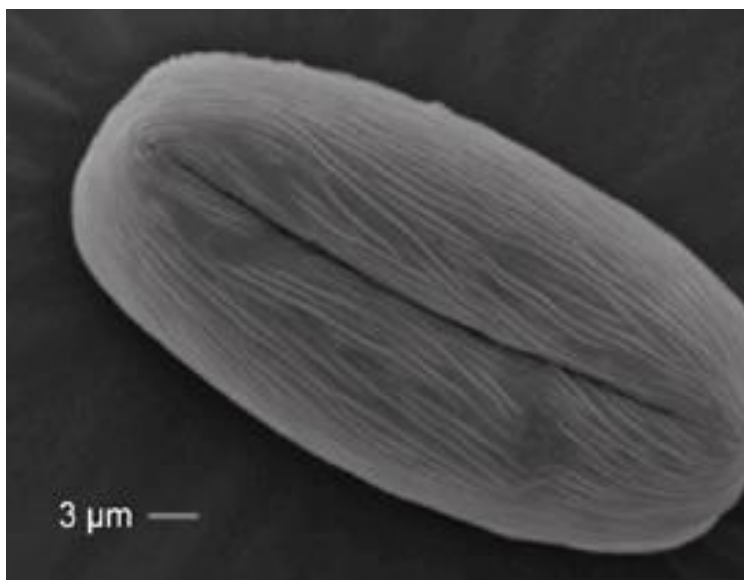
Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: le specie appartenenti al genere *Prunus* vengono attivamente bottinate dalle api sia per la raccolta del polline che per il rifornimento di nettare. Facilmente riconoscibili e inconfondibili sono i 2-3 nettarii situati alla base delle foglie del ciliegio dolce. Esso, analogamente al pesco e al mandorlo, si avvantaggia della messa a dimora delle piante impollinanti considerata l'autosterilità che caratterizza alcune varietà. Il ciliegio acido, il susino europeo e l'albicocco nella maggior parte dei casi sono caratterizzati da autofertilità.

Morfologia del polline: i granuli pollinici delle specie prese in considerazione sono simmetrici, isopolari, trizonocolpati e monadi. La misura media dell'asse polare oscilla dai 38,54 ai 63,46  $\mu\text{m}$ , mentre quella dell'asse equatoriale varia da 20,39 a 32,41  $\mu\text{m}$  con una media del rapporto P/E tra i due assi che oscilla da 1,58 a 2,02  $\mu\text{m}$ . La maggior parte dei granuli ha una forma prolata, tendente alla perprolata solo per alcune varietà di *P. armeniaca* e *P. persica*). L'esina è tipicamente striata.

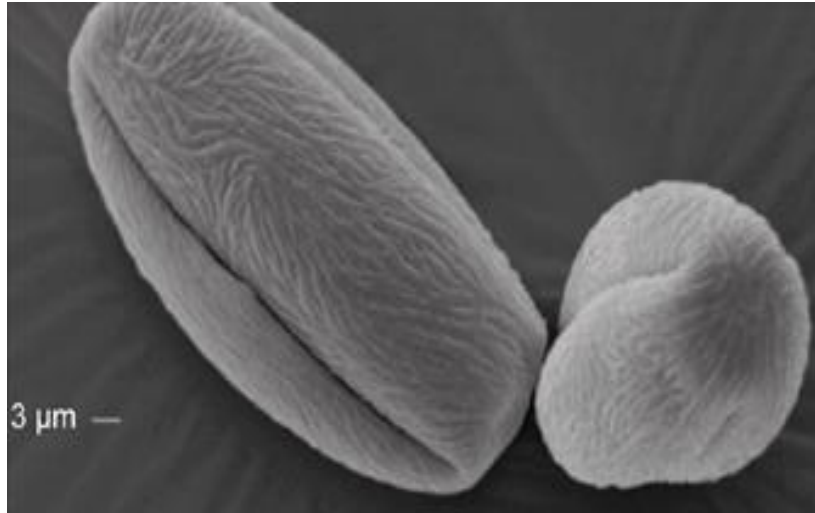
*Prunus armeniaca* L.



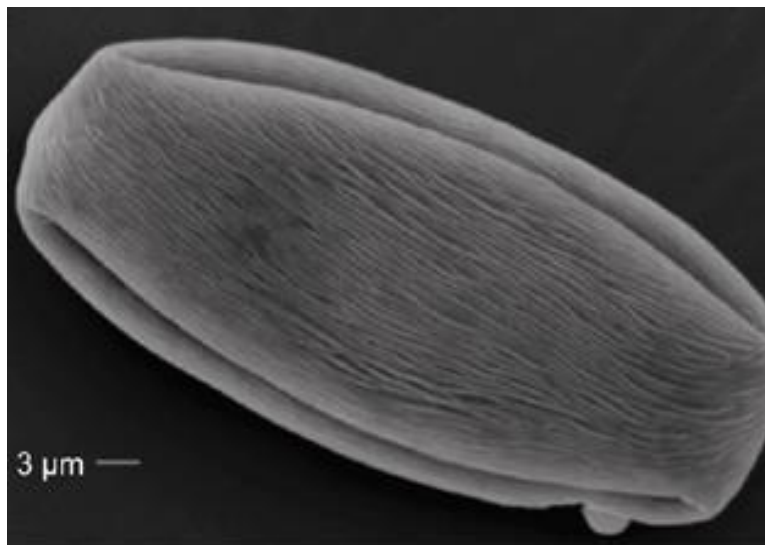
*Prunus avium/cerasus* L.



*Prunus domestica* L.



*Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb



*Prunus persica* Batsch



La concessione della foto è in attesa di autorizzazione da parte degli autori dell'articolo "Investigation on the pollen morphology of traditional cultivars of *Prunus* species in Sicily" (2017).

Potere allergenico: non è stata riscontrata alcuna evidenza riguardo la possibilità di sensibilizzazione allergica provocata dalle specie del genere *Prunus*.

Interesse apistico: polline 3; nettare M

Il genere *Prunus* riveste un grande interesse apistico in quanto in alcune regioni italiane se ne può ricavare miele monoflora, in particolare dal ciliegio dolce e dal mandorlo. Il polline forma pallottole di colore verdognolo o giallo-marrone e risulta essere un componente fondamentale dei raccolti primaverili, durante i quali può raggiungere il 60-70%.

Potenziale mellifero: classe II (da 26 a 50 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele:

*P. avium* L.

Caratteristiche melissopalinologiche	polline leggermente iporapprentato (Ferrazzi, 1986) e PK/10 g tra 20.000 e 90.000 (Ricciardelli D'Albore, 1997)
Caratteristiche organolettiche	nei campioni osservati il colore è piuttosto variabile, da molto chiaro fino a ambrato scuro. L'odore e l'aroma sono di media intensità, caratteristici, richiamando quelli del nocciolo della ciliegia, dello zucchero caramellato e del croccante di mandorle
Caratteristiche fisico-chimiche	non note



*P. dulcis* D. A. Webb

Caratteristiche melissopalinoologiche	PK/10 g tra 20.000 e 90.000 (Ricciardelli D'Albore, 1998)
Caratteristiche organolettiche	Il colore è molto chiaro, l'odore e l'aroma sono di intensità debole o media, fini e con richiamo al profumo dei fiori o all'aroma della mandorla
Caratteristiche fisico-chimiche	non note

Zone di produzione in territorio nazionale: ad eccezione dei ciliegi che sono diffusi soprattutto in Puglia e dei mandorli, la cui produzione è circoscritta alla Sicilia (e secondariamente alla Puglia), la maggior parte degli alberi da frutta italiani trova l'*optimum* di crescita principalmente in Campania e in Emilia-Romagna. La relativa produzione di mieli uniflorali, sebbene a livello locale risulti non trascurabile, è solo occasionale. Il nettare di mandorlo e di ciliegio viene spesso utilizzato dalle api per l'alimentazione della colonia piuttosto che per la costituzione delle riserve di miele, data la precocità della fioritura.

Principali produttori italiani (miele di ciliegio selvatico):

Vincitrice 3 Gocce d'Oro 2019

Graziella Lissi Salussoglia. Apicoltura Lissi Salussoglia Graziella, Cerrione (BI)

Zona di produzione: zona collinare morenica della serra biellese in comune di Cerrione (BI), Piemonte, a un'altitudine di 250 metri s.l.m.

Vincitori 1 Goccia d'Oro 2019

Apicoltura Antimo Quarta, Cavallino (LE). Prodotto a Casamassima (BA)

Apicoltura Luca Finocchio di Luca Finocchio, Tornareccio (CH). Prodotto a Putignano (BA)

Società agricola Il Girasole, Magliano (LE). Prodotto a: Turi (BA)

Denominazioni:

- miele di mandorlo “Ape nera sicula”, Apicoltura “Amodeo Carlo”. Prodotto Tipico siciliano e Presidio “Slow Food”, Termini Imerese (PA)

Certificazione biologica:

- Azienda “Melauro”, Gagliano Castelferrato (EN)
- Azienda “Durnese”, Adrano (CT)

Altre utilizzazioni: la descrizione si concentra unicamente sui mieli ricavati da *P. avium* e da *P. dulcis*, ovvero i monoflorali più rappresentativi del genere *Prunus*.

I mieli di ciliegio dolce e di mandorlo costituiscono un ottimo disintossicante per il nostro organismo; grazie alle loro proprietà diuretiche, ad esempio, aiutano i reni nel processo di eliminazione delle scorie. Essi esplicano, inoltre, una potente funzione antiossidante ed esercitano un'efficace attività antibatterica contribuendo a contrastare le infezioni del tratto respiratorio. A differenza degli altri mieli, quello ricavato dal ciliegio dolce può essere utilizzato anche nel settore cosmetico, in particolare come maschera di bellezza per la pelle opaca a cui ridona luminosità e brillantezza. Il miele di mandorlo, infine, ha proprietà antisettiche e calmanti del sistema nervoso ed esercita un'azione tonico-stimolante sulla digestione.

## SALIX SPP

Nome scientifico:

*S. alba* L., *S. babylonica* L., *S. fragilis* L.

Famiglia: Salicaceae



Nome italiano:

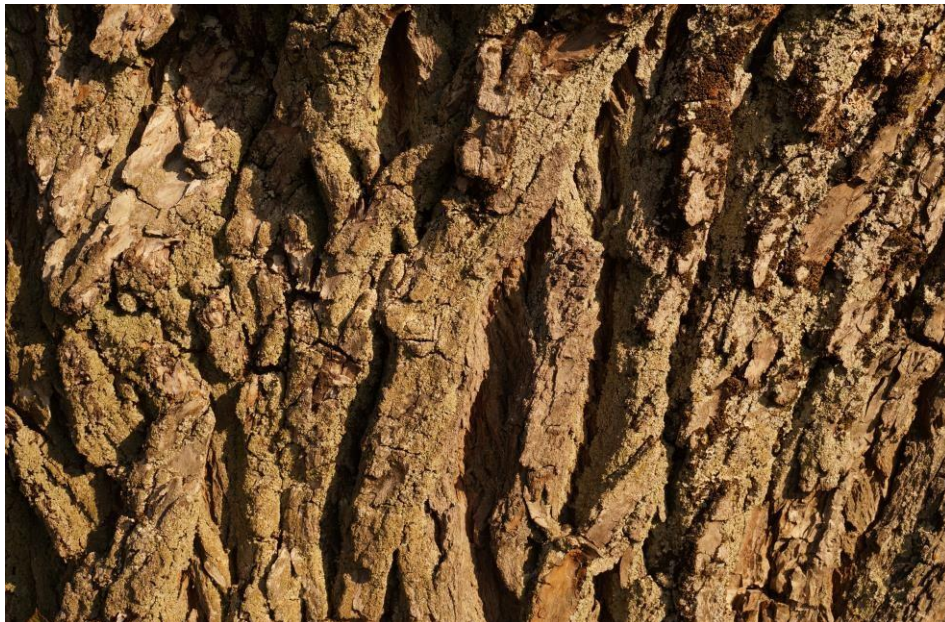
salice bianco, salice piangente, salice fragile

Descrizione botanica: i salici sono alberi, arbusti, ma anche suffrutici che comprendono numerosissime specie sempreverdi o caducifoglie. Il relativo portamento risulta estremamente variegato, così come le dimensioni e le caratteristiche del fusto. La chioma può apparire più o meno densa e rotondeggiante in *S. alba* e in *S. fragilis*, mentre in *S. babylonica* assume una forma a ombrella con le fronde più esterne che toccano il terreno. La corteccia del salice bianco e del salice fragile è di colore giallo-olivastro con profonde fessure longitudinali; quella del salice piangente è invece grigiastra, con rami spesso verdastri e striati di rosso. Nei salici a portamento arboreo l'apparato radicale si estende notevolmente, anche se rimane superficiale.

*Salix alba* L.



*Salix alba* L., *Salix fragilis* L.



*Salix babylonica* L.



*Salix fragilis* L.



Le foglie delle specie appartenenti al genere *Salix* sono semplici, penninervie, brevemente picciolate o subsessili, alterne o raramente opposte, lanceolate e alle volte ovaleggianti.

*Salix alba* L.



*Salix babylonica* L.



*Salix fragilis* L.



Il frutto è una piccola capsula che si apre in 2-4 valve, contenente 8-10 piccolissimi semi dotati di un ciuffo di peli bianchi sericei.

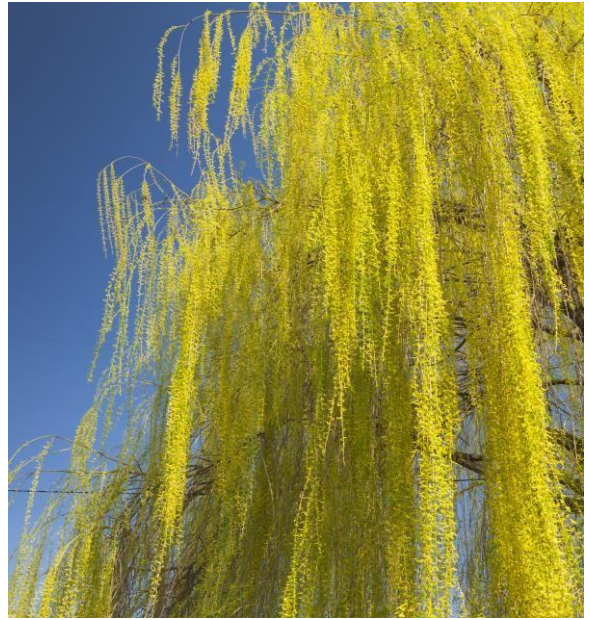


Caratteristiche dei fiori e fenologia: i salici sono alberi dioici con fioritura precoce per le specie che crescono nelle zone pianeggianti (da febbraio a marzo-aprile), più tardiva per quelle di montagna (da giugno ad agosto). L'antesi è contemporanea alla fogliazione nel salice bianco e in quello piangente, mentre nel salice fragile è antecedente ad essa. I fiori sono riuniti in infiorescenze erette lunghe 3-8 cm, sessili o subsessili in *S. fragilis*, pedunculato in *S. alba* e in *S. babylonica*. I fiori maschili presentano il calice ridotto a 1-2 nettarii e 2-12 stami che spesso si colorano vivacemente al momento dell'antesi. 1-2 nettarii caratterizzano anche i fiori femminili costituiti da un ovario supero, glabro o pubescente, dotato di un unico loculo, di due stigmi portati su un unico stilo e di ovuli unitegumentati.

*Salix alba* L., fiori maschili



*Salix babylonica* L., fiori maschili



*Salix fragilis* L., fiori maschili



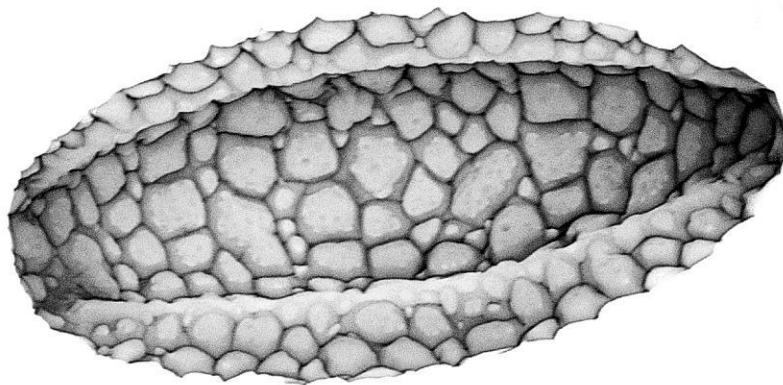
Distribuzione in Italia: le diverse specie del genere *Salix* sono originarie dell'Europa, dell'Asia e del Nord-America. In Italia i salici contano una quarantina di specie autoctone. *S. alba* si riscontra in tutte le regioni italiane con frequenza variabile (isole incluse, zona meridionale della Puglia esclusa), dove si diffonde comunemente lungo le rive dei fiumi e negli ambienti umidi (sponde di stagni, laghi e fossi). Spesso consociato ad esso si rinviene *S. fragilis* che si accresce spontaneamente solo in Trentino Alto Adige e in Friuli Venezia Giulia. *S. babylonica* viene utilizzato esclusivamente per scopi ornamentali e si riscontra principalmente ai margini dei corsi d'acqua, adattandosi a suoli di diversa natura.

Esigenze pedoclimatiche: le specie del genere *Salix* sono pioniere. Per lo più vivono in ambienti umidi o in stazioni in cui, al momento della germinazione, è garantito un sufficiente grado di umidità. Si tratta di specie eliofile che sono in grado di adattarsi ad altitudini che vanno dal livello del mare fino a 1200 metri s.l.m., sebbene prediligano substrati sciolti o sabbioso-limosi. Per una maggiore efficienza nel controllo dell'acqua le loro foglie hanno sviluppato, nel corso dell'evoluzione, caratteri morfologici e citologici che attestano degli adattamenti di tipo xeromorfo.

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: il genere *Salix* è di grande importanza apistica. La maggior parte del polline viene trasportato dalle api, attratte dalle vistose infiorescenze vivacemente colorate. Sebbene in determinate condizioni ambientali venga utilizzato quasi esclusivamente per l'alimentazione della colonia, il nettare riveste un'importanza notevole riuscendo a garantire in alcuni periodi dell'anno partite di miele monoflora.

Morfologia del polline: i granuli pollinici delle specie del genere *Salix* sono 3-colpati, di forma generalmente ellissoidale. La lunghezza dell'asse polare varia da 14 a 30  $\mu\text{m}$  mentre quella dell'asse equatoriale oscilla mediamente tra i 9,5 e i 17,4  $\mu\text{m}$ . L'esina è reticolata.

*Salix* spp



x4,000

5 $\mu\text{m}$



La foto è stata gentilmente concessa dagli autori dell'“Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico” (2014).

Potere allergenico: *Salix* è un genere considerato a bassa allergenicità non essendo stato caratterizzato alcun allergene. Le Salicaceae, tuttavia, possono rappresentare la causa di dermatiti da contatto aerotrasmesse ma, poiché l'impollinazione è principalmente entomofila, la concentrazione pollinica in atmosfera è piuttosto bassa.

Interesse apistico: polline M, nettare M

L'iperrappresentatività del polline del genere *Salix*, dovuta alle piccole dimensioni del granulo pollinico, è bilanciata dall'iporappresentatività relativa al fatto che si tratta di una pianta dioica. Estremamente appetito e di alto valore biologico, il polline viene raccolto dalle api in grandi quantità; spesso allo stato monoflora si presenta sotto forma di pallottole di varie dimensioni, di colore giallo-arancione e con sfumature rosee. Per quanto riguarda il nettare, nelle regioni a clima temperato, in cui la fioritura ha luogo a fine inverno, viene utilizzato quasi esclusivamente per l'alimentazione della colonia di api, con conseguente bassa rappresentatività nei mieli, che di rado supera il 5%. Nelle regioni settentrionali e sulle Alpi, e in particolare nella pianura padana, al contrario, dove le fioriture sono più tardive, tale rappresentatività è maggiore, non escludendo la possibilità di produzione di miele monoflora.

Potenziale mellifero: classe IV (da 101 a 200 Kg miele/ha)

Caratteristiche del miele:

Caratteristiche melissopalinologiche	specie iperrappresentate e mieli con PK/10 g tra 20.000 e 90.000 (Ricciardelli D'Albore, 1998)
Caratteristiche organolettiche	non note
Caratteristiche fisico-chimiche	non note

L'odore e il sapore del miele di salice sono spesso marcati dalla presenza di nettare del fiore di tarassaco; ciò esclude la possibilità di conoscerne le caratteristiche organolettiche in purezza.

Zone di produzione in territorio nazionale: il miele monoflora delle specie del genere *Salix* viene prodotto in maniera occasionale nelle zone boschive, ricche di corsi d'acqua o soggette a periodiche inondazioni quali, ad esempio, il Veneto.

Certificazione biologica:

- “Biosballo”- Polline biologico di salice, Sesto San Giovanni (MI)

Altre utilizzazioni: negli areali italiani centro-meridionali, in cui le specie del genere *Salix* fioriscono all'inizio della primavera, il nettare di salice si rinviene frequentemente mescolato a quello di tarassaco. In tal caso il miele di salice assume una colorazione beige-rosato e cristallizza più rapidamente, con molta probabilità per via dell'elevato apporto di glucosio presente nel nettare del fiore di tarassaco.

Il polline di salice è raro e prezioso, contenendo il 4% di azoto, vitamine del gruppo B, C ed E, fosforo, zinco, e altri minerali. Contribuisce alla salute dell'occhio apportando carotenoidi quali la luteina e la zeaxantina, ed è indicato come coadiuvante nel mantenimento di una buona funzionalità prostatica.

## 7. Le specie arboree di importanza minore ai fini delle produzioni apistiche

Di seguito si riporta un elenco, accompagnato da una breve descrizione, delle specie arboree che rivestono un interesse apistico minore, in termini prettamente relativi ai prodotti ottenibili da un alveare.

### ACACIA DEALBATA LINK

Nome scientifico: *Acacia dealbata* Link

Famiglia: Mimosaceae

Nome italiano: mimosa (nome volgare)



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originaria dell'Australia e volgarmente conosciuta con il nome di "mimosa", *A. dealbata* è un albero sempreverde con fioritura intensa ed estremamente precoce. Di colore giallo limone, i fiori, delicati e molto profumati, sbocciano già in gennaio, proseguendo fino a febbraio-marzo. Sono riuniti in gran numero in capolini globosi di 4-6 mm di diametro, a loro volta raccolti in grandi pannocchie peduncolate lunghe da 7 a 10 cm.

I fiori della "mimosa" costituiscono una fonte di nettare e polline di vitale importanza per le api che, nelle giornate più calde di febbraio, li assalgono letteralmente, attratte dal profumo intenso. Il raccolto, tuttavia, viene utilizzato quasi completamente per l'alimentazione delle colonie. Di conseguenza è estremamente raro rinvenire i granuli pollinici di *A. dealbata* nel sedimento dei miei italiani; la presenza di tale polline, piuttosto, è uno degli elementi principalmente utilizzati per differenziare i nostri mieli da quelli provenienti dall'Africa del nord, che ne contengono quantità più o meno elevate. Le pallottole di polline sono di colore giallo, e compaiono nei primi raccolti in percentuali discrete (20-30%).

Interesse apistico: polline 2; nettare 1



## ACER NEGUNDO L.

Nome scientifico: *Acer negundo* L.

Famiglia: Aceraceae

Nome italiano: acero americano



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'area orientale dell'America del nord, l'acero americano è un albero deciduo coltivato, nel nostro territorio, solo a scopo ornamentale. I fiori sono di colore giallo chiaro: quelli femminili sono raggruppati in amenti penduli e quelli maschili sono riuniti in corimbi. *A. negundo* fiorisce piuttosto precocemente (Marzo-Aprile) e pertanto, sebbene le api ne siano sufficientemente attratte, il polline e il nettare vengono prevalentemente riservati al nutrimento della colonia.

Interesse apistico (genere *Acer*): polline 3; nettare 2



## AESCULUS HIPPOCASTANUM L.

Nome scientifico: *Aesculus hippocastanum* L.

Famiglia: Hippocastanaceae

Nome italiano: ippocastano



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario della Grecia settentrionale e del Caucaso, *A. hippocastanum* è un albero deciduo che fiorisce in tarda primavera (Aprile-Maggio). I fiori, portati in pannocchie erette lunghe 20-30 cm, sono costituiti da 5 petali bianchi, di cui i due superiori si macchiano prima di giallo e poi di rosso. Il nettare di questa specie, sintetizzato nei nettarii extrastaminali, è molto appetito dalle api per via della sua elevata concentrazione zuccherina; tuttavia, risulta difficilissimo rinvenirlo nella composizione dei mieli sia per via della scarsa diffusione della pianta sul territorio nazionale, sia in relazione all'epoca di fioritura, coincidente con la necessità di rinforzo della covata. La raccolta del polline, che si presenta sotto forma di pallottole violacee, risulta a sua volta scarsa.

Interesse apistico: polline 2; nettare 1



*ALBIZIA JULIBRISSIN* Durazz.

Nome scientifico: *Albizia Julibrissin* Durazz.

Famiglia: Fabaceae

Nome italiano: acacia di Costantinopoli



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'Asia Orientale e sud-occidentale, *A. julibrissin* è un piccolo albero deciduo che produce fiori durante tutta la stagione estiva. Sebbene siano caratterizzati da un calice e da una corolla di dimensioni estremamente ridotte, essi rappresentano una forte fonte di attrazione nei confronti delle api, catturate dai lunghi e numerosi stami di colore bianco-roseo. Ciò nonostante, la limitata distribuzione della specie ne rende molto scarso l'interesse apistico (la rappresentatività nei mieli non arriva neanche all'1%).

Interesse apistico: polline 0; nettare 1



## ALNUS GLUTINOSA (L.) Gaertner

Nome scientifico: *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner

Famiglia: Betulaceae

Nome italiano: ontano nero



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'Europa e dell'Africa del Nord, *A. glutinosa* è un albero deciduo che fiorisce in febbraio-marzo, prima della fogliazione. I fiori maschili sono disposti in lunghi amenti penduli riuniti in grappoli; quelli femminili sono distribuiti in brevi amenti eretti che compaiono all'ascella di squame coriacee. Entrambi i fiori risultano poco appariscenti, tantochè l'impollinazione è prevalentemente anemofila. Il polline, che si presenta sotto forma di pallottole di color giallo zolfo, viene raccolto dalle api in percentuali del 5% e la melata sul territorio nazionale non è stata ancora riscontrata.

Interesse apistico: polline 1; nettare 0



## CATALPA BIGNONIOIDES Walter

Nome scientifico: *Catalpa bignonioides* Walter

Famiglia: Bignoniaceae

Nome italiano: albero dei sigari



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'America settentrionale, *C. bignonioides* è un albero deciduo con fioritura tardo-primaverile (Maggio-Giugno). I fiori, riuniti in racemi, presentano una corolla di forma campanulata, venata di giallo e punteggiata di rosso; essa, unitamente alla presenza di nettarii sui sepali, costituisce una forte fonte di attrazione nei confronti delle api. La specie, tuttavia, spesso limitata all'utilizzo privato nei giardini, non riveste un'elevata importanza apistica (la rappresentatività nei mieli è inferiore al 3%).

Interesse apistico: polline 0; nettare 1



## *CERCIS SILIQUASTRUM* L.

Nome scientifico: *Cercis siliquastrum* L.

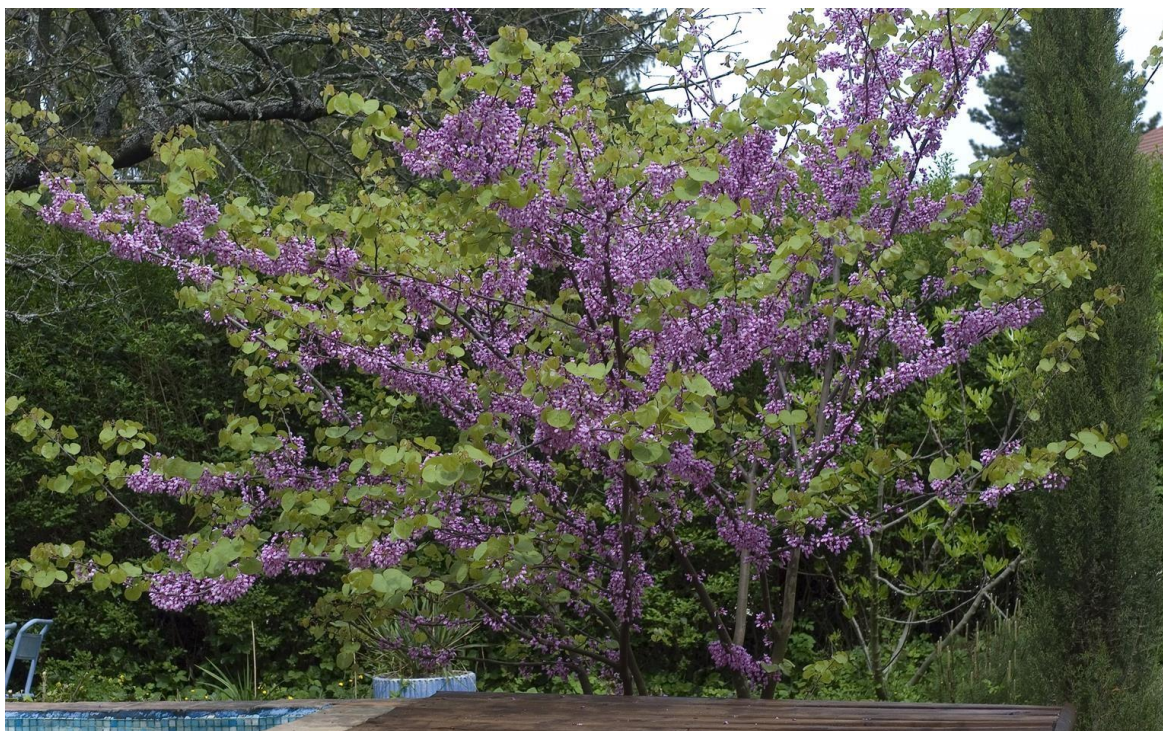
Famiglia: Fabaceae

Nome italiano: albero di Giuda/siliquastro



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'Asia Minore, *C. siliquastrum* è un albero deciduo con antesi, che si protrae dalla fine di Marzo ai primi di Maggio, anticipata rispetto alla fogliazione. I fiori sono composti da calice e corolla di color rosso porpora, presentano stami liberi e si sviluppano sulla corteccia e sui rami della pianta. Le api non ne risultano particolarmente attratte, prediligendo il nettare delle fioriture contemporanee di altre specie; anche il polline, la cui rappresentatività nei mieli è inferiore al 3%, viene raccolto in maniera sporadica e in quantità ridotte. Di tanto in tanto gli insetti pronubi prelevano dalla pianta anche la melata.

Interesse apistico: polline 1; nettare 1; melata +



## CORYLUS AVELLANA

Nome scientifico: *Corylus avellana* L.

Famiglia: Betulaceae

Nome italiano: nocciolo



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originaria dell'Asia Minore, è un albero monoico. I fiori maschili sono amenti penduli di colore giallo-verdognolo; i femminili sono piccoli e poco appariscenti, caratterizzati da stigmi color rosso porpora. A differenza della stragrande maggioranza delle specie tipiche del mediterraneo, il nocciolo ha un'antesi invernale: questa peculiarità, unita alla ridotta attrattività dei fiori nei confronti degli insetti pronubi, rende il suo interesse apistico piuttosto scarso. Esso è limitato, infatti, alla raccolta del polline, che viene emesso e trasportato principalmente dal vento in dicembre-febbraio.

Interesse apistico: polline 1; nettare 0



*CYDONIA OBLONGA* Mill.

Nome scientifico: *Cydonia oblonga* Mill.

Famiglia: Rosaceae

Nome italiano: cotogno



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'Asia Minore, *Cydonia oblonga* è un albero caducifoglie che fiorisce in Aprile-Maggio. I fiori sono grandi, solitari, di colore bianco-roseo. Le api ne sono molto attratte; tuttavia, la sporadica diffusione del genere *Cydonia* ne rende l'interesse apistico scarso, molto inferiore rispetto alle altre pomoidee (la rappresentatività nei mieli, in genere, non supera il 10%).

Interesse apistico: polline 1; nettare 2



*ERIOBOTRYA JAPONICA* Thunb. Lindl.

Nome scientifico: *Eriobotrya japonica* Thunb. Lindl.

Famiglia: Rosaceae

Nome italiano: nespolo giapponese



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario della Cina, *E. japonica* è un albero sempreverde utilizzato, alle condizioni pedoclimatiche del territorio italiano, soprattutto a scopo ornamentale. I fiori, di grandi dimensioni e molto profumati, sono riuniti a formare pannocchie di colore bianco-giallognolo. Sebbene gli insetti pronubi ne siano attratti, la fioritura invernale, che si protrae da ottobre a febbraio, non rende la specie particolarmente interessante dal punto di vista delle produzioni apistiche. Le api, infatti, visitano i fiori solo sporadicamente, e ne riservano il nettare prevalentemente all'alimentazione della colonia.

Interesse apistico: polline 0; nettare 1



## FAGUS SYLVATICA L.

Nome scientifico: *Fagus sylvatica* L.

Famiglia: Fagaceae

Nome italiano: faggio



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'Europa centrale, *F. sylvatica* è un albero deciduo che fiorisce in Aprile, contemporaneamente alla fogliazione. I fiori sono raggruppati in amenti, sferici i maschili ed eretti i femminili. Le api non ne risultano particolarmente attratte, tanto è vero che, nel mese di maggio, si limitano a bottinare piccole quantità di polline che, prevalentemente trasportato dal vento, si presenta sotto forma di pallottole leggere, di color giallo tenue. Sull'Appennino centrale sporadicamente si produce la melata di faggio.

Interesse apistico: polline 1; nettare 0; melata +



*GLEDITSIA TRIACANTHOS* L.

Nome scientifico: *Gleditsia triacanthos* L.

Famiglia: Fabaceae

Nome italiano: spino di Cristo



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'America settentrionale, *G. triacanthos* è un albero deciduo che fiorisce in Maggio. Le infiorescenze sono disposte a racemo e costituite da fiori poco appariscenti di color bianco-verdiccio; esse non risultano particolarmente attrattive nei confronti delle api che affidano al vento, almeno in parte, il compito dell'impollinazione. La dioicità della pianta, inoltre, contribuisce ulteriormente alla sua scarsa importanza apistica. Sebbene in primavera le api collezionino una certa quantità di nettare, la rappresentatività nei mieli raramente supera il 4%.

Interesse apistico: polline 1; nettare 1



*LARIX DECIDUA* Mill.

Nome scientifico: *Larix decidua* Mill.

Famiglia: Pinaceae

Nome italiano: larice comune



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario delle zone montuose dell'Europa centrale, *L. decidua* è un albero caducifoglie che fiorisce in Aprile-Maggio. I coni, sia femminili che maschili, sono scarsamente attrattivi nei confronti delle api; essi, peraltro, sono rivolti verso il basso e i maschili aprono le sacche polliniche in posizione inversa rispetto ai femminili. Questi fattori rendono l'importanza apistica della specie pressochè nulla, se non fosse per la produzione di melata che, tuttavia, risulta scarsa e sporadica: cristallizzando direttamente nei favi, può causare infatti grosse difficoltà nella fase di estrazione del miele.

Interesse apistico: polline 0; nettare 0; melata +



## LIRIODENDRON TULIPIFERA L.

Nome scientifico: *Liriodendron tulipifera* L.

Famiglia: Magnoliaceae

Nome italiano: albero dei tulipani/tulipier



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario della costa orientale degli Stati Uniti d'America, *L. tulipifera* è un albero deciduo che fiorisce in tarda primavera (Maggio-Giugno). I fiori, grandi e profumati, presentano 6 petali eretti color giallo-roseo o giallo-verdastro striati di arancione, ed espongono numerosi stami e pistilli che attraggono fortemente gli insetti pronubi. Trattandosi tuttavia di una specie autoincompatibile che, per giunta, nel territorio italiano viene coltivata solo a scopo ornamentale, riveste un'importanza apistica piuttosto limitata.

Interesse apistico: polline 0; nettare 3



*MELIA AZEDARACH* L.

Nome scientifico: *Melia azedarach* L.

Famiglia: Meliaceae

Nome italiano: albero dei rosari



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'India, della Cina meridionale e dell'Australia, *M. azedarach* è un albero caducifoglie che fiorisce da Maggio a Luglio. I fiori, riuniti in infiorescenze a pannocchia di colore viola chiaro, sono piccoli ma molto profumati; ciò li rende attrattivi nei confronti delle api. La diffusione limitata della specie, tuttavia, ne trascura l'importanza dal punto di vista delle produzioni apistiche.

Interesse apistico: polline 0; nettare 1



## PALMAE

Nome scientifico: *Phoenix dactylifera* L., *Trachycarpus fortunei* Wendl. Fil.

Nome italiano: palma da datteri, palma del Giappone

Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: si tratta di alberi tipici delle regioni tropicali e subtropicali che, pertanto, hanno trovato le condizioni adeguate per potersi diffondere nel nostro territorio solo limitatamente alle regioni più calde. Le infiorescenze che le caratterizzano producono elevate quantità sia di nettare che di polline; tali specie, tuttavia, nel territorio italiano non assumono un'importanza apistica notevole sia per via della scarsa diffusione, sia in relazione al periodo di fioritura (inizio primavera) che corrisponde a una fase di elevata richiesta da parte della covata.

Interesse apistico: polline 1-2; nettare 1-2

*Phoenix dactylifera* L.



*Trachycarpus fortunei* Wendl. Fil.



## PAULOWNIA TOMENTOSA Steudel

Nome scientifico: *Paulownia tomentosa* Steudel

Famiglia: Scrophulariaceae

Nome italiano: paulonia



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario del Giappone e della Cina, *P. tomentosa* è un albero caducifoglie che fiorisce in Aprile-Maggio. I fiori, riuniti in infiorescenze, sono grandi e profumati, di colore lilla-violaceo. Vengono assiduamente bottinati dalle api per via dell'elevata attitudine nettariana; la scarsa diffusione della specie, tuttavia, ne limita molto il relativo interesse apistico.

Interesse apistico: polline 0; nettare 1



## *PICEA ABIES* Karsten

Nome scientifico: *Picea abies* Karsten

Famiglia: Pinaceae

Nome italiano: abete rosso



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario del continente europeo, *P. abies* è un albero sempreverde che fiorisce in Aprile-Maggio. I coni maschili e femminili, riuniti in infiorescenze, sono tipicamente privi di perianzio e, pertanto, non sono attrattivi nei confronti delle api. L'impollinazione, tra l'altro, viene facilmente operata dal vento sia per via della grande quantità di polline prodotta, sia in relazione alle dimensioni del granulo pollinico. La melata di abete rosso, sebbene prodotta in scarse quantità, rappresenta l'unica produzione rilevante attribuibile alla specie.

Interesse apistico: polline 0; nettare 0; melata +



## PINUS SPP

Nome scientifico: *P. nigra* Arnold, *P. pinaster* Aiton, *P. halepensis* Mill., *P. pinea* L.

Famiglia: Pinaceae

Nome italiano: pino nero, pino marittimo, pino d'Aleppo, pino domestico



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: si tratta di alberi sempreverdi che, seppur adattandosi a diverse condizioni pedoclimatiche, fioriscono nel corso della primavera. I fiori, portati su piante monoiche, prendono la forma di coni femminili e di coni maschili; questi ultimi contengono dalle 2 alle 20 sacche polliniche, il cui polline prodotto viene trasportato tipicamente dal vento. Le api, infatti, ne bottinano piccolissime quantità. Non sono inoltre note produzioni di melata.

Interesse apistico: polline 1; nettare 0

*P. nigra* Arnold



*P. pinaster* Aiton



*P. halepensis* Mill.



*P. pinea* L.



## SOPHORA JAPONICA L.

Nome scientifico: *Sophora japonica* L.

Famiglia: Fabaceae

Nome italiano: sofora del Giappone



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'Asia centrale, *S. japonica* è un albero deciduo che fiorisce a inizio estate. I fiori, dal colore e dal profumo delicato, sono riuniti in racemi formanti infiorescenze terminali a pannocchia. Sebbene le api ne siano discretamente attratte, la scarsa diffusione della specie sul territorio nazionale non la rende particolarmente interessante dal punto di vista dei prodotti apistici (la rappresentatività nei mieli è spesso inferiore al 3%).

Interesse apistico: polline 0; nettare 1



## *SORBUS DOMESTICA* L.

Nome scientifico: *Sorbus domestica* L.

Famiglia: Rosaceae

Nome italiano: sorbo domestico



Tipo di impollinazione e strategie di attrazione: originario dell'Europa meridionale e dell'Asia Minore, *S. domestica* è un albero caducifoglie con fioritura che si protrae da Aprile a Giugno. I fiori, raccolti in corimbi, sono di colore bianco-rosato e piacevolmente profumati: tale presupposto non è sufficiente, tuttavia, a rendere questa specie interessante dal punto di vista apistico, data la sua scarsa diffusione sul territorio nazionale.

Interesse apistico: polline 1; nettare 0



## 8. Bibliografia

Flora apistica italiana, G. Ricciardelli D'Albore, L. Persano Oddo. Istituto sperimentale per la zoologia agraria. Ristampa a cura della federazione apicoltori italiani, 1978.

"Guides des plantes mellifères", Thomas Silberfeld, Catherine Reeb. ISBN: 978-2-603-01875-0, 2013.

Atlante dei principali pollini allergenici dell'Alto Lazio Tirrenico, Francois Salomone, Monica Fonck, Annarita Taddei, Gabriella Gambellini, Antonio Tiezzi, Anna Scoppola, 2014.

La democrazia delle api, Thomas D. Seeley. Edizioni Montaonda, ISBN: 9788898-186204, 2017.

Guida Tre Gocce D'oro 2019, Giancarlo Naldi, Maria Lucia Piana, Moris Zotti.

Arboricoltura Generale, S. Silviero, G. Costa, R. Gucci. Edizione Pàtron, 2012.

Arboricoltura Generale e Speciale, Rollando Valli, Edagricole 1996. Isbn: 9788820637705

Botanica Forestale II. Angiosperme, Romano Gellini, Paolo Grossoni. Casa Editrice Dott. Antonio Milani, 1997.

Dal polline al miele: un viaggio nella dolcezza, ANISN – Associazione Nazionale Insegnanti Scienze Naturali, DM n. 177 del 10/7/00

Fiori e api - la flora visitata dalle api e dagli altri apoidei in Europa, Giancarlo Ricciardelli D'Albore e Francesco Intoppa, Calderini Edagricole, 2000.

Il mondo nascosto delle api - Scheda di divulgazione, Azienda Agricola sperimentale "La Decima", Montecchio Precalcino.

Pollen morphology and variability of *Abies alba* Mill. Genotypes from South-Western Poland, Dorota Wronska-Pilarek *et al.*, Ottobre 2020.

Pollen morphological diversity in the genus *Acer* L. (Sapindaceae) in Iran. Sedigheh Nikzat Siahkolae *et al.*, Acta biologica Szegediensis, 2017.

Journal of Proteomics - Immunoproteomics of tree of heaven (*Ailanthus altissima*) pollen allergens. Fateme Mousavi *et. al.* Available *on line* in 2016.

The pollen morphology of *Ceratonia* (Leguminosae: Caesalpinioideae). I. K. Ferguson, 1980.

Pollen grain morphology of *Citrus* (Rutaceae) in Iraq. Aseel K. AL-Anbari *et al.*, Conference paper, 2015.

Anther and pollen morphology and anatomy in walnut (*Juglans regia*L.), Cevriye Mert, HortScience, 2010.

The morphology of pollen grains of some species of Rosaceae Juss. Family, Motyleva Svetlana *et al.*, Agrobiodiversity, 2017.

Investigation on the pollen morphology of traditional cultivars of *Prunus* species in Sicily - Acta Societatis Botanicorum Poloniae, Anna Geraci *et al.*, 2012.

Pollen morphology of *Prunus* subg. *Amygdalus* (Rosaceae) growing in Iraq, Fresenius Environmental Bulletin, Shamiran Salih Abdulrahman *et al.*, 2019.

Studies on the pollen morphology of the Genus *Ulmus* L. in China and its taxonomic significance - Journal of Integrative Plant Biology, Xin Yi-qun *et al.*, 1993.

Pollen morphology of some species of the genus *Quercus* L. (Fagaceae) in the Southern Caucasus and adjacent areas - Acta Palaeobotanica, Alla Hayrapetyan and Angela A. Bruch, 2020.

Pollen morphological diversity in the genus *Acer* L. (Sapindaceae) in Iran - Acta Biologica Szegediensis, Sedigheh Nikzat Siahkolaei *et al.*, 2017.

Qualiviva - Piante, polline ed allergie. Ministero Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, D. D. 2011.

Allergy to *Ailanthus altissima* pollen: a local allergen to consider. Journal of investigational allergology & clinical immunology, J. Marti Garrido *et al.*, 2020.

L'alveare del Grappa, schedario Fattoria apistica didattica, [alvearedelgrappa@libero.it](mailto:alvearedelgrappa@libero.it).

Floral characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from the province of Chefchaouen (Nw of Morocco), N. Gharnit *et al.*, Moroccan J. Biol., 2004.

Apicoltura e mieli della Campania, Pasquale Mazzone e Livia Persano Oddo, 2002-2003.

Pollen morphology of the Mirtaceae Part 1: Tribes Eucalypteae, Lophostemoneae, Syncarpieae, Xanthostemoneae and subfamily Psiloxylodeae, Andrew H Thornhill *et al.*, Australian Journal of Botany, 2012.

A contribution to the Pollen Morphology of Neotropical Lauraceae, Annals of the Missouri Botanical Garden Press, 1988. Bhoj Raj *et al.*

Studies on the Pollen Morphology of Family Salicaceae in Gansu, J. Integr Plant Biol, 1985, Wang Jing-quan.

I mieli regionali italiani - caratterizzazione melissopalinoologica, Livia Persano Oddo *et al.*, 2006-2007.

Morphology of pollen grains of 25 species of *Salix* (Salicaceae) of the Asian part of Russia according to electron microscopy, A. A. Petruk. Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens, 2019.

Palynological study of *Salix* L. (Salicaceae) in Iran, F. Babayi *et al.* Indo-Iranian Journal, 2012.

Pollen morphology of some *Acer* L. (Aceraceae) species growing in parks, gardens and natural environments in Kastamonu, Selin Akdogan *et al.* Research article, Mellifera, 2013.

Floral biology of the dioecious species *Laurus nobilis* L. (Lauraceae), Ettore Pacini *et al.*, Flora, 2014.

## 9. Sitografia

<http://www.api.entecra.it>

<https://www.agraria.org/apicoltura/flora-apistica.htm>

<https://www.ilpolline.it>

Review

# Multipurpose plant species and circular economy: *Corylus avellana* L. as a study case

Agnese Allegrini<sup>1</sup>, Pietro Salvaneschi<sup>1</sup>, Bartolomeo Schirone<sup>1</sup>, Kevin Cianfaglione<sup>2,\*</sup>,  
Alessandro Di Michele<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Agriculture and Forest Sciences (DAFNE), Tuscia University, 01100 Viterbo, Lazio, Italy

<sup>2</sup>UMR UL/AgroParisTech/INRAE 1434 Silva, Université de Lorraine, Faculté des Sciences et Techniques, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lés-Nancy, France

<sup>3</sup>Department of Physics and Geology, University of Perugia, 06123 Perugia, Umbria, Italy

\*Correspondence: [kevin.cianfaglione@univ-lorraine.fr](mailto:kevin.cianfaglione@univ-lorraine.fr) (Kevin Cianfaglione)

Academic Editor: Marcello Iriti

Submitted: 1 September 2021 Revised: 1 December 2021 Accepted: 13 December 2021 Published: 11 January 2022

## Abstract

*Corylus avellana* L. is one of the most cultivated species in the world. Mainly utilized with the purpose of obtaining food material, hazel trees cannot guarantee constant kernels productions given the threats related to pathogens and to adverse conditions, especially in a globalisation and global changes scenarios. This matter led us to consider the opportunity of using hazel tree in all its parts and for several purposes, due to its multifunctional characteristics. As a pioneer species, it is a precious plant useful for forest restoration purposes and for forest successions/wildlife facilitation. Its roots enter into symbiosis with truffles making this species exploitable for hazelnuts and truffles production. The precious elements contained in what is considered “waste” deriving from hazel crops (i.e., leaves, skins, shells, husks and pruning material), could be reused and valorised in the perspective of a circular economy that is opposed to a linear one. In particular, a list of several phenolic compounds detected in hazelnut shells has been reported in literature to prevent and delay many human diseases due to their antioxidant properties and to free radical scavenging activities, with implications potentially useful even in the fight against COVID-19. All this makes hazel crop by-products interesting to be valorised as a chemical compound source for human health, even more than a biomass fuel or for bio-char applications. The multiple possible uses of the hazel tree would lead to alternative productions than the only nut productions, avoiding significant economic losses, would decrease the cost of disposal of crops residues and would increase the sustainability of agro-ecosystems by reducing, among other things, the production of wastes and of greenhouse gases deriving from the usual burning of residues which often happens directly in fields.

**Keywords:** *Corylus avellana* L.; Sustainability; Circular economy; Multipurpose plant; Forest restoration

## 1. Introduction

Last century has been featured by an economical growth model called “linear economy” [1]. This has facilitated the use of products in a disposable way, creating a greater anthropic impact (i.e., much more waste, garbage and pollution, together with an increasingly use of energy and raw materials and soil uses change). This model is based just on the raw materials extraction, on mass production and consumption, and on the waste disposal once the end of the product life is (too early) reached, as if resources and space were infinite options and they could be used and thrown away indefinitely/ininitely. The resulting endless extraction and disposal flow is inefficient and expensive, and it represents one of the main causes of terrestrial and marine pollution, greenhouse gas emissions and, consequently, climate change [2].

The unsustainability of the described model was widely demonstrated by Georgescu-Roegen [3]; alternatively, he suggested a Bioeconomy model, based on the principles of thermodynamics [3,4]. Nevertheless, Georgescu-Roegen model failed in affirming itself even

though it represented the Costanza and Dary Ecological Economy premise [5,6].

In more recent years there, have been various attempts to introduce criteria of greater sustainability related to economic processes [7]. In order to reach this goal, architects, physicians, and economists began searching for and developing a new and more sustainable economic model based on a more responsible way of producing and consuming: the model proposed is the so-called green economy which should be used in addition to blue economy and mauve economy [8]. In all cases, an attempt is there to move to a circular model. In opposition to the linear one, this model is based on a product’s life cycle extension and on a consumption waste valorization in which wastes, representing a problem for disposal, would become a reusable resource. Indeed, the circular economy model is basically an economical system thought to regenerate on its own, and in which wastes are reduced, re-used, and recycled [9].

The Ellen MacArthur Foundation, one of the most active realities for the promotion of the model, estimated that this kind of model can generate 1800-billion-euros eco-



conomic benefit by 2030 [10]. Besides, the use of alternative strategies to avoid additional losses and produce several high value-added chemicals could minimize the volume of non-renewable materials used today, enough to greatly reduce greenhouse gas emissions and dependencies on non-sustainable resources. Considering their available volume (practically low cost) locally and globally, associated with a rich, functional, structural, and chemical heterogeneity, all agro-industrial wastes should be considered for this purpose as well [11]. In this context, an integral (whole) utilization of plants and the use of multipurpose plant species are of great importance.

This article is about the hazel (*Corylus avellana* L.), a key species that includes both the valorisation of wastes and the multifunctional aspect. Its great diffusion worldwide (see chapter 4), combined with the peculiarities above all related to the fact that it produces dry fruits, makes it a very precious resource both from a quantitative point of view and in relation to the several high-quality by-products obtainable. We took Italy as main example and as a case study for several reasons: it has a thousand-year historical use and cultivation of hazelnuts, it is considered the Nation that produces the highest quality nuts, it is the second largest producer of hazelnuts in the world, it has a wide Local Traditional cultural links with the Hazel and, finally, Italy is one of the country in the world with the most important industries that utilizes hazelnuts, from the production to the final processing.

## 2. The multipurpose plant species

In modern agriculture, what very often happens in relation to the production process is the predilection of determined and pre-fixed parts of plants which generally offer a single and faster product to be sold. This reflects the increasingly widespread consumerist trend also in cultivation, through an increasingly impactful and standardized agriculture, based on extensive, intensive, mechanized and industrialized criteria. Derives from it a lack of optimal utilization and valorisation of plants in their entirety, causing more waste and a greater consumption of resources, and precluding the multifunctionality interests of crops. More in detail, in most cases, only the fruits or seeds of the plants cultivated for food purposes are used, while the rest (i.e., leaves, stem, branches, etc.) are considered as waste. To reduce these “wastes”, different options were proposed, referred for example to the production of yarns by exploiting *Citrus* fruits residues [12], the extraction of resveratrol and other active compounds from grape skins and seeds [13], the production of autoadhesive, biocompatible, and pain-free hydrogel polymeric films from onions’ non-edible outside layers extracts [14], and the possibility of using *Moringa oleifera* leaves extracts to develop bioadhesives with biocompatible polymeric microparticles used for exuding wounds treatments [15].

Regardless of how orchard/crop wastes are managed,

an increase in production proportionally corresponds to an increase in wastes. In the agro-industrial context, according to specific esteems, around 140 billion tons of biomass generated every year in the world result from the agricultural sector, and a considerable part is recognized as waste not conflicting with food availability, e.g., leaves, roots, stalks, bark, bagasse, straw residues, seeds, shells, husks, and wood [11]. Some agricultural crop residues, such as shells, husks, pruning wood, etc., are traditionally burned in the fields causing or accentuating some environmental problems (i.e., soil erosion/instability, decrease of the soil/topsoil biological activity, air pollution [16,174], and increasing accidental wildfires risk), even if sometimes they can be useful as fertilizers or to disinfect the soil. Other times, crops residues are used as economic fuel with low calorific value, but also with risks for human health [17–23]. Apart from a negative impact on the environment and on human health, waste disposal implies a not to be underestimated overall economic cost [24].

By expanding the circular economy concept to agricultural systems and environmental restoration, particular attention must be paid to the multipurpose plant species. In this context, hazel plant is an example of multipurpose plant, as it is a woody species cultivated to obtain direct food products (fruits), which have not undergone a process of absolute domestication and which are also found in the wild [25–30]. Therefore, they are species of plants which can be conveniently used for reforestation or for orchards purposes. In the case of forest restoration, they could provide an additional income, deriving from fruit harvesting. In case of orchards, if they were to lose economic interest, the same trees could be left to grow spontaneously, promoting the processes of forest biological succession. Multipurpose plant species, according to their own prerogative, can be used in many fields and for different purposes. Multipurpose woody species could provide the typical agronomic/arboriculture functions, they could provide silviculture functions by wood and other typical products from forests [31], while, at the same time in their biological/ecology role, they could provide forest or agro-ecoservices. It would be smart to exploit such high potential to prevent environmental damages and negative economic implications.

The European and Mediterranean territories’ characteristics allow an optimal growth of several plant species, which easily adapt to the various soil and climatic conditions. All of them can be used as multipurpose plants, to prevent hydrogeological instability, for beekeeping purposes (i.e., propolis, pollen, monospecific/wildflower honeys, and honeydew honeys), or for edible mushrooms (sometimes truffles as well) proliferation, in a direct (symbiotic species) or indirect (favouring/accompanying species) way. Wood of those species can be used as timber or the resulting biomass (wood, pruning residues, leaves, seeds, husks, shells, etc.) can be used for biofuel pur-

**Table 1. Multifunctional characteristics of tree species.**

Tree species	Common uses	Potential uses
<i>Prunus avium</i> L.	Fruits	High quality timber and veneer operations [32], monospecific honey [33].
<i>Malus x domestica</i> Borkh.	Fruits	High quality timber [34], veneer operations [32] and monospecific honey [33].
<i>Pinus pinea</i> L.	Seeds	Land restoration [34], green shelter and succession facilitation (biogroups) [35], niche for edible fungal species (incl. truffles) [36], propolis productions [37], preservation of traditional landscape and ornamental plants.
<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A.Webb	Seeds	Preservation of traditional agricultural landscapes [38], alternative to <i>Olea europaea</i> trees in colder climates*.
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Seeds	Niche for edible fungal species [39] and monospecific honey [33]; preservation of traditional agricultural landscape.
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Fruits/seeds	Preservation of traditional agricultural landscape and ornamental plant [40], fodder (pods pulp), fluid biofuel, food purposes i.e., sugar and molasses, dry fruits, pods pulp, fruit, or seed meal (e.g., additive E410) [41].
<i>Pyrus communis</i> L.	Fruits	High-quality timber [31].
<i>Olea europaea</i> L.	Fruits/seeds	High quality timber [42], oil and fluid biofuel, preservation of traditional agricultural landscape [43], tourism [44], prevention against agro-pastoral deforestation and related wildfires [45].

\*Schirone personal observation.

poses. Between them, there are plenty of woody species of agro-forestry interest, which stand out for their multifunctional characteristics, as shown in Table 1 (Ref. [32–42,42,44,45]).

### 3. *Corylus avellana* L.

*Corylus* genus belongs to the Betulaceae family. It is widespread throughout the northern hemisphere, including 18 known species. Between them, *C. avellana* L is a plant having appeared during the Tertiary period, particularly during the Oligocene, between 33 and 23 million years ago [46]. Its differentiation began during the Miocene period, counting two distinct types of hazel trees: one with narrow leaves (*Corylus insignis* Herr) and the other one with large leaves (*Corylus mac-quarry* Herr), which can be considered the ancestor of *C. avellana* L. [46]. Native to Asia Minor, *Corylus avellana* L. spontaneously grows in a very wide territory, ranging from Portugal to the Ural Mountains in the east, and passing through the Italian and Balkan peninsulas, Caucasus, and Kazakhstan [47,48]. To the north it goes up to 68° latitude along the Norwegian coasts, while in the south it is found until Lebanon and Syria [49].

*C. avellana* primarily spreads during the Quaternary age, in the so-called “hazel age” [50], consisting in a period characterized by a relatively hot-dry climate (Boreal or Anatermic climate), between 6800 and 5500 B.C. Subsequently, the anthropic factor also played an important role in the diffusion of this species, as described for example for Apennine mountain chain, where *Juglans* and *Castanea* species appearance specifically marked the beginning

of a significant human influence, hastening the disappearance of *Pinus* species and bringing about a more recent re-expansion of *Quercus* species, *Fraxinus ornus* L. and *Corylus avellana* L., which represent the main components of today’s thermophilus bushland [51–53]. This vegetation dynamic principles could be extended to other European countries [54–57].

*Corylus avellana* L. is characterized by a shrubby and polycormic growth form. Sprouts originate from the portion situated between the hypogean and epigeal part of the plant (collar or colletto). It is a short-living shrub, which reaches 3–4 (7) meters of height; the deciduous leaves are simple and alternating, rounded-shaped with a double-serrate margin. *C. avellana* is a monoicous plant. Male unripe inflorescences (catkins) are visible since summer, and their flowering is completed between January and March, when their development is completed, and pollen grains are ready to be distributed (mostly by wind). The female flowering process is shorter, taking place between January and March [58,59]. Hazelnuts are appreciated as fodder by wildlife (mostly forest birds and large and micromammals), and the male inflorescences (catkins) represent an appreciated fodder as well during winter/early spring, especially by squirrels (*Sciurus vulgaris*, Linnaeus 1758) (Cianfaglione, personal observation). The fruit (hazelnut) is a globular-ovoid achene composed of a woody pericarp containing the kernel, an edible nut containing a high percentage of oil [60]. The fruit is entirely or almost entirely covered by the fruit integument (husk), which is composed of two pubescent deciduous and frayed bracts, light green in color and brownish in time [59] (Fig. 1).



**Fig. 1. The hazel plant and its principal parts.** (A) The whole plant. (B) Leaves. (C) Catkins. (D) Female flowers. (E) Hazelnuts with husks. (F) Fruits and Kernels. (G) Hazelnuts, shells, and kernels with skin. (H) Kernels without skin.

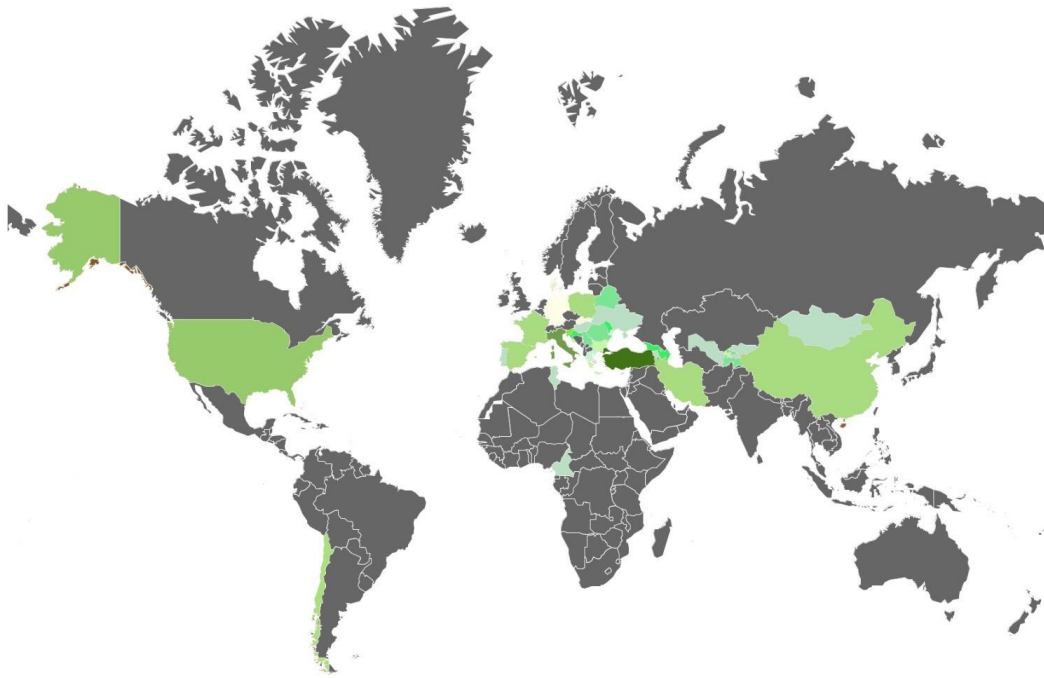
*Corylus avellana* L. is a typical mesophilic species that can face short periods of dryness during the vegetative period. It prefers medium-textured soils (especially the volcanic ones), but it also adapts to any kind of soil (even stony and steep ones). It grows naturally on territories ranging from 200 to 1700 meters above sea level and it can be considered a heliophilous species even though it tolerates shade conditions, and it resists cold and wind [59]. The species can be found in rich and mesophilic pedological contexts, such as valley floors, planitial and riparian environments (i.e., *Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia*, *Carpinus betulus*,

*Ulmus*, *Populus*, *Acer*, *Salix*, *Alnus* species, and *Quercus robur* forests), and in slopes as well, in fresh contexts characterized by the presence of *Quercus cerris*, *Q. petraea*, *Fraxinus ornus*, *Pinus nigra* s.l., *P. sylvestris*, *Fagus sylvatica*, *Populus tremula*, *Betula* species, *Castanea sativa* and *Ostrya carpinifolia* forests), even in more thermophilic *Picea abies*, *Abies alba*, *Larix decidua* formation, or in the most fresh or mesic conditions in *Quercus pubescens* and others thermophilic (broadleaved, conifers or mixed) formations.

In oceanic conditions, the species can be found on sea-coasts, even within the dunal/retrodunal vegetation (in more or less primary formations). In mesophilic (or in shady) condition it can be found on seacoast formations even in Mediterranean conditions (i.e., mixed with *Laurus nobilis*). In mountains, under continental or Mediterranean conditions, in lesser sunny expositions, the species can also be found on thin and poor soils (i.e., cliffs and dejection fans; where mosses develop well), in more or less primary conditions.

*Corylus avellana* L. can often be found mixed with *Sambucus*, *Prunus* species or other shrubs generally belonging to the *Prunetalia spinosae* phytosociological order [61]. In relation to forest vegetation dynamics, *C. avellana* L. is a pioneer/opportunistic species, which often could not appear immediately among the first woody species in the vegetation succession. Within the same environmental conditions, its presence tends to be more sporadic in undisturbed conditions and very much frequent (even dominant) in more disturbed conditions. It is frequently found in disturbed places (clearings, mantles, margins, and pre-forest conditions), after natural or artificial disturbances (i.e., after agricultural abandonment, after forest harvesting, in hedges of not excessively intensive cultivated areas). For example, *Corylo avellanae* - *Populion tremulae* [62,63] represent a phytosociological alliance of arborescent pioneer vegetation in mesotrophic forest contexts (i.e., woody shrub vegetation that may appear on previously disturbed surfaces, on soils that has remained uncultivated for some years, in hedgerows, roadsides, forest clearings/pre-forest formations, field margins, and unmanaged secondary grasslands). *Corylus avellana* can be common and widespread in disturbed woody formations, subject to wood harvesting (clear cutting to coppicing), as for example it happens for *Carpino betuli-Coryletum avellanae* [64] plant-associations, that remain stable as long as the perturbation persists. *C. avellana* represents a typical species in the constitution of many woody formations of the *Quercus roboris-Fagetum sylvaticae* [62] phytosociological class. In forests context, *C. avellana* could take part even in mature natural forests but it tends to be a more sporadic presence.

All the *Corylus* species produce edible nuts, but only those of *C. avellana* L. possess the greatest morpho-organoleptic characteristics and consequently the highest agricultural, food, and economical value. In relation to



**Fig. 2. Map of the main world countries where hazel trees are cultivated.** The map was created by using the data shown in Table 3. In dark green the countries in which hazel is most cultivated are represented, and in lighter green those in which hazel is cultivated lesser.

**Table 2. Hazel harvested areas expressed in hectares (ha) related to the main world countries, from 2010 to 2019.**

Country	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Turkey	432439	429955	422675	422501	423261	434119	705445	706667	728381	734409
Italy	55904	70492	57992	71459	72125	72214	69285	72772	78590	79350
Azerbaijan	22691	23242	23768	24822	25207	27322	31814	35782	39021	43381
USA	11736	11534	11736	12141	12141	13759	14973	16190	17810	20230
Chile	4199	7544	8687	8712	8686	8712	13109	13110	13104	24437
China	10645	11000	11500	11500	11900	12410	12892	13211	13521	13824
Georgia	15739	17065	13731	22127	18689	19461	16421	11931	9493	13422
Iran	19133	16610	13614	20416	20631	31041	18419	17822	18144	18472
Spain	13803	14067	13912	13800	13591	13301	13137	12806	13510	13020

The table was created by using Faostat data, available on [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat) [70].

these gastronomic and economic interests, *C. avellana* is the most representative and commercial species of hazel. *Corylus avellana* is used to improve the quality characteristics of the seeds (nuts) of similar species (i.e., *Corylus maxima*, *C. colurna*, *C. americana*, and *C. heterophylla*) [65,66]. Hybrids of *C. avellana* and *C. americana* are very interesting because they aim to combine the larger and quality nuts deriving from the old-world species with the disease resistance deriving from the American species [67].

(Table 2, Ref. [70] and Fig. 2).

Most ancient domestication evidences of *C. avellana* has been carried out in ancient times by Turkic people, but also in Italy there are very ancient archaeological evidences and very old documents attesting the first modern hazel crop (52). Currently Turkey represents the most important world hazelnuts producer [68] followed by Italy, Azerbaijan, USA, Chile, China, Georgia, Iran, and Spain [69,70]

#### 4. *Corylus avellana* L. in Italy

In the Italian territory, *C. avellana* is naturally spread over all the national regions where it grows on plains, hills, valley floors, and in the phytoclimatic *Fagus sylvatica* belt [61]. Generally, the hazel tree develops as a shrub even of large dimensions. In exceptional cases, it becomes monumental in size like a veteran tree, albeit always polycormic. At least in Italy, it was not possible to find known wild hazel trees reported as veteran trees of monumental interest. According to the Mipaaf (Italian ministry for agriculture and forestry policies) list of Italian veteran trees [71], the hazel is considered to be of monumental interest starting from a single stem circumference of 200 cm at 1.30 m. These dimensions could be more easily and quickly reached from cultivated, monocormic species (i.e., *C. colurna*) or monocormic-forced plants (cultivated samples). For example, only one *Corylus colurna* could be found in the Italian national database of monumental trees, placed in Emilia-Romagna region, under cultivation conditions. Therefore, in our opinion, especially in case of wild hazel plants (polycormic, not pruned, and not in crop conditions), the limits should be reconsidered to almost one stem reaching one meter in circumference. For instance, Valzo di Valle Castellana (Central Italy) forest hosts a wild hazel tree of monumental interest. The forest was bought to be saved from further harvesting and, consequently, that wild hazel tree is supposed to never be cut down [72]. It is characterized by some stems, and few of them exceed 1m in circumference, while the overall height is of 6 m and the total crown is of 5 m [72]. In Italy, hazel plants are traditionally cultivated throughout the country and wild hazel grows in every region. Historically, the cultivation of hazel is mainly linked to three regions: Campania (South Italy), Lazio (Central Italy), and Piemonte (North Italy). Often, one province contributes to almost the totality of the entire regional production as it is the case of Viterbo province (in Lazio region) and Cuneo province (in Piemonte region). In Campania region, on the contrary, hazelnut productions are spread quite equally between Napoli, Caserta, Salerno, and Avellino provinces. If the genus *Corylus* takes its name because of husks looks like a helmet, which in classical Greek is called “córys”, or because of the word “kurl” (the celtic name for hazel tree); the specific name *avellana* takes his origin from the province of Avellino. The specific name could eventually derive from the genitive form of the town of Abella (now, Avella), always in the Province of Avellino, because this province area it was considered a particularly suitable area for the cultivation of hazelnuts already during the Ancient Roman Empire. Albeit with some variations, this specific name was known and commonly used by Latin writers to refer to the hazel and its nuts as for example, Cato (in Head VIII of *De re rustica*) and Pliny the Elder’s *Encyclopedia (Naturalis Historia, book XV)*. This name was selected by Linnaeus [73] from Leonhart Fuchs’s “*De historia stirpium commentarii insignes*” [74], where the species was described from

oldest Latin authors [75].

Sicilia (South Italy) is the fourth Italian producing region. Its productions have been remarkably increasing in recent years, even though the yields do not reach the other Italian regions’ quantities (Fig. 3).



**Fig. 3. Map of the main Italian regions where hazel trees are cultivated.** The map was created by using a dark green for regions in which hazel is highly cultivated and a lighter green for regions in which it is cultivated lesser.

Coming to percentages and varieties, 40% of Italian hazelnuts are produced in Campania, which is considered the most ancient cultivation site in Italy [58]. The mainly cultivated varieties are “Mortarella” (38%) and “San Giovanni” (37%) for industrial elaboration, “Tonda Giffoni”, “Tonda Bianca”, “Tonda Rossa”, “Campanica”, and “Riccia di Talanico” for direct food uses [76]. Lazio region contributes to about 33% of the national hazelnut production, of which about 96% is in Viterbo province [76]. In particular, the “Monti Cimini” area, that is characterized by flat soils which are often irrigated, represents one of the main Italian areas of production [77]. The hazel variety mainly cultivated in Lazio region is “Tonda Gentile Romana” (85%), followed by “Nocchione” (10%, which also acts as a pollinator of other varieties) and “Tonda di Giffoni” (5%) [76]. The remaining 27% of the national hazelnut production is divided between Piemonte and Sicilia regions. Appreciated for its organoleptic characteristics both by the confectionery industry and for fresh consumption, the mainly cultivated variety in Piemonte (over 90%) is “Tonda Gentile delle Langhe” [76]. Finally, in Sicilia region, the mainly cultivated varieties are “Siciliana”, “Ghirara”, “Minnulara” and “Lancinante” [76].

## 5. The hazelnut

Hazel is one of the most important crops in the world. *C. avellana* L. is mainly cultivated with the purpose of obtaining hazelnut kernels that are more and more requested and commercialized all over the world as edible nut [70].

In the past, traditionally this species was often home-grown in hedges or margins. A very common home-orchard/hedge use (self-consumption) of hazel was to eat fresh hazelnut kernels, unripe or ripe, but not dried. Compared to the dried ones, fresh nuts' kernel taste is very much different, and nuts contain much more water. When eaten at this condition, they were popular as a snack, especially for children and they were appreciated as a snack by mountaineers and shepherds as well (Cianfaglione personal observations, mainly based on unpublished data from L'Aquila Province, Italy).

Nowadays hazelnuts are eaten raw (dry), often roasted or, more frequently, processed by the food industry and transformed into chocolate, cakes, biscuits, etc. The famous traditional Italian chocolate "Gianduia" is attributed to the Turin confectioners, who mixed part of the cocoa with hazelnut to create this type of chocolate. Many versions and variations have been created by various brands, until today, after more than 215 years of documented history of this chocolate. One of the most important confectionery industries in the world, the Italian Ferrero company, has set all its production on the use of hazelnut chocolate under the trademarks of Ferrero and Kinder. Its bestseller, Nutella, is nothing more than a hazelnut chocolate cream (a variation of the "Gianduia" chocolate motive). This type of chocolate motif or in any case hazelnuts, are an important part of the products of many other major Italian brands (i.e., Caffarel, Loacker, Perugina, Elah Dufour Novi, Nurzia, Condorelli, Sperlari, Pernigotti and many others).

Hazelnuts are characterized by several nutraceutical properties [78–83], which make them a useful food for health and valuable from a nutritional point of view. Hazelnut kernels, as an example, are rich in essential amino acids, dietary fibres, vitamins, minerals, and unsaturated fatty acids, which play a key preventive role from many diseases [84]. Lipids are the main nutrient contained in the hazelnut kernel. They constitute over 60% of the kernel dry weight. Among fatty acids, specifically, oleic acid is the predominant one reaching up to 82.8%, followed by linoleic, palmitic, stearic, and vaccenic acids [85–88]. A high content in monounsaturated fatty acids makes hazelnut oil very much similar to olive oil, mainly contributing to reducing the risk of coronary heart diseases. The adulteration of olive oil with hazelnut kernel oil, in fact, is becoming a more and more common procedure, and quite difficult to detect due to the very similar chemical profile of the oils. Even though hazelnut oil does not constitute a health risk as it happens with low quality oils used for adulterations, this matter represents a serious problem both for olive oil producers and consumers [89,90]. Used to dress salads, for cooking, and for food preparation because of its unique flavour, hazelnut oil has a great potential in the pharmaceutical industry. Besides fatty acids, in fact, tocopherols and tocotrienols contained contribute to the prevention of cardiovascular and neurodegenerative diseases. Phytosterols can induce significant reductions in low-density lipoprotein cholesterol levels, phenols can play a key role in cancers prevention, and dietary fibres contained can prevent and mitigate cardiovascular diseases and colon cancer [88]. Hazelnut oil composition makes it extremely suitable for cosmetic uses as well. Specifically, phospholipids and vitamin E contained in virgin hazelnut oil are directly associated with a skin moisturizing effect [91]. Besides, considering that the hazelnut oil yield was found to be approximately of 1000 Kg/ha (around two times that of soybeans) and thanks to a high thermo oxidative stability conferred by the

**Table 3. Hazelnut with shell production (tons) in the main producing countries over the world, from 2010 to 2019.**

Country	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Turkey	600000	430000	660000	549000	450000	646000	420000	675000	515000	776046
Italy	90270	128940	85232	112650	75456	101643	120572	131281	132700	98530
Azerbaijan	29454	32922	29624	31202	30039	32260	34271	45530	52067	53793
USA	25401	34927	35500	40823	32659	28123	39916	29030	46270	39920
Chile	2400	5200	6300	9500	11500	8750	14250	16800	20330	35000
China	19500	22000	23000	23000	23621	25101	26312	27314	28316	29318
Georgia	28800	31100	24700	39700	33800	35300	29500	21400	17000	24000
Iran	18443	18758	19532	20655	10098	13516	16465	15835	15978	16121
Spain	15086	17590	14406	15300	13542	11423	9510	10487	8030	12370

The table was created by using Faostat data, available on [www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat) [70].

high percentage of unsaturated fatty acids contained, hazelnut oil is a potential source for oleochemical uses as well, and, as such, it could easily be used in place of petroleum which is not inexhaustible and whose price is constantly growing [92]. Moreover, after being roasted, “Tonda Gentile delle Langhe” kernels can originate a hydroalcoholic infusion which, once distilled and enriched with different aromas, lead to the production of a hard alcoholic drink called “Frangelico”. The liqueur, produced in the Italian Piemonte region, dates back to more than 300 years to hermit monks living there [93]. There are plenty of traditional hazelnut-based liqueurs existing in Italy, sometimes known nationally and internationally, but more often only locally. The rich and intense flavour of Piedmonts’ hazelnuts, as an example, makes them suitable for the production of a liqueur, the so-called “nocciolino”, which involves the infusion of fruits in an alcoholic solution, and the addition of sugar syrup to sweeten.

In 2019, hazelnuts worldwide production amounted to around 1.20 million tons [70]. According to consumers’ food preferences and to the previous year’s trend, hazelnut production is expected to grow progressively over the next coming years in most of the major producing countries. Strongly contributing to the high worldwide production, in Turkey, which is the leading hazelnut producing country in the world, in 2019, for example, there have been produced 776046 tons of hazelnut. Italy is only second to Turkey with a production which, in 2019, amounted to 98530 tons and a harvested area (almost 80000 ha in 2019) which is constantly increasing over the years. Azerbaijan is the next best producer (53793), followed by the USA (39920), Chile (35000), China (29318), Georgia (24000), Iran (16121) and Spain (12370) [70]. Table 3 (Ref. [70]) shows a general increase in hazelnut with shell production over the years, in the main producing countries over the world. Few exceptions regarding a lower production trend are mainly due to adverse weather conditions and/or pathologies from which plants have been affected.

Italy represents not only the second worldwide and the first European hazelnut country producer but also, together

with other countries as for example Chile, USA, Azerbaijan, and Georgia, over the years it has been seeing an increase in the rates of hazelnut exports, contrary to what is happening in Turkey. The first importing country from Italy is Germany, followed by France, Belgium, Poland, Switzerland, and Spain. In terms of volumes, the Turkish hazelnuts sales far exceed the Italian ones, but the quality of Italian hazelnuts is more appreciated and appropriately remunerated by the European importers [94]. Nevertheless, the high quality of Italian hazelnuts is threatened by pathogens, in particular those which are directly dangerous for nuts. Recently, for example, Italian hazelnut cultivations have been strongly attacked by various species of bedbugs, such as *Gonocerus acuteangulatus* Goeze (1778), which is the most common, significantly compromising the production of hazelnuts. This bedbug is responsible for the abortion and for the decay (“cimiciato”) of hazelnuts and it can also be a vector of the fungus *Nematospora coryli* Kurtzman, causing the hazelnut stigmatomycosis [95,96]. Both of them cause a bitter/rotten taste to the hazelnut kernels, making them inedible and unprofitable for the food industry sector [97]. These pest problems could be fostered by mundialization, due to the arrival of new pests/vectors [98,99] and by global changes, due to climate change impact stresses. Because of pests and climate change threats, the increasing uncertainty in guaranteeing a constant production of high-quality hazelnuts could represent a good reason to upgrade care, and consequently the use of chemicals and of maintenance operations (increasing economic and environmental costs). However, at the same time, a regular production uncertainty could represent an excellent incentive for crop product/management diversification, thinking more of a use of the whole plant, so that producers could better compensate for economic losses [11]. The big amount of hazelnuts produced in Italy per year corresponds to an even bigger amount of wastes resulting from the hazelnuts harvest. Hazelnut kernels, in fact, represent less than 50% of the total nut weight, while substantial quantities of by-products, as shells, skins, husks and leaves, are produced during harvesting and processing. Among them, the shells

account for the majority of this waste, representing between 50 and 60% of the total hazelnut weight [100]. Assuming that the weight of hazelnut shells is equal to an average of 55% of the total fruits weight, if the annual production of hazelnuts in shell is known, the quantity of deriving shells is easy to estimate. Considering 2019, the Italian production of around 98530 tons of in shell hazelnuts corresponds to 54191.5 tons of shells. Generally, waste disposal represents a not to be underestimated overall cost and, specifically, it has a negative impact on the environment [101], especially if not managed properly.

## 6. Uses of the hazel tree

If we exclude hazelnuts and its derivatives, the possible uses of the whole hazel plant or its portions are potentially several as follows.

### 6.1 Whole plant

Given the growing demand for hazelnuts on the market, the tendency is to increasingly extend hazel trees' crops, and, in that case, they could be considered one of the main causes of environmental problems concerning land consumption [102–104]. For instance, such land consumption can be reflected in soil use changes (i.e., destruction of the mosaic of traditional landscapes, where pastures, woodlands, shrublands, and various traditional crops are replaced by extensive hazelnut plantations), and eroding also the land portions now left to the secondary succession; landscape degradation (i.e., anthropization, pollution, landscape homogenisation/simplification, loss or danger to traditional varieties and agronomic biodiversity); drought and water availability problems (i.e., drying out of water bodies, sinking of aquifers, contamination of drinking water basins and aquatic ecosystems changes), and others human impacts [105].

On the contrary, an adequate land planning based on more environmental and landscape attention and proper policies could foster the hazel trees' contribution to environment amelioration and to reforestation issues (including forest quality enhancement and the increase of forest ecosystem services), justifying their planting in place of other species or in association with them. The characteristic of being a pioneer species makes the hazel tree a precious plant for forest restoration works. There is not a vast literature on the subject, but the species is indicated by some naturalistic engineering manuals as particularly suitable for the consolidation of unstable slopes [106–109]. More in detail, Bischetti *et al.* [110], based on a comparative survey on different species of conifers and broad-leaved trees, report *C. avellana* as the most resistant to shear forces exerted by landslides. Its shrubby habit suggests its use to solve specific problems as well. For example, during a project commissioned by Terna (Operator of the Italian high voltage transmission grid company), the SIRF – Società Italiana Restauro Forestale (Italian Forests Restoration Soci-

ety) proposed its use to consolidate the soil of power lines' corridors below electric cables [111]. This was proposed in order to reduce the soil erosion with a woody species that can act as a good compromise: on the one hand to guarantee a minimum continuity of the “forest” cover, and on the other hand to limit maintenance costs for the electricity company which otherwise could more often be obliged to cut or top trees under power lines. In addition, hazel plants could provide fodder for wildlife and several products/services for landowners.

Hazel trees are also used as symbiont for truffles [112–114] (i.e., *Tuber melanosporum* and *T. aestivum*) [115]; consequently, the cultivation of truffles is another aspect that can be associated with hazelnut crops. Generally, the first results in synergic cultivations (truffle + hazelnuts) are observed in the fifth or sixth year after planting, sporadically in the third year [116], but the market demand is in strong expansion and suggests the development of a “dual purpose” hazelnut cultivation (hazelnuts and truffles) with prospects of excellent economic results. Specialized nurseries exist to produce hazel trees mycorrhized with truffles, with the possibility of choosing between the hazel varieties (i.e., Gentile delle Langhe, Tonda Romana, and Tonda di Giffoni) and truffle. New generation nurseries that produce truffle mycorrhized plants are technologically advanced nurseries that can also offer the customer assistance and specific cultivation manuals [117]. Of particular interest are the small gardens managed at a family-level system, using mycorrhized plants with the possibility of collecting hazelnuts and truffles to make ends meet.

The hazel plant has a considerable ornamental value in summer and in winter (during the flowering period). For this purpose, *Corylus* species are often cultivated in public and private gardens as well as along some avenues. Over time, numerous varieties distinguished by their habit or the color of their foliage have been selected. It is worth mentioning some of these varieties: *C. avellana* var. *contorta* Bean., characterized by very twisted stems and branches, var. *pendula* Dipp., with weeping branches, var. *aurea* Kirchn. and the other yellow or yellowish foliage forms (i.e., “anny's purple dream”, “merveille de bollwiller”, “webb's prize cob”) as well, var. *fusco-rubra* Dipp. and the others with purple, red or pink foliage (i.e., “red majestic”, “rode zellernoot”, “red dragon” and “burgundy lace”) which also feature deeply engraved leaves. *Corylus avellana* ‘Heterophylla’ is a decorative form characterized by leaves with a very fringed margin [118–120].

### 6.2 By-products

One of the most interesting aspects of the hazel tree as a multipurpose plant lies in the possibility of practically using all the by-products deriving from the fruits' processes, as well as other parts which are generally considered wastes or devoid of economic value. In addition extracts of European hazelnuts were detected to exhibit stronger antioxidant

activity then kernels [121–124]. In some cases, the processes for using these materials are already technologically mature, while in others the transition from experimentations to the industrial phase has not yet taken place.

### 6.2.1 Shells

Hazelnut shells represent approximately 50% of the total hazelnut weight and thus leading to an important amount of wastes around the world [125]. The chemical characterization of hazelnut shells postulates them as lignocellulosic material composed of cellulose 15.4%, hemicellulose 22.4%, lignin 25.9%, proteins 8%, ashes 5% and extractives 24.6% [126]. Their chemical composition, the good stability, a low ashes content, a porous structure, and a great adsorption capacity, make hazelnut shells (as well as other nutshells) extremely useful to prepare activated carbons, and to be used as an effective CO<sub>2</sub> adsorbent, much cheaper if compared to the most commercial activated carbons [127]. Besides, in particular because of their hemicellulosic component, hazelnut shells represent potential precursors of specific prebiotics (xylooligosaccharides and arabino-xylooligosaccharides) which are very beneficial for human health [125].

In relation to the extractives (24.6%), phenolic compounds are the most referred group deriving from lignocellulosic biomass [125]. So far and before hazelnut shells, their best use was burning them as boiler fuel [128]. Nevertheless, in the last few years, some studies were performed to evaluate the potential valorisation of hazelnut shells as sources of important biomolecules as natural antioxidants with important properties for packaging [129], food and pharmaceutical industry.

Recent literature cites new valuable substances extractable from the shells, with particular attention to phenolic compounds. Their antioxidant, antiallergenic and antimicrobial effects on human bodies which may trigger several pathological conditions and/or age-related chronic diseases [130–133], together with an increasing interest and predilection of natural antioxidant compounds over the synthetic ones, is leading the cosmetic, pharmaceutical, and food and construction industries [134–136] to increase their research and development of new products containing such natural substances [137]. Regarding the construction sector, as an example, because of their lignocellulosic composition, hazelnut shells could be used to produce lower cost rigid polyurethane foams, commonly used as lightweight thermal insulating construction materials [138]. Moreover, hazelnut shells' flour deriving from the food industry can easily be used, in percentages of 30–40, for biobased thermoplastic composites' compositions, due to their mechanical properties and because of their full biodegradability [129]. In Table 4 the phenolic compounds detected in hazelnut shells are summarized [139–141].

A wide range of phytochemicals and phenolic compounds, possessing substantial antioxidant and radical scav-

enging activities, anticarcinogenic [142–144], antimutagenic [145], and antiproliferative effects [146], are present in plant-derived products. These compounds are potentially useful for a wide range of human health applications. For example, quercetin, known for its activity against cancer prevention, chronic inflammation, and cardiovascular diseases [147], has been recently studied for its potential activity against SARS-CoV-2 replication [148]. Different factors affect the composition of phenolic extracts and the antioxidant activity: parts of kernel (shell, skin, green leafy covers, flowers, and leaves) [139], extraction methods (use of ultrasound, microwave and CO<sub>2</sub> supercritical) [149–151], and antioxidant assay used [139]. Phenolic compounds have been reported to prevent and delay many pathologies and this is due to their direct and indirect antioxidant properties, and to their free radical scavenging activity [139]. The biologically active molecules give electrons or hydrogen atoms to reactive free radicals preventing lipid oxidation or cellular damage and act as natural antioxidants with many health benefits [133,139]. The potential antiviral activity of hazelnuts may be related to the presence of quercetin, a flavonol found in fruits and vegetables. Quercetin is a molecule deeply studied in recent times due to its potential activity against SARS-CoV-2 replication [148].

### 6.2.2 Shells as biomass for energy production

Agricultural residues, hazelnut shells included, are often burned in fields making soils less fertile and increasing air pollution [152] or used as raw material for furfural productions [123]. Guney [153] states that, if the goal is to promote the sustainability of agro-ecosystems, in the perspective of a circular economy, the conversion of (agricultural) biomass to energy, also called bioenergy, represents an excellent opportunity. Hebda *et al.* [154] confirm that the lignocellulosic composition of hazelnut shells, to illustrate, makes them suitable as a raw material for biofuels productions. Specifically, Sullivan *et al.* [155] assert that from 1 ton of hazelnut shells, around 5500 K/cal of energy is produced. The same authors report that in Turkey, for instance, hazelnut shells are used in homes, restaurants, and bakeries for cooking. Rukavina *et al.* [156] describe Italy as the EU's most active residential market for the biomass sector, in terms of a high number of installed biomass stoves. They assert that fossil fuelled devices are being frequently replaced in order to be powered by renewable energy sources, such as wood biomass, pellet, and, also, nutshells. Between them, hazelnut shells' homogeneous particle size and low ashes production makes them very similar to pellet composition [156]. Due to their chemical composition, hazelnut shells, through a proper gasification technique, could be easily converted into hydrogen gas [157–160], to be used, for instance, as a fuel for electric systems [161].

**Table 4. Phenolic compounds detected in hazelnut hard shells.**

Phenolic compounds	More abundant components
Phenolic acids	gallic acid, vanillic acid, methyl gallate, veratric acid, galloylquinic acid, coumaroyl, quinic acid, feruloylquinic acid, protocatechuic acid.
Flavonoids	quercetin, myricetin, quercetin 3-rhamnoside, myricetin 3-rhamnoside, rutin, taxifolin, naringin, catechin, epicatechin, epigallocatechin.
Tannins	four isomers of B-type procyanidin.
Diaryleptanoids	giffonin V, giffonin P, carpinontriol B.
Lignans	ficusal, celignan, erythro-(7S,8R)-guaiacylglycerol- $\beta$ -O-4'-dihydroconiferyl alcohol, erythro-(7S,8R)-guaiacylglycerol- $\beta$ -coniferyl aldehyde ether, erythro-(7R,8S)-guaiacylglycerol- $\beta$ -O4'-dihydroconiferyl alcohol, dihydrodehydrodiconiferyl alcohol, balanophonin.

### 6.2.3 Skins

Hazelnut skins are the brown perisperm, which cover hazelnut kernels, under the shell. Between wastes produced during the hazelnut industry, skins are considered the main by-product, accounting for around 2.5% of the total nut weight [162]. Hazelnut skins are obtained after roasting processes which can lead to different by-products qualities, according to both the extraction solvents and protocols used, and to the roasting degree; specifically, it was proven that high roasted hazelnut skins extracts possess higher antioxidant activity compared to low-roasted ones [163].

Analyses made on hazelnut skins' chemical composition showed they are very rich in dietary fibers (67,7%) and exphenolic compounds (233 mg GAE/g); besides that, Özdemir *et al.* [164] have ascertained that the oil fraction contains a high amount of tocopherols (2.77  $\mu$ g/g) and oleic acid (75.2%). Furthermore, Ivanović *et al.* [162] indicate that the total phenolics content and the corresponding antioxidant activity is higher in hazelnut skins, compared to natural and roasted kernels. More specifically, the monomeric and oligomeric flavan-3-ols represents the main polyphenolic subclass, accounting for over 95% of the total polyphenols content. Hazelnut skins' total antioxidant capacity (TAC) is remarkable as well, ranging between 0.6 and 2.2 mol of reduced iron/Kg of sample, and being around 3 times the whole walnut TAC, 7–8 times that of dark chocolate, about 10 times that of espresso coffee, and around 25 times that of blackberries [165–167].

Beside the multiple hazelnut skins' utilizations deriving from high phenolics contents, the dietary fibres contained make them useful for pathologies associated with body weight control, for example high cholesterol, and for promoting the *in vitro* fermentation growth of *Lactobacillus plantarum* P17630 and *Lactobacillus crispatus* P17631, which exert a strong prebiotic like effect [168]. Furthermore, extracts of hazelnut roasted skins could significantly decrease the proliferation of a human colon cancer cell line [88].

Finally, the hazelnut skin was evaluated as a source of nutrients for dairy cows [169], while the production of

fibrous structure from hazelnut skin was evaluated as an ingredient in cake as model bakery product [170]. The powder of defatted hazelnut skin may be used as natural brown colouring agent [164].

### 6.2.4 Husks

Hazelnut husks are the green bracts (fruit integument) which surround hazelnut shells (fruits). They represent a significant agricultural residue, counting around 120000 tons of waste per year worldwide. A study carried out by Akgul [152] shows that their structure is mainly composed of carbon (about 40%), oxygen (45%), ash (5–8%), hydrogen (5%), and nitrogen (1%). The corresponding chemical structure is composed of around 35% of cellulose, 20% of hemicellulose, and 35% of lignin.

In the past, husks were used as a popular herbal tea, or macerate in alcohol to obtain a liquor called “nocchietto”, “vellanino”, or “nocciolino”. Husks are characterized by a very strong and acid taste (the basal part is thicker, juicy, and fleshy, in opposition to the more apical part which is drier and membranaceous) (Cianfaglione personal observations, mainly based on unpublished data from L'Aquila Province, Italy).

Nowadays, hazelnut husks are considered mainly as waste, but they can be a valuable source of polyphenols [171]. Furthermore, their possible utilizations are for the most part related to biofuels production. Guney [153] asserts that, because of the high lignin content, hazelnut husks, once their components are separated and the moisture is removed, can be converted into industrial material, biofuels, biogas, and heat.

The depletion of fossil fuels (and their harmful consequences on the environment) together with forests wood production decline, as an example, makes it necessary to turn to alternative and renewable energy sources. According to Guney [153], pelletizing, for instance, offers consumers a good opportunity to make agricultural biomasses easy to handle and transport, also considering that hazelnut husks' heating value is around 18.35 MJ/Kg.

The high lignin quantity contained in hazelnut husks

makes them usable for the construction sector as well; Zieleniewska *et al.* [172] has ascertained that, compared to certain types of insulating materials such as polystyrene foam or mineral wool, for instance, the use of husks to produce natural fillers and obtain rigid polyurethane foam composites reduces costs significantly. More specifically, Copur *et al.* [173] indicate that adding up to 20% of hazelnut husks in medium density panels production does not imply a regression of characteristics if compared to the standard materials.

### 6.2.5 Leaves

Leaves represent a high quantity of by-product deriving from hazel tree cultivations. Copur [174] affirms that, once fallen, most of the times, together with other pruning residues as branches, they are burned in fields contributing to the atmospheric pollution and to the increase of greenhouse gases. Largely consumed as infusion, hazel leaves are traditionally used in folk medicine for haemorrhoids, varicose veins, and oedema thanks to their astringency, vaso-protective and anti-oedema properties [175].

Ramalhosa *et al.* [140] indicate that, similarly to hazelnut kernels', skins', husks', and shells' composition, hazel leaves contain several phenolic compounds; specifically, leaves were found to contain 3-caffeoylquinic acid, 4-caffeoylquinic acid, 5-caffeoylquinic acid, caffeoyltartaric acid, *p*-coumaroyltartaric acid, myricetin 3-rhamnoside, quercetin 3-rhamnoside, and kaempferol 3-rhamnoside, in addition to gallic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, and sinapinic acid which have already been detected.

Besides a high hazel leaves' antioxidant activity with similar behaviour of all cultivars analysed, a study carried out by Oliveira *et al.* [175] revealed gram positive and negative bacteria to be very sensitive to hazel leaves' extract. Eventually, Sullivan [155] asserts that, in a production system that involves the recirculation and enhancement of nutrients, hazel leaves (and husks) could be used both as bedding for animals and as excellent organic fertilizer when mixed with animals' urine and feces.

### 6.2.6 Prunings

Each year cultivated plants need to be pruned to remove the frequent huge collar sprouts' production. Starting from 5–7 years of age [116], the cultivated hazel plants are even pruned (the branches) in order to organize the production of hazelnuts. The resulting material (i.e., branches, leaves, sprouts...) can be used in various ways.

Sullivan [155] asserts that hazel wood, which represents the greatest amount of pruning biomass, is light brown, straight grained, durable, and very hard. Enescu *et al.* [49] reports that, traditionally, it has been used in rural crafts, including baskets and panniers, hurdles for fencing, barrel hoops, and wattle in "wattle and daub" plasterwork. The use of hazel trees to make sticks is also well known. The characteristics of hardness and elasticity of the wood make it particularly suitable both to produce walking

and fighting sticks [176]; in Italy, the stems of hazel plants (wild or cultivated) were used to make mountain sticks and shepherd's sticks. The poet Gabriele d'Annunzio in one of his poems ("I pastori", *Alcyone*, Milano, Treves ed., 1903) speaking about the shepherds going from mountains to the seacoast pastures in Abruzzo, recited as follows: "*Rinnovato hanno verga d'avellano...*" (they have renewed a stick made by hazel tree...). In the past, according to traditional knowledge, sticks were often made from hazel plants, not only for the peculiar technical characteristics of the wood (i.e., elasticity, lightness, softness to be easily worked, and resistant enough), and for its wide availability. In addition, there were some popular beliefs that consider hazel tree sticks to have the capacity of driving away snakes, and branches were used by wizards to summon dead people or by dowsers to locate the presence of water (Cianfaglione, personal observations from Italy, France, Poland, Germany, Czech Republic and Romania) [177].

Since a few years, hazel wood has been re-evaluated, even as fuel. Specifically, a high lignin content makes it suitable for thermo-chemical processes. In a study carried out in Italy, Monarca *et al.* [178] discovered that the highest quantity of hazel pruning biomass is obtained from 21 to 30 years old plants, and that the high percentage of carbon contained (compared to hydrogen and nitrogen), which makes it similar to hazelnut shells, increases their energy value.

Proto *et al.* [179] assert that the gasification process, for instance, is used to obtain a mixture of gases called "syngas" for heating and power production purposes. According to Abenavoli *et al.* [180], syngas can result from biochar, which is another precious by-product exploitable from hazel pruning material. Obtained from the pyrolysis of different types of biomass, biochar is an organic material, which can be used both as a source of energy and as an organic soil fertilizer [181]. The usage of biochar in the agricultural sector prevents the crop residues burning, and it represents a valid substitute of ashes [182]. Despite the positive role that biochar appears to have on soil fertility [183], attention must be paid in its use, because in some cases negative effects on soil and agricultural productivity are possible [184].

Although, in terms of sustainability, burning crops residues is not beneficial, the farmers' reasons related to this kind of processing could be not neglected, as it could be justified when referring to economic reasons, and soil high clay content or pathogens control. Small fires, very much limited both in space and time, held by non-commercial producers and related to traditional cultivation practices, cannot be compared to the effects caused by the frequent fires deriving from extensive/intensive productions (in terms of intensity, negative consequences, ethics, and risks), nor to the effects caused by burning plants proliferation, including biomass power plants. In Table 5 (Ref. [49,106–120,126–129,133,134,136,137,139,140,

**Table 5. Possible uses of the hazel plant and its by-products.**

Part of the plant	Product	Reference
Whole plant	Soil protection	[106–111]
	Truffles	[112–117]
	Ornamental value	[118–120]
Shell	Activated carbon	[126]
	Probiotics	[127]
	Packaging	[128,129]
	Cosmetic, pharmaceutical and food products	[133,134,140,142,143]
	Thermal insulating material	[137]
	Biomass for energy production	[154,155,157]
Skin	Roasted skin extracts	[136,139]
	Phenolic compounds	[162,164,166]
Husks	Biofuels and biogas	[153]
	Insulating material	[172]
	Medium density panels	[173]
Leaves	Astringent, vaso-protective and anti-oedema infusions used in folk medicine;	[175]
	Antioxidant and antimicrobial extracts	
	Phenolic compounds	[140]
	Organic fertilizer	[155]
Prunings	Rural crafts	[49]
	Fighting and walking sticks	[176,177]
	Biochar and syngas	[178–183]

142,143,153–155,157,162,164,166,172,173,175–183]) all the possible uses of the hazel plant and its by-products are shown.

## 7. The hazel plant and its allergies

It is not possible to talk about the hazel, without mentioning the allergies correlated to the plant and its fruits. In fact, both the pollen and fruits may cause allergic reactions that can be, in certain situations, severe.

The most frequent allergies are consequence of hazelnuts and their derivatives (cream, biscuits, snacks, etc.), second, after peanut, causing severe allergic reactions in school-age children (6–12 years) and in preschool children (2–6 years) [185]. Hazelnut's allergy is essentially an IgE mediated allergy, it occurs because the immune system reacts abnormally to the proteins present in this food, producing many IgE antibodies that circulate in the blood. Its manifestations range from oral allergy syndrome, urticaria-angioedema, to generalized allergic reactions and anaphylaxis. The oral allergy syndrome is characterized by itching or burning of the tongue and oral mucosa immediately after eating the food. The urticaria angioedema syndrome is the combination of urticaria with angioedema. Urticaria is characterized by the appearance of pomphi, small edematous, and itchy skin lesions, surrounded by a halo of erythema. Angioedema is characterized by swelling, which may affect the face (lips, eyes, etc.), limbs, or other parts of the body, caused by edema of the dermis. In the most severe cases, those related to generalized reactions and anaphylaxis,

the allergic reaction may be evidenced by symptoms of the respiratory system (rhinitis and/or asthma), of the gastrointestinal system (abdominal pain, vomiting, or diarrhea), and the cardiovascular system (tachycardia, hypotension, shock). The potentially dangerous allergens present in hazelnuts are protein substances identified by the following abbreviations: Cor a 1, Cor a 8, Cor a 9, Cor a 14.

- Cor a 1: is a protein that degrades with heat; therefore, those who are allergic can consume roasted nuts without problems. On the contrary, those who consume the raw fruit can have localized reactions, for instance, hives and itching, but without the risk of a systemic shock.

- Cor a 8: is definitely more insidious. This allergen is a protein that remains stable in the fruits even after being heated and it can be transmitted to other food. It may not trigger a serious localized reaction but can cause serious symptoms such as an asthma attack or a laryngospasm, or vomiting and diarrhoea.

- Cor a 9 and Cor a 14: are stable proteins (which do not degrade to heat and digestion) that, as allergens, can give very serious reactions, especially in children. Children with IgE antibodies directed against nut proteins react rapidly, within minutes or hours, when exposed to these foods [186]. Recently, a new protein called oleosin, which causes allergies especially in children has been discovered in hazelnuts. Researchers isolated it from the oily fraction of the fruit and showed that, for some children, this was the only allergen responsible for their allergic symptoms [187]. This is an important discovery because it will help easily diagnose hazelnut allergy in patients who are negative to cur-

rently available allergy tests, which do not allow identifying allergies to oleosin.

In the spring months, many individuals show allergic reactions to hazel pollen that in that period plants release into the air in large quantities. Pollen allergens are various protein or glycoprotein molecules able to cause the typical symptoms of cold, such as rhinitis and conjunctivitis, and are often associated with oral allergy syndrome. One of the main sources of sensitization is given by profilins, proteins that, however, are denatured by heat and gastric digestion so that the induced allergic reaction is expressed at the level of the respiratory tract [188].

In addition to the allergic reaction produced by the ingestion of hazelnuts and derivatives, or by pollen, attention should be paid to the so-called cross allergies. Cross-allergies are allergic reactions triggered in the same individual by seemingly unrelated causes. They are caused by pollen and foods of plant origin. 70% of people allergic to pollen suffer from cross-reactions with food. Indeed, cross-allergies are caused by similar proteins included in the pollen and vegetal origin food. Behind this, there is an immune response to similar proteins. As an example, Birch pollen allergy and hazelnut allergy is one of the most common cross allergies. Our immune system is not able to distinguish these very similar allergenic molecules but only recognizes them as a risk factor. Thus a cross-allergy is created: a similar immune response to similar proteins.

It is important to note that subjects that suffer a serious allergy to hazelnuts, with possible anaphylactic shock, shall not consume even small quantities of this fruit. Because its traces are frequently present in many confectioned products, allergic people should always check the ingredient list of the product, where it is written if it is possible to find traces of nuts, to avoid the risk of allergic reactions [185].

Finally, it should be underlined that hazelnut allergies are always caused by ingestion or inhalation of protein molecules. All compounds described in this article, which can be extracted from shells and other hazel processing wastes, are of glucosidic or phenolic nature, not proteinic. In addition, they are proposed to be used primarily externally (e.g., cosmetics). Therefore they cannot cause allergic reactions.

## 8. Conclusions

In traditional farming, crops were partly associated with forestry and small livestock purposes. There was no waste to be disposed of because all the by-products were somehow re-used. What was not reusable was recycled as fertilizer and nutriment were returned to the soil. Instead, the actual trend is often that of looking to obtain one main product from crops, and one main function from plants. In the agri-food chain context, the modern crop system is hyperspecialized (extensive monoculture) resulting in wasteful and far from applying more durable/sustainable

processes. On the other hand, modern circular economies aim at using/reusing the crop products and residues as much as possible, processing wastes to increase the crop economical sustainability (value), and promoting, at the same time, a better environmental durability/sustainability of crop processes. The cultivation of hazelnut represents a typical example of an agroforestry system, which could be largely sustainable, representing an excellent case study. Indeed, the worldwide increase in hazel cultivations has caused a significant increase in waste production that requires the development of strategies and technologies to convert crop wastes into new functional products for farming operations, or useful for the market. Currently, these wastes are entirely channelled as fuel material, but as discussed in this review, they can find other outlets, even more fruitful.

Obtaining biomass fuel from agricultural waste products is certainly considerably more ethical and more beneficial for the environment, as opposed to when we consider these as waste to be disposed of. This, not only in relation to the atmospheric human impact reduction, to be cost effective for farmers and local communities; it could be useful even to save trees and forests that are increasingly harvested to be used as biomass fuel.

Regarding biofuels, the most advantageous use of hazel plants' by-products is that of obtaining bioethanol (ethanol) from husks, because alcohol is one of the less pollutant carburants concerning direct health hazards. Similarly, an interesting utilization of shell charcoal (biochar) is in relation to activated carbons preparation, mainly for human health purposes. Recently, the demand for natural compounds, in fact, is increasing and Phenolic compounds are very important in terms of their properties for human health solutions. Hazel crop waste products' characteristics could be used as a solution to decrease human impacts (i.e., thermic insulation material, forest restoration, land renaturation, landscaping for biodiversity and wildlife...). Unlike lignin and cellulose, which are obtained from hazelnut shells and other hazel crops by-products (used for biofuels/bio-char purposes), phenolic compounds possess a certain higher value since they can be used for pharmaceutical, cosmetic, and nutraceutical purposes.

It is important to consider these points with a long-term vision to foster new development strategies (looking to the future), and to foster the ecological economic transition (looking to the present), focusing on an ever-greater application (valorisation) of waste products in favour of human health (products and services), and diminishing the human footprint. Agronomic, forestry, economic, and health policies should look more deeply into these details and opportunities. *Corylus avellana* L., as a multifunctional crop, is precious in relation to the multiple functions and obtainable products, promoting more sustainable costs (greater money savings/earnings). Its dual aptitude (agricultural and forestry) makes this species exploitable not only in the agri-food systems in order to achieve food products, but also,

in case of crop abandonment, in forest systems, fostering biological successions thanks to its pioneer behaviour, and facilitating biodiversity (i.e., wildlife, truffles, and other mushrooms).

Integrating solutions with a multipurpose use approach is important, because they can ensure a higher economic sustainability in agriculture and a more durable crop activity for those who are cultivating and processing hazelnuts, eliminating/reducing the problem of the high amount of waste to be disposed by taking advantage of an effective application of the principles of circular economy and a corresponding great environmental benefit. Therefore, the effectiveness of the “green” use of the hazel crop waste as raw material to obtain compounds for different processes introduces a new production chain, which leads to important encouraging economic and environmental consequences at the local and national scale, and especially for hazel growers.

*Corylus avellana* L., as well as other multipurpose plants, represents a wealth of possible wide resources. Exploiting these plants’ uses and new possibilities means to look for new agricultural and environmental opportunities, both for an economical and for an environmental reward.

### Author contributions

AA, BS, KC and ADM designed the paper. All the authors equally participated in the manuscript writing, discussions and improvements. KC coordinated the team and directed the activities of this paper. All the authors read and approved the final version of the manuscript.

### Ethics approval and consent to participate

Not applicable.

### Acknowledgment

We would like to thank Shaden Attia, Teaching Assistant in Applied Linguistics, Faculty of Education, University of Ontario, Canada, for her support in the final reading, checking the English language.

### Funding

This research received no external funding.

### Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest. KC is serving as one of the Editorial Board members of this journal. We declare that KC had no involvement in the peer review of this article and has no access to information regarding its peer review. Full responsibility for the editorial process for this article was delegated to MI.

### References

[1] Sariatli F. Linear economy versus circular economy: a comparative and analyzer study for optimization of economy for sustain-

ability. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*. 2017; 6: 31–34.

- [2] Turner A. Black plastics: linear and circular economies, hazardous additives and marine pollution. *Environment International*. 2018; 117: 308–318.
- [3] Georgescu-Roegen N. *Bioeconomia*. Bollati Boringhieri: Torino. 2003. (In Italian)
- [4] Mayumi K, Georgescu-Roegen N. An admirable epistemologist. *Structural Change and Economic Dynamics*. 1995; 6: 261–265.
- [5] Costanza R, Daly HE. Towards an ecological economics. *Ecological Modelling*. 1987; 38: 1–7.
- [6] Costanza R. What is ecological economics? *Ecological Economics*. 1989; 1: 1–7.
- [7] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. *Innovating for sustainable growth: a bioeconomy for Europe*, Publications Office. 2012
- [8] Rustomjee C. Financing the blue economy in small states. *CIGI Policy Brief*. 2016; 78.
- [9] Hamam M, Chinnici G, Di Vita G, Pappalardo G, Pecorino B, Maesano G, *et al*. Circular economy models in agro-food systems: a review. *Sustainability*. 2021; 13: 3453.
- [10] Ellen MacArthur Foundation. *Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. 2013.
- [11] Zuin VG, Ramin LZ. Green and sustainable separation of natural products from agro-industrial waste: challenges, potentialities, and perspectives on emerging approaches. *Topics in Current Chemistry (Cham)*. 2018; 376: 3.
- [12] Sachidhanandham A. Textiles from orange peel waste. *Science and Technology Development Journal*. 2020; 23: 508–516.
- [13] Pezet R, Cuenat P. Resveratrol in wine: extraction from skin during fermentation and post-fermentation standing of must from gamay grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*. 1996; 47: 287–290.
- [14] Pagano C, Marinozzi M, Baiocchi C, Beccari T, Calarco P, Ceccarini MR, *et al*. Bioadhesive polymeric films based on red onion skins extract for wound treatment: an innovative and eco-friendly formulation. *Molecules*. 2020; 25: 318.
- [15] Pagano C, Perioli L, Baiocchi C, Bartocchini A, Beccari T, Blasi F, *et al*. Preparation and characterization of polymeric microparticles loaded with *Moringa oleifera* leaf extract for exuding wound treatment. *International Journal of Pharmaceutics*. 2020; 587: 119700.
- [16] Chung T. Toxic blaze: the true cost of crop burning. 2021. Available at: <https://www.unep.org/news-and-stories/story/toxic-blaze-true-cost-crop-burning> (Accessed: 16 August 2021).
- [17] Corrieri U. Le biomasse legnose non sono vere energie rinnovabili e il loro uso causa gravi effetti sulla salute. *Epidemiologia e Prevenzione*. 2019; 43: 300–304. (In Italian)
- [18] Turner MC, Andersen ZJ, Baccarelli A, Diver WR, Gapstur SM, Pope CA, *et al*. Outdoor air pollution and cancer: an overview of the current evidence and public health recommendations. *CA: a Cancer Journal for Clinicians*. 2020; 70: 460–479.
- [19] Schraufnagel DE, Balmes JR, Cowl CT, De Matteis S, Jung S, Mortimer K, *et al*. Air pollution and noncommunicable diseases: a review by the forum of international respiratory societies’ environmental committee, part 2: air pollution and organ systems. *Chest*. 2019; 155: 417–426.
- [20] Gomiero T, Paoletti MG, Pimentel D. Biofuels: Efficiency, ethics, and limits to human appropriation of ecosystem services. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 2010; 23: 403–434.
- [21] Gomiero T. Are biofuels an effective and viable energy strategy for industrialized societies? a reasoned overview of potentials and limits. *Sustainability*. 2015; 7: 8491–8521.
- [22] Freiberg A, Scharfe J, Murta VC, Seidler A. The use of biomass for electricity generation: a scoping review of health effects on

- humans in residential and occupational settings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15: 354.
- [23] Sigsgaard T, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Blomberg A, Bølling A, Boman C, *et al.* Health impacts of anthropogenic biomass burning in the developed world. *The European Respiratory Journal*. 2015; 46: 1577–1588.
- [24] Guillard V, Gaucel S, Fornaciari C, Angellier-Coussy H, Buche P, Gontard N. The next generation of sustainable food packaging to preserve our environment in a circular economy context. *Frontiers in Nutrition*. 2018; 5: 121.
- [25] Zinnanti C, Schimmenti E, Borsellino V, Paolini G, Severini S. Economic performance and risk of farming systems specialized in perennial crops: an analysis of Italian hazelnut production. *Agricultural Systems*. 2019; 176: 102645.
- [26] Coppola G, Costantini M, Orsi L, Facchinetti D, Santoro F, Pessina D, *et al.* A comparative cost-benefit analysis of conventional and organic hazelnuts production systems in center Italy. *Agriculture*. 2020; 10: 409.
- [27] Granata MU, Bracco F, Catoni R. Carbon dioxide sequestration capability of hazelnut orchards: daily and seasonal trends. *Energy, Ecology and Environment*. 2020; 5: 153–160.
- [28] Nera E, Paas W, Reidsma P, Paolini G, Antonioli F, Severini S. Assessing the resilience and sustainability of a hazelnut farming system in central Italy with a participatory approach. *Sustainability*. 2020; 12: 343.
- [29] Escobar N, Laibach N. Sustainability check for bio-based technologies: a review of process-based and life cycle approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021; 135: 110213.
- [30] Pinales-Márquez CD, Rodríguez-Jasso RM, Araújo RG, *et al.* Circular bioeconomy and integrated biorefinery in the production of xylooligosaccharides from lignocellulosic biomass: A review. *Industrial Crops and Products*. 2021; 162: 113274.
- [31] MEA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and human well-being synthesis*. Island Press: Washington. 2005.
- [32] Klein A, Bockhorn O, Mayer K, Grabner M. Central European wood species: characterization using old knowledge. *Journal of Wood Science*. 2016; 62: 194–202.
- [33] Persano Oddo L, Piana ML, Ricciardelli D'Albore G. I mieli regionali italiani: Caratterizzazione melissopalinoologica. MIPAF: Rome. 2007. (In Italian).
- [34] Pausas J, Bladé, C, Valdecantos A, Seva J P, Fuentes D, Alloza J A *et al.* Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice - a review. *Plant Ecology*. 2004; 171: 209–220.
- [35] Correia AC, Galla A, Nunes A, Pereira J S. Ecological interactions between cork oak (*Quercus suber* L.) and stone pine (*Pinus pinea* L.): results from a plot experiment. *Forests*. 2018; 9: 534.
- [36] Savoie JM, Largeteau ML. Production of edible mushrooms in forests: trends in development of a mycosilviculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011; 89: 971–979.
- [37] Bankova V, Popova M, Trusheva B. Plant sources of propolis: an update from a chemist's point of view. *Natural Product Communications*. 2006; 1: 1023–1028.
- [38] Frattaroli AR, Ciabò S, Pirone G, Spera DM, Marucci A, Romano B. The disappearance of traditional agricultural landscapes in the Mediterranean basin. The case of almond orchards in Central Italy. *Plant Sociology*. 2014; 51: 3–15.
- [39] Peintner U, Iotti M, Klotz P, Bonuso E, Zambonelli A. Soil fungal communities in a *Castanea sativa* (chestnut) forest producing large quantities of *Boletus edulis* sensu lato (porcini): where is the mycelium of porcini? *Environmental Microbiology*. 2007; 9: 880–889.
- [40] Batlle I, Tous J. Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. International Plant Genetic Resources Institute: Rome, Italy. 1997.
- [41] El Batal H, Hasib A, Dehbi F, Zaki N, Ouattmane A, Boulli A. Assessment of nutritional composition of Carob pulp (*Ceratonia Siliqua* L.) collected from various locations in Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*. 2016; 7: 3278–3285.
- [42] Govorčin S, Sinković T, Sedlar T. Dimensional stability of olive (*Olea europaea* L.) and teak (*Tectona grandis* L.). *Drvna Industrija*. 2010; 61: 169–173.
- [43] Barbera G, Inglese P, La Mantia T. La tutela e la valorizzazione del paesaggio culturale dei sistemi tradizionali dell'olivo in Italia, Convegno Europeo Il futuro dei sistemi olivicoli in aree marginali: aspetti socio-economici, gestione delle risorse naturali e produzioni di qualità. Matera, 12-13 ottobre 2004. *Conference Proceedings: Matera*. 2005; 59–76 (In Italian).
- [44] Schicchi R, Speciale C, Amato F, Bazan G, Di Noto G, Marino P, *et al.* The monumental olive trees as biocultural heritage of mediterranean landscapes: the case study of Sicily. *Sustainability*. 2021; 13: 6767.
- [45] Allegrini A. *Specie multiuso e restauro del paesaggio agroforestale*. Tesi di Laurea Magistrale in Scienze Agrarie e Ambientali. Università degli Studi della Tuscia: Viterbo, Italia. 2015. (In Italian).
- [46] Holstein N, Tamer S, Weigend M. The nutty world of hazel names - a critical taxonomic checklist of the genus *Corylus* L. (Betulaceae). *European Journal of Taxonomy*. 2018; 409.
- [47] Mayer RH, Aksoy H. Wälder der Türkei. *Folia geobot. Phytotax*. 1986; 23: 78. (In German)
- [48] Browicz K, Zielinski J. *Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions*. Vol. I. Polish Scientific Publishers: Warszawa, Poznan. 1982.
- [49] Enescu CM, Houston Durrant T, De Rigo D, Caudullo G. *Corylus avellana* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*. 2016; 86–87.
- [50] Giacomini V, Fenaroli L. *La flora. Conosci l'Italia*. vol. 2. Touring Club Italiano: Milano. 1958. (In Italian).
- [51] Marchesoni V. Storia climatico-forestale dell'Appennino umbro-marchigiano. *Annali di Botanica*. 1957; 25: 459–497. (In Italian).
- [52] Marchesoni V. Importanza del Pino nero, dell'Abete, del Tasso e dell'Agrifoglio nella storia climatico forestale dell'Appennino Umbro-marchigiano. *Monti e boschi*. 1958; 10: 535–540. (In Italian).
- [53] Cheddadi R, de Beaulieu J, Jouzel J, Andrieu-Ponel V, Laurent J, Reille M, *et al.* Similarity of vegetation dynamics during interglacial periods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005; 102: 13939–13943.
- [54] Paganelli A. Histoire paleobotanique. In *Guide-Itinéraire Excursion Internat. Phytosoc. Italie Centrale* (ed. Pedrotti F). 1982; 39–74. (In French).
- [55] Roesch M. Evaluation of honey residues from Iron Age hill-top sites in southwestern Germany: implications for local and regional land use and vegetation dynamics. *Vegetation History and Archaeobotany*. 1999; 8: 105–112.
- [56] Feurdean A, Willis KJ, Parr CL, Tanțău I, Fărcaș S. Post-glacial patterns in vegetation dynamics in Romania: homogenization or differentiation? *Journal of Biogeography*. 2010; 37: 2197–2208.
- [57] Bégeot C. Le comportement pollinique du Noisetier (*Corylus avellana*), son rôle comme indicateur d'impacts anthropiques? L'exemple d'un transect dans le sud du Jura. *Acta Botanica Gallica*. 1998; 145: 271–279. (In French)
- [58] Botta R, Valentini N. *Il nocciolo. Progettazione e coltivazione del corileto*. Edagricole-New Business Media. 2018. (In Italian)
- [59] Pignatti S. I piani di vegetazione in Italia. *Giornale Botanico Italiano*. 1979; 113: 411–428. (In Italian)
- [60] Gellini R, Grossoni P. *Botanica forestale-II. Angiosperme*. Edizione Cedam Milano. 1997; 135–139. (In Italian)

- [61] Cianfaglione K, Pedrotti F. The vegetation of the Pie' Vettore debris (Sibillini mountains, Central Italy). Vegetation structure and function at multiple spatial, temporal and conceptual scales. 2016; 36: 363–374.
- [62] Golub VB, Kuzmina EG. The communities of cl. *Quercus Fagetea* BR.-BL. & Vliegier in Vliegier 1937 of the Lower Volga Valley. Feddes Repertorium. 1997; 108: 205–218.
- [63] Rivas-Martinez S, Costa M. Datos sobre la vegetación y el bioclima del Valle de Arán. Acta Botanica Barcinonensia. 1998; 45: 473–499. (In Spanish)
- [64] Ballelli S, Biondi E, Pedrotti F. Un'associazione a *Corylus avellana* e *Carpinus betulus* nell'Appennino Umbro-Marchigiano. Not. Fitosoc. 1980; 16: 47–52. (In Italian)
- [65] Liang WJ, Dong DF, Wang GX, Dong FX, Liang LS, Ma QH. Progresses on the hazelnut cross breeding of *Corylus heterophylla* Fisch. x *Corylus avellana* L. In China. Acta Horticulturae. 2012; 940: 31.
- [66] Malusà E. Interspecific relationships among *Corylus* species. Acta Horticulturae. 1994; 351: 335–340.
- [67] Bhattarai G, Mehlenbacher SA, Smith DC. Eastern filbert blight disease resistance from *Corylus americana* 'Rush' and selection 'Yoder #5' maps to linkage group 7. Tree Genetics & Genomes. 2017; 13: 45.
- [68] Boccacci P, Botta R. Investigating the origin of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars using chloroplast microsatellites. Genetic Resources and Crop Evolution. 2009; 56: 851–859.
- [69] Me G, Valentini N. La corilicoltura in Italia e nel mondo. Petria. 2006; 16: 7–18. (In Italian)
- [70] Food and Agriculture Organisation. Faostat. 2021: Available at <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. (Accessed: 30 December 2021).
- [71] Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali. Circonferenze minime indicative per il criterio dimensionale. 2020. Available at: <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/e%252F7%252F4%252F4.D.be27384a71c33eaf6c06/P/BLOB%3AID%3D11272/E/pdf>. (Accessed: 30 December 2021).
- [72] Cianfaglione K. Alberi monumentali: importanza, gestione, prospettive e nuove segnalazioni. In: Cianfaglione K. L'importanza degli alberi e del bosco. Cultura, scienza e coscienza del territorio. I: 319–371. Temi: Trento. 2014 (In Italian).
- [73] Linnaeus C. Species Plantarum. Exhibentes plantas rite cognitae, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas. Imprensus Laurentius Salvius: Stockholm. 1753.
- [74] Fuchs L. De Historia Stirpinum Commentarii Insignes. Officina Isingriniana: Basilea. 1542.
- [75] Mitchell AF. The Trees of Britain and Northern Europe. Collins Publications: Glasgow. 1982.
- [76] La nocciola in Italia e nel mondo. 2007. Available at: <https://agronotizie.imagelinetwork.com/vivaismo-e-sementi/2007/09/21/la-nocciola-in-italia-e-nelmondo/4138> (In Italian) (Accessed: 21 September 2021).
- [77] Franco S, Pancino B, Cristofori V. Hazelnut production and local development in Italy. Acta Horticulturae. 2014; 1052: 48.
- [78] Pellegrini N, Serafini M, Salvatore S, Del Rio D, Bianchi M, Brighenti F. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. Molecular Nutrition & Food Research. 2006; 50: 1030–1038.
- [79] Bertolino M, Belviso S, Dal Bello B, Ghirardello D, Giordano M, Rolle L, et al. Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. LWT - Food Science and Technology. 2015; 63: 1145–1154.
- [80] Cravotto G, Mariatti F, Gunjevic V, Secondo M, Villa M, Parolin J, et al. Pilot scale cavitation reactors and other enabling technologies to design the industrial recovery of polyphenols from agro-food by-products, a technical and economical overview. Foods. 2018; 7.
- [81] Ozyurt VH, Otlas S. Hazelnut testa as a by-product: Nutritional composition, antioxidant activity, phenolic compound profile and dietary fiber content. Journal of Faculty of Pharmacy of Ankara University. 2018; 42: 38–57.
- [82] Saricaoglu FT, Gul O, Besir A, Atalar I. Effect of high pressure homogenization (HPH) on functional and rheological properties of hazelnut meal proteins obtained from hazelnut oil industry by-products. Journal of Food Engineering. 2018; 233: 98–108.
- [83] Angelica Vazquez-Flores A, Alberto Núñez-Gastélum J, Alvarez-Parrilla E, Wall-Medrano A, Rodrigo-García J, Fernando Ayala-Zavala J, et al. By-products of the nut and peanut agro-industry as sources of phytochemicals suitable for the nutraceutical and food industries. plant food by-products. 2018; 201–220.
- [84] Manna L, Bugnone CA, Banchemo M. Valorization of hazelnut, coffee and grape wastes through supercritical fluid extraction of triglycerides and polyphenols. The Journal of Supercritical Fluids. 2015; 104: 204–211.
- [85] Yurttas HC, Schafer HW, Warthesen JJ. Antioxidant activity of nontocopherol hazelnut (*Corylus* spp.) phenolics. Journal of Food Science. 2000; 65: 276–280.
- [86] Maguire LS, O'Sullivan SM, Galvin K, O'Connor TP, O'Brien NM. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 2004; 55: 171–178.
- [87] Delgado T, Malheiro R, Pereira JA, Ramalhosa E. Hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernels as a source of antioxidants and their potential in relation to other nuts. Industrial Crops and Products. 2010; 32: 621–626.
- [88] Nunzio MD. Hazelnuts as source of bioactive compounds and health value underestimated food. Current Research in Nutrition and Food Science Journal. 2019; 7: 17–28.
- [89] Zabarar D. Olive oil adulteration with hazelnut oil and analytical approaches for its detection. Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention. 2010; 881: 441–450.
- [90] Ojeda-Amador RM, Fregapane G, Salvador MD. Chemical characterization of virgin almond and hazelnut oils and their by-products. European Journal of Lipid Science and Technology. 2019; 121: 1900114.
- [91] Monika M, Anna K. Nut oils and their dietetic and cosmetic significance: a review. Journal of Oleo Science. 2019; 68: 111–120.
- [92] Xu YX, Hanna MA, Josiah SJ. Hybrid hazelnut oil characteristics and its potential oleochemical application. Industrial Crops and Products. 2007; 26: 69–76.
- [93] Vicario R. Italian liqueurs. The history and art of a creation. Aboca Edizioni: Sansepolcro, Italy. 2014.
- [94] Aydoğan M, Demiryürek K, Abacı NI. World hazelnut trade networks. Acta Horticulturae. 2018; 1266: 429–436.
- [95] Servadei A, Zangheri S, Masutti L. Entomologia generale ed applicata. CEDAM: Padova. 1972; 320–321. (In Italian).
- [96] Tremblay E. Entomologia applicata. Liguori Editore: Napoli. 2003. (In Italian)
- [97] Delprete C, Sesana R. Mechanical characterization of kernel and shell of hazelnuts: Proposal of an experimental procedure. Journal of Food Engineering. 2014; 124: 28–34.
- [98] Walton VM, Chambers U, Olsen JL. The current status of the newly invasive hazelnut aphid in Oregon hazelnut orchards. Acta Horticulturae. 2009; 845: 479–486.
- [99] Moraglio ST, Bosco L, Tavella L. *Halyomorpha halys* invasion:

a new issue for hazelnut crop in northwestern Italy and western Georgia? *Acta Horticulturae*. 2018; 379–384.















- [100] Yuan B, Lu M, Eskridge KM, Isom LD, Hanna MA. Extraction, identification, and quantification of antioxidant phenolics from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shells. *Food Chemistry*. 2018; 244: 7–15.
- [101] Panzella L, Moccia F, Nasti R, Marzorati S, Verotta L, Napolitano A. Bioactive phenolic compounds from agri-food wastes: an update on green and sustainable extraction methodologies. *Frontiers in nutrition*. 2020; 7: 60.
- [102] La nuova provincia. Rade al suolo un bosco e ci pianta un nocciolo denuncia e multa da 2300 euro. 2019. Available at: <https://lanuovaprovincia.it/cronaca/rade-al-suolo-un-bosco-e-ci-pianta-un-nocciolo-denuncia-e-multa-da2300-euro>. (Accessed: 30 December 2021).
- [103] Lippolis I. Viterbese, I noccioli soffocano la biodiversità. 2015. Available at: <https://www.vglobale.it/2015/10/30/viterbese-i-noccioli-soffocano-la-biodiversita>. (Accessed: 30 December 2021).
- [104] Cronache maceratesi. Noccioli, appello di Italia Nostra: “l’impatto va valutato gli amministratori si facciano sentire”. 2019. <https://www.cronachemaceratesi.it/2019/10/27/noccioli-appello-di-italia-nostra-limpatto-va-valutato-gliamministratori-si-facciano-sentire/1318271>. (Accessed: 30 December 2021).
- [105] Iovene BE. Che nocciola sia - I vivai della regina. Documentary video. Report, Rai - Radiotelevisione Italiana Spa. 2021. Available at: <https://www.rai.it/programmi/report/inchieste/Monoculture-o-Biodiversita-cf1eff13-9494-4931-9918-8655fc1b92eb.html>. (Accessed: 30 December 2021).
- [106] Manuale di ingegneria naturalistica sistemazione dei versanti-Regione Lazio, 2006-Assessorato all’Ambiente e Cooperazione tra i popoli Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i popoli: 2006; 3: 866. (In Italian).
- [107] Tammaro F. Manuale per il recupero ambientale con tecniche di Ingegneria Naturalistica dei detrittori della Regione Abruzzo. Regione Abruzzo: 1998. (In Italian).
- [108] Bernetti G. Selvicoltura speciale. UTET: Torino. 1995. (In Italian).
- [109] Derouin S. Nuts about agroforestry: can hazelnuts transform midwest farming? 2021. Available at: <https://news.mongabay.com/2021/04/nuts-about-agroforestry-in-the-u-s-midwest-can-hazelnuts-transform-farming/>. (Accessed: 28 April 2021).
- [110] Bischetti G B, Chiaradia E A, Simonato T, Speziali B, Vitali B, Vullo P, *et al*. Root strength and root area ratio of forest species in Lombardy (Northern Italy). In Stokes A, Spanos I, Norris JE, Cammeraat E (eds.) *Eco-and ground bio-engineering: the use of vegetation to improve slope stability* (pp. 31–41). *Developments in Plant and Soil Sciences*. 2007.
- [111] Schirone B. La gestione delle aree prossime alle linee elettriche ad alta e altissima tensione. La modellizzazione della gestione forestale. Rapporto. Terna-WWF Italia. 2016. (In Italian).
- [112] Bocquet M. Boutures de noisetiers “en vert” inoculées avec Mycelium truffier”. *Bulletin de la Société d’Histoire Naturelle de Savoie*. 1973; 42: 11–16. (In French)
- [113] Olivier JM, Mamoun M. Compétition entre symbiotes sur jeunes noisetiers truffiers. *Acta Botanica Gallica*. 1994; 141: 559–563. (In French)
- [114] Pargney J, Leduc J. Etude ultrastructurale de l’association mycorhizienne Noisetier/Truffe (*Corylus avellana*/ *Tuber melanosporum*). *Bulletin De La Société Botanique De France. Lettres Botaniques*. 1990; 137: 21–34.
- [115] Santelices R, Palfner G. Controlled rhizogenesis and mycorrhization of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cuttings with black truffle (*Tuber melanosporum* Vitt.). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2010; 70: 204–212.
- [116] Roversi A. Coltivare il nocciolo. Impianto e gestione del corileto da reddito. *L’Informatore Agrario: Verona*. 2020; 144. (In Italian).
- [117] Fischer C, Oliach D, Bonet L, José A. Best practices for cultivation of truffles. *Forest Sciences Centre of Catalonia and Yaşama Dair Vakıf*. 2017.
- [118] Hinkamp D. Filberts-nutty trees, shrubs and trubs. *Garden Notes*: 1999; 14.
- [119] Molnar TJ. *Corylus*. Wild crop relatives: genomic and breeding resources: forest trees. In: Kole C, ed. *Springer Berlin Heidelberg*. 2011; 15–48.
- [120] Mehlenbacher SA, Smith DC, McCluskey RL. ‘Burgundy lace’ ornamental hazelnut. *Horticultural Science*. 2018; 53: 387–390.
- [121] Shahidi F, Alasalvar C, Liyana-Pathirana CM. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007; 55: 1212–1220.
- [122] Contini M, Frangipane MT, Massantini R. Chapter 72 - Antioxidants in hazelnuts (*Corylus avellana* L.). In Preedy VR, Watson RR (eds.) *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 611–625). Academic Press: London. 2011.
- [123] Xu Y, Sismour EN, Parry J, Hanna MA, Li H. Nutritional composition and antioxidant activity in hazelnut shells from US-grown cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*. 2012; 47: 940–946.
- [124] Wani IA, Ayoub A, Bhat NA, Dar AH, Gull A. Hazelnut BT. In Nayik GA, Gull A (eds.) *Antioxidants in vegetables and nuts - properties and health benefits*. Springer: Singapore. 2020; 559–572.
- [125] Romaní A, Rocha CMR, Michelin M, Domingues L, Teixeira JA. Valorization of lignocellulosic-based wastes. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. 2020; 383–410.
- [126] Lewicka K. Activated carbons prepared from hazelnut shells, walnut shells and peanut shells for high CO<sub>2</sub> adsorption. *Polish Journal of Chemical Technology*. 2017; 19: 38–43.
- [127] Fuso A, Riso D, Rosso G, Rosso F, Manini F, Manera I, Caligiani A. Potential valorization of hazelnut shells through extraction, purification and structural characterization of prebiotic compounds: a critical review. *Foods*. 2021; 10: 1197.
- [128] Pérez-Armada L, Rivas S, González B, Moure A. Extraction of phenolic compounds from hazelnut shells by green processes. *Journal of Food Engineering*. 2019; 255: 1–8.
- [129] Balart JF, García-Sanoguera D, Balart R, Boronat T, Sánchez-Nacher L. Manufacturing and properties of biobased thermoplastic composites from poly(lactid acid) and hazelnut shell wastes. *Polymer Composites*. 2018; 39: 848–857.
- [130] Contini M, Baccelloni S, Massantini R, Anelli G. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature. *Food Chemistry*. 2008; 110: 659–669.
- [131] Pelvan E, Olgun EÖ, Karadağ A, Alasalvar C. Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tömbül hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin). *Food Chemistry*. 2018; 244: 102–108.
- [132] Durmaz G, Gökmen V. Effect of refining on bioactive composition and oxidative stability of hazelnut oil. *Food Research International*. 2019; 116: 586–591.
- [133] Rusu ME, Fizeşan I, Pop A, Gheldiu A, Mocan A, Crişan G, *et al*. Enhanced recovery of antioxidant compounds from hazelnut (*Corylus avellana* L.) involucre based on extraction optimization: phytochemical profile and biological activities. *Antioxidants*. 2019; 8: 460.
- [134] Routray W, Orsat V. Agricultural and food industry by-products: source of bioactive components for functional beverages. *Nutrients in Beverages*. 2019; 543–589.

- [135] Herrera R, Hemming J, Smeds A, Gordobil O, Willför S, Labidi J. Recovery of bioactive compounds from hazelnuts and walnuts shells: quantitative-qualitative analysis and chromatographic purification. *Biomolecules*. 2020; 10: 1363.
- [136] Tunçil YE. Dietary fibre profiles of Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) and hazelnut skin. *Food Chemistry*. 2020; 316: 126338.
- [137] Albuquerque BR, Heleno SA, Oliveira MBPP, Barros L, Ferreira ICFR. Phenolic compounds: current industrial applications, limitations and future challenges. *Food & Function*. 2021; 12: 14–29.
- [138] Kocaman S, Ahmetli G. Effects of various methods of chemical modification of lignocellulose hazelnut shell waste on a newly synthesized bio-based epoxy composite. *Journal of Polymers and the Environment*. 2020; 28: 1190–1203.
- [139] Bottone A, Cerulli A, D'Urso G, Masullo M, Montoro P, Napolitano A, *et al.* Plant specialized metabolites in hazelnut (*Corylus avellana*) kernel and byproducts: an update on chemistry, biological activity, and analytical aspects. *Planta Medica*. 2019; 85: 840–855.
- [140] Ramalhosa E, Delgado T, Estevinho L, Pereira JA. Hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars and antimicrobial activity. In Preedy V, Watson R (eds.) *Nuts and seeds in health and disease prevention* (pp. 627–636). 1st edn. Academic Press: Cambridge Massachusetts. 2011.
- [141] Di Michele A, Pagano C, Allegrini A, Blasi F, Cossignani L, Raimo ED, *et al.* Hazelnut shells as source of active ingredients: extracts preparation and characterization. *Molecules*. 2021; 26: 6607.
- [142] Esposito T, Sansone F, Franceschelli S, Del Gaudio P, Picerno P, Aquino RP, Mencherini T. Hazelnut (*Corylus avellana* L.) shells extract: phenolic composition, antioxidant effect and cytotoxic activity on human cancer cell lines. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017; 18: 392.
- [143] Abbaszadeh H, Keikhaei B, Mottaghi S. A review of molecular mechanisms involved in anticancer and antiangiogenic effects of natural polyphenolic compounds. *Phytotherapy Research*. 2019; 33: 2002–2014.
- [144] Oyenihni AB, Smith C. Are polyphenol antioxidants at the root of medicinal plant anti-cancer success? *Journal of Ethnopharmacology*. 2019; 229: 54–72.
- [145] Kumar S, Kushwaha R, Verma ML. Recovery and utilization of bioactives from food processing waste. *Biotechnological Production of Bioactive Compounds*. 2020; 52: 37–68.
- [146] Riddle JM. *Discorides on pharmacy and medicine*. 1st edn. University of Texas Press: Austin, Texas. 1986.
- [147] Durazzo A, Lucarini M, Souto EB, Cicala C, Caiazza E, Izzo AA, *et al.* Polyphenols: a concise overview on the chemistry, occurrence, and human health. *Phytotherapy Research*. 2019; 33: 2221–2243.
- [148] Derosa G, Maffioli P, D'Angelo A, Di Pierro F. A role for quercetin in coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Phytotherapy Research*. 2021; 35: 1230–1236.
- [149] Stévigny C, Rolle L, Valentini N, Zeppa G. Optimization of extraction of phenolic content from hazelnut shell using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007; 87: 2817–2822.
- [150] Ciurlia L, Bleve M, Rescio L. Supercritical carbon dioxide co-extraction of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* L.) and hazelnuts (*Corylus avellana* L.): A new procedure in obtaining a source of natural lycopene. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2009; 49: 338–344.
- [151] Odabaş H İ, Koca I. Application of response surface methodology for optimizing the recovery of phenolic compounds from hazelnut skin using different extraction methods. *Industrial Crops and Products*. 2016; 91:114–124.
- [152] Çöpür Y, Güler C, Akgül M, Taşçıoğlu C. Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment*. 2007; 42: 2568–2572.
- [153] Guney M S. Effective utilization and physical conversion of biomass, and some properties of hazelnut husk. *Journal of Engineering Research and Applied Science*. 2019; 8: 1185–1189.
- [154] Hebda T, Brzychczyk B, Francik S, Pedryc N. Evaluation of suitability of hazelnut shell energy for production of biofuels. *Engineering for Rural Development*. 2018; 5: 23–25.
- [155] Sullivan GT, Ozman-Sullivan SK, Akbasli O, Sahin M. A tribute to the hazelnut plant (*Corylus* spp.). The multiple uses of nature's magnificent gifts. *Acta Hort.* 2014; 1052: 51.
- [156] Rukavina H, Furlan M, Vounatsos KEMNP, Bau L, Francescato V, Almeida T, *et al.* Developing the sustainable market of residential Mediterranean solid biofuels. 2017. Available at: [http://biomasudplus.eu/wp-content/uploads/2017/09/D2.1-Market\\_report\\_Consolidated-6.pdf](http://biomasudplus.eu/wp-content/uploads/2017/09/D2.1-Market_report_Consolidated-6.pdf). (Accessed: 30 December 2021).
- [157] Midilli A, Dogru M, Howarth C R, Ayhan T. Hydrogen production from hazelnut shell by applying airblown downdraft gasification technique. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2001; 26: 29–37.
- [158] Dogru M, Howarth CR, Akay G, Keskinler B, Malik AA. Gasification of hazelnut shells in a downdraft gasifier. *Energy*. 2002; 27: 415–427.
- [159] Montenegro Camacho YS, Bensaid S, Ruggeri B, Restuccia L, Ferro G, Mancini G, *et al.* Valorisation of by-products/waste of agro-food industry by the pyrolysis process. *Journal of Advanced Catalysis Science and Technology*. 2016; 3.
- [160] Xu S, Ou C, Chen Y, Xiao H, Fu C, Lu W, *et al.* Study on the pyrolysis characteristics of walnut processing by-products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 508: 012126.
- [161] Lui J, Chen WH, Tsang DCW, You S. A critical review on the principles, applications, and challenges of waste-to-hydrogen technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020; 134: 110365.
- [162] Ivanović S, Avramović N, Dojčinović B, Trifunović S, Novaković M, Tešević V, *et al.* Chemical composition, total phenols and flavonoids contents and antioxidant activity as nutritive potential of roasted hazelnut skins (*Corylus avellana* L.). *Foods*. 2020; 9: 430.
- [163] Locatelli M, Travaglia F, Coisson JD, Martelli A, Stévigny C, Arlorio M. Total antioxidant activity of hazelnut skin (Nocciola Piemonte PGI): impact of different roasting conditions. *Food Chemistry*. 2010; 119: 1647–1655.
- [164] Özdemir KS, Yılmaz C, Durmaz G, Gökmen V. Hazelnut skin powder: a new brown colored functional ingredient. *Food Research International*. 2014; 65: 291–297.
- [165] Contini M, Baccelloni S, Massantini R, Anelli G, Manzi L, Merendino N. In vitro and in vivo antioxidant potential of phenolic extracts obtained from hazelnut skin by-products. *Acta Horticulturae*. 2009; 717–722.
- [166] Del Rio D, Calani L, Dall'Asta M, Brighenti F. Polyphenolic composition of hazelnut skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011; 59: 9935–9941.
- [167] Spagnuolo L, Della Posta S, Fanali C, Dugo L, De Gara L. Antioxidant and antiglycation effects of polyphenol compounds extracted from hazelnut skin on advanced glycation end-products (AGEs) formation. *Antioxidants*. 2021; 10: 424.
- [168] Montella R, Coisson JD, Travaglia F, Locatelli M, Malfa P, Martelli A, *et al.* Bioactive compounds from hazelnut skin (*Corylus avellana* L.): Effects on *Lactobacillus plantarum* P17630 and *Lactobacillus crispatus* P17631. *Journal of Functional Foods*. 2013; 5: 306–315.
- [169] Renna M, Lussiana C, Malfatto V, Gerbelle M, Turille G, Men-

- dana C, *et al.* Evaluating the suitability of hazelnut skin as a feed ingredient in the diet of dairy cows. *Animals*. 2020; 10: 1653.
- [170] Çikrikci S, Demirkesen I, Mert B. Production of hazelnut skin fibres and utilisation in a model bakery product. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*. 2016; 8: 195–206.
- [171] Cabo S, Aires A, Carvalho R, Pascual-Seva N, Silva AP, Gonçalves B. *Corylus avellana* L. husks an underutilized waste but a valuable source of polyphenols. *Waste and Biomass Valorization*. 2021; 12: 3629–3644.
- [172] Zieleniewska M, Szczepkowski L, Krzyzowska M, Leszczynski MK, Ryszkowska J. Rigid polyurethane foam composites with vegetable filler for application in the cosmetics industry. *Polimery*. 2021; 61: 807–814.
- [173] Çöpür Y, Güler C, Taşoğlu C, Tozluoğlu A. Incorporation of hazelnut shell and husk in MDF production. *Bioresource Technology*. 2008; 99: 7402–7406.
- [174] Çöpür Y, Tozluoglu A, Özkan M. Evaluating pretreatment techniques for converting hazelnut husks to bioethanol. *Bioresource Technology*. 2013; 129: 182–190.
- [175] Oliveira I, Sousa A, Valentão P, Andrade PB, Ferreira ICFR, Ferreres F, *et al.* Hazel (*Corylus avellana* L.) leaves as source of antimicrobial and antioxidative compounds. *Food Chemistry*. 2007; 105: 1018–1025.
- [176] Walking sticks. A guide to wooden walk sticks. 2018. Available at: <https://www.walkingsticks.co.uk/blog/a-guide-to-wooden-walking-sticks.html>. (Accessed: 30 December 2021).
- [177] Borland S. Tremendous trees – hazel. 2015. Available at: <http://www.highlandtitles.com/blog/tremendous-trees-hazel/> (Accessed: 17 September 2015).
- [178] Monarca D, Cecchini M, Colantoni A, Di Giacinto S, Marucci A, Longo L. Assessment of the energetic potential by hazelnuts pruning in Viterbo's area. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013; 44: 591–594.
- [179] Proto AR, Longo L, Gambella F, Zimbalatti G, Macrì G, Gallucci F, *et al.* Energetic characteristics of syngas obtained from gasification of hazelnut prunings. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2016; 223: 835–840.
- [180] Abenavoli LM, Longo L, Proto AR, Gallucci F, Ghignoli A, Zimbalatti G, *et al.* Characterization of biochar obtained from olive and hazelnut prunings and comparison with the standards of european biochar certificate (E.B.C.). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2015; 223: 698–705.
- [181] Kalus K, Koziel JA, Opaliński S. A review of biochar properties and their utilization in crop agriculture and livestock production. *Applied Sciences*. 2019; 9: 3494.
- [182] Reed EY, Chadwick DR, Hill PW, Jones DL. Critical comparison of the impact of biochar and wood ash on soil organic matter cycling and grassland productivity. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017; 110: 134–142.
- [183] Ding Y, Liu Y, Liu S, Li Z, Tan X, Huang X, *et al.* Biochar to improve soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2016; 36: 36.
- [184] Zhu Q, Peng X, Huang T. Contrasted effects of biochar on maize growth and N use efficiency depending on soil conditions. *International Agrophysics*. 2015; 29: 257–266.
- [185] Datema MR, Zuidmeer-Jongejan L, Asero R, Barreales L, Belohlavkova S, de Blay F, *et al.* Hazelnut allergy across Europe dissected molecularly: a EuroPrevall outpatient clinic survey. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 2015; 136: 382–391.
- [186] Calvani M, Asero R, Bergamini M, La Grutta S, Pucci N. La diagnosi di allergia alla nocciola. *Rivista di Immunologia e Allergologia Pediatrica*. 2010; 5: 21–32. (In Italian)
- [187] Nebbia S, Lamberti C, Cirrincione S, Acquadro A, Abbà S, Ciuffo M, *et al.* Oleosin Cor a 15 is a novel allergen for Italian hazelnut allergic children. *Pediatric Allergy and Immunology*. 2021; 32: 1743–1755.
- [188] Pucci N, Asero R, Calvani M, Indirli GC, La Grutta S. La diagnosi di allergia alle profiline. *Rivista di Immunologia e Allergologia Pediatrica*. 2011; 6: 3–15. (In Italian)

## Article

# Hazelnut Shells as Source of Active Ingredients: Extracts Preparation and Characterization

Alessandro Di Michele <sup>1,\*</sup> , Cinzia Pagano <sup>2,\*</sup> , Agnese Allegrini <sup>3</sup> , Francesca Blasi <sup>2</sup> , Lina Cossignani <sup>2</sup> , Enrico Di Raimo <sup>4</sup> , Marco Faieta <sup>5</sup> , Eleonora Oliva <sup>5</sup> , Paola Pittia <sup>5</sup> , Sara Primavilla <sup>4</sup> , Manuel Sergi <sup>5</sup> , Camilla Vicino <sup>2</sup> , Maurizio Ricci <sup>2</sup> , Bartolomeo Schirone <sup>3</sup> and Luana Perioli <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Department of Physics and Geology, University of Perugia, 06123 Perugia, Italy

<sup>2</sup> Department of Pharmaceutical Sciences, University of Perugia, 06123 Perugia, Italy; francesca.blasi@unipg.it (F.B.); lina.cossignani@unipg.it (L.C.); camivici@live.it (C.V.); maurizio.ricci@unipg.it (M.R.); luana.perioli@unipg.it (L.P.)

<sup>3</sup> Department of Agriculture and Forestry (DAFNE), Università degli Studi della Tuscia, Via San Camillo de Lellis, 01100 Viterbo, Italy; agnese.allegrini@gmail.com (A.A.); schirone@unitus.it (B.S.)

<sup>4</sup> Istituto Zooprofilattico dell'Umbria e delle Marche, Via G. Salvemini 1, 06126 Perugia, Italy; e.diraimo@izsum.it (E.D.R.); s.primavilla@izsum.it (S.P.)

<sup>5</sup> Faculty of Bioscience and Agro-Food and Environmental Technology, University of Teramo, Via R. Balzarini 1, 64100 Teramo, Italy; mfaieta@unite.it (M.F.); eoliva@unite.it (E.O.); ppittia@unite.it (P.P.); msergi@unite.it (M.S.)

\* Correspondence: alessandro.dimichele@unipg.it (A.D.M.); cinzia.pagano@unipg.it (C.P.); Tel.: +39-075585-2725 (A.D.M.); +39-075585-5158 (C.P.)



**Citation:** Di Michele, A.; Pagano, C.; Allegrini, A.; Blasi, F.; Cossignani, L.; Raimo, E.D.; Faieta, M.; Oliva, E.; Pittia, P.; Primavilla, S.; et al. Hazelnut Shells as Source of Active Ingredients: Extracts Preparation and Characterization. *Molecules* **2021**, *26*, 6607. <https://doi.org/10.3390/molecules26216607>

Academic Editor:  
Charnng-Cherng Chyau

Received: 23 September 2021  
Accepted: 28 October 2021  
Published: 31 October 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstract:** Hazelnut shells represent a waste material (about 42% of the total biomass) deriving from hazelnut harvest. These are mainly used as a heating source; however, they represent an interesting source of polyphenols useful in health field. The impact on phenolic profile and concentrations of hazelnut shell extracts obtained by three extraction methods (maceration, ultrasonic bath, and high-power ultrasonic), as well as temperature, extraction time, and preventive maceration, was studied. The prepared extracts were characterized in terms of chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. Eighteen different phenolic compounds were identified and quantified by chemical analysis and gallic acid was the most abundant in all the extracts analyzed. Other relevant compounds were chlorogenic acid, protocatechuic acid and catechin. Preventive maceration had a positive effect on the extraction of different types of compounds regardless of the method performed. Application of the high-power ultrasonic method had different effects, either positive or negative, depending on the type of compound and extraction time. All the prepared extracts showed antioxidant activity especially those prepared by maceration, and many of them were able to inhibit the growth of both *B. subtilis* and *B. cereus*.

**Keywords:** hazelnut shells by-products; waste; valorization; extracts; maceration; ultrasonic bath; high-power ultrasonic; antioxidant activity; antimicrobial

## 1. Introduction

*Corylus avellana* L. (hazelnuts) are widely cultivated, especially in Turkey, Italy and Spain, as kernels represent a source of many compounds, such as proteins (10–20%), fatty acids (e.g., oleic and linoleic acids), phospholipids (e.g., phosphatidylcholine), sterols (e.g., sitosterol), amino acids (e.g., arginine, leucine, glutamic acid), sugars, vitamins (vitamins B1, B2, B6, niacin, ascorbic acid, folic acid,  $\alpha$ -tocopherol), minerals, flavonoids (quercetin, myricetin, kaempferol, eriodictyol, catechin, epicatechin, gallic acid, gallic acid, caffeic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, sinapic acid) [1–4]. Hazelnut cultivars show a high level of genetic diversity for traits such as vigor, growth habits, nut size, shape and shell thickness. Cultivars most commonly used in food industry are Tonda Gentile delle Langhe (also named Tonda Gentile Trilobata), Tonda Gentile Romana, Tonda

di Giffoni, S. Giovanni, Mortarella, and Riccia di Talanico, which are cultivated in Italy. Among them, Tonda di Giffoni and Tonda Gentile delle Langhe have gained the European Protected Geographical Indication (PGI) label, and they are known as “Nocciola di Giffoni” and “Nocciola Piemonte”, respectively [1]. Hazelnut skins, hard shells, green leafy covers and hazelnut tree leaves are by-products of the roasting, cracking, shelling/hulling, and harvesting processes, respectively [1].

Nowadays, hazelnut by-products and waste have a low commercial value, with the exception of hazelnut hard shells, currently used as a heating source after burning and as raw material to produce furfural in dye industry [5,6]. Hazelnut green leafy covers and tree leaves, on the other hand, are rarely used as organic fertilizers for hazelnut trees and as raw material for compost production.

Nevertheless, in recent years, some studies have been performed in order to evaluate the potential of hazelnut by-products (skins, shells, hazelnut tree leaf) as sources of natural antioxidants and as functional food and functional ingredients useful in both health field and food industry [1,7,8]. Several phenolic compounds, for example, have been detected in hazelnut hard shells, as shown in Table 1 [3].

**Table 1.** Phenolic compounds in hazelnut shell.

Phenolic Compounds	More Abundant Components
Phenolic Acids	gallic acid, vanillic acid, methyl gallate, veratric acid, galloylquinic acid, coumaroyl acid, quinic acid, feruloylquinic acid, protocatechuic acid
Flavonoids	quercetin, myricetin, quercetin 3-rhamnoside, myricetin 3-rhamnoside, rutin, taxifolin, naringin, catechin, epicatechin, epigallocatechin
Tannins	four isomers of B-type procyanidin
Diaryleptanoids	giffonin V, giffonin P, carpinontriol B
Lignans	ficusal, erythro-(7S,8R)-guaiacylglycerol- $\beta$ -O-4'-dihydroconiferyl alcohol, erythro-(7S,8R)-guaiacylglycerol- $\beta$ -coniferyl aldehyde ether, erythro-(7R,8S)-guaiacylglycerol- $\beta$ -O-4'-dihydroconiferyl alcohol, dihydrodehydrodiconiferyl alcohol, balanophonin

Waste materials deriving from hazelnut harvest represent about 42% of the total biomass. The amount of waste deriving from industrial processes has increased substantially in recent years. Many industries have started to produce different types of by-products, rich in valuable compounds to recycle. Their characterization and valorization can convert them into high-value products with applications in different fields. The possibility of extracting polyphenols from hazelnut waste, such as shells, is gaining more and more interest in industries, as it allows to solve the problem of disposal while offering a new source of active ingredients. Hazelnut shells, in fact, could represent a valuable source of molecules to be used as active ingredients in nutraceuticals, dietary supplements, medical devices, pharmaceutical products or cosmetics [2].

Both antioxidant and radical scavenging activities of the phenolic compounds obtained from *C. avellana* by-products [1,9,10] depend on the extraction method as well as the source (shells, green leafy covers, flowers, and leaves). It is interesting to note that despite kernels (the edible part of hazelnuts) being rich in polyphenols, literature data demonstrated that extracts obtained from *C. avellana* by-product shells, green leafy covers, flowers and leaves exhibited stronger activities than hazelnut kernels [1]. These findings suggest that a deep investigation of hazelnut by-products' potential applications in the health field is necessary. The wide range of phytochemicals and phenolic compounds contained possess substantial antioxidant and radical scavenging activities, as well as anticarcinogenic, antimutagenic, and antiproliferative effects [2].

In this study the attention was focused on hazelnut shells, notoriously considered a waste material. The aim of this work was the valorization of hazelnut waste, in particular hazelnut shells, demonstrating their suitability as a source of active ingredients to be used in health field, offering a concrete solution to the problem of their disposal.

With this in mind, the research has the objective to prepare extracts from hazelnut shells and to perform a deep characterization of both the qualitative and quantitative compositions as well as the biological activities in order to find possible applications in health field. In order to reach this objective, three different extraction methods were investigated: (i) maceration (MAC), (ii) ultrasonic bath (UB) and (iii) high-power ultrasonic (HPU); different extraction times were also investigated. The obtained extracts were deeply characterized in terms of chemical composition, antioxidant, radical scavenging and antimicrobial activities. The proposed approach could represent an interesting research target, with environmental and economic benefits, promoting the development of the circular bioeconomy [11].

Hazelnut shells are inexpensive and bio-sustainable, representing a valid alternative to the plant-derived extracts commonly used in both cosmetic and pharmaceutical formulations. Moreover, when waste products come from organic farming, they certainly represent an even more valuable source of safe extracts. They in fact, lack any residual pesticides or potentially toxic chemicals [12].

## 2. Results and Discussions

### 2.1. Hazelnut Shell Grinding and Sieving

Hazelnuts were washed with tap water, air-dried, and hand-crushed before the extraction. Obtained shells were ground in order to obtain a product with high surface area to be exposed to the extraction solvent. This factor, together with the extraction conditions (temperature and stirring) and the extraction solvent, influences the qualitative and quantitative composition of the final extract. Hazelnut shells were ground by a knife mill and then sieved (for details, see 3.2. Method section).

### 2.2. Extracts Preparation

Three extraction methods were used for the extraction (as described in the Method section):

- (A) Maceration (MAC),
- (B) Ultrasonic Bath (UB),
- (C) High-Power Ultrasonic (HPU).

Maceration is the classical method already used with success for other vegetal matrices [13–15] and for this reason chosen for comparison.

As this method requires energetic expenditure, alternative and efficient methods useful to obtain hazelnut extract with limited energy dissipation have been explored.

Recently, the demand for efficient and economical extraction processes has been increasing, especially from the food, chemical, and pharmaceutical industries. In response to this, many extraction techniques have been developed, especially for the extraction of phenolic compounds from vegetable materials, such as ultrasound-assisted extraction (either with a bath or with a higher power probe), supercritical fluid extraction and microwave-assisted extraction [16]. Ultrasound-assisted extraction is more efficient than traditional extraction methods in terms of reduced extraction time, extraction solvent volumes, extraction temperatures, and high yield values. On the other hand, it does not allow selective extraction, because it results in the total escape of all the molecules contained in the plant material, regardless of affinity with the solvent used. The good extraction yield using ultrasound-assisted extraction techniques is attributable to the acoustic cavitation and mechanical effects, able to disrupt cell walls, reduce particle size and enhance mass transfer across cell membranes. It is important to underline that all these phenomena can only occur in the presence of solvent. This extractive technique is “bio accredited” because it is based only on a physical process in which chemical adjuvants are not necessary. Solvents such as water and alcohol are used, regardless of the solubility of the active ingredients [16].

The extraction conditions, as well as the shell powder size, were defined according to the following observations made during preliminary evaluations and considerations:

(i) particles of size < 500  $\mu\text{m}$  make the filtration process difficult; thus, particles with higher dimensions were selected; (ii) the solid/liquid ratio (2 g/100 mL) and the extraction time were chosen according to previous studies based on the extraction of active ingredients from vegetal matrices [13,14]; (iii) EtOH was used as extraction solvent because it is a green solvent reusable after distillation.

Samples of hazelnut shells were prepared with and without preventive maceration overnight in the extraction solvent (static conditions) in order to evaluate the impact of the contact time on the final yield.

The yield (% *w/w*) after extracts freeze-drying was calculated for each extract and is reported in Table 2.

**Table 2.** Extraction conditions and yields.

Extract	Extraction Method	Extraction Temperature (°C)	Extraction Time (min)	Preventive Maceration	Yield of Freeze-Dried (% <i>w/w</i> ) $\pm$ SD
A	MAC	25	60	no	0.32 $\pm$ 0.02
B	MAC	25	60	yes	0.60 $\pm$ 0.03
C	MAC	25	180	no	0.51 $\pm$ 0.06
D	MAC	25	180	yes	0.64 $\pm$ 0.01
E	MAC	45	60	no	0.68 $\pm$ 0.03
F	MAC	45	60	yes	0.70 $\pm$ 0.06
G	MAC	45	180	no	0.81 $\pm$ 0.03
H	MAC	45	180	yes	1.10 $\pm$ 0.02
I	MAC	45	300	no	0.88 $\pm$ 0.05
J	MAC	45	300	yes	1.42 $\pm$ 0.07
K	UB	25	60	no	0.37 $\pm$ 0.19
L	UB	25	60	yes	0.50 $\pm$ 0.15
M	UB	25	120	no	0.57 $\pm$ 0.13
N	UB	25	120	yes	0.72 $\pm$ 0.15
O	UB	25	180	no	0.64 $\pm$ 0.07
P	UB	25	180	yes	0.77 $\pm$ 0.03
Q	HPU	25	5	no	0.47 $\pm$ 0.04
R	HPU	25	5	yes	0.96 $\pm$ 0.06
S	HPU	25	30	no	0.80 $\pm$ 0.22
T	HPU	25	30	yes	0.82 $\pm$ 0.27
U	HPU	25	60	no	0.96 $\pm$ 0.03
V	HPU	25	60	yes	0.94 $\pm$ 0.21

MAC: maceration; UB: ultrasonic bath; HPU: high-power ultrasonic; SD: standard deviation.

Among the selected methods, MAC's extraction efficiency, in terms of final yield, is particularly influenced by both contact times and temperature. This could be particularly true for fibrous matrices such as hazelnut shells. For this reason, two different temperatures and different contact times were assayed for MAC. Comparing the samples obtained at 25 °C, it is clearly detectable that the increase of the contact time from 60 min to 180 min promotes an increase of the final yield. Increasing the temperature to 45 °C it is possible to observe an increase of the final yield comparing the same times (e.g., A vs E and C vs G). As further control, taking into account the fibrous nature of hazelnut shells, extracts (I, J) were prepared working at 45 °C and prolonging the contact time to 300 min. It was hypothesized that a prolonged contact time could favor a better penetration of the extraction solvent into the shells with consequent improvement of the yield, effectively observed in the final extracts, compared to that obtained using the same contact times (e.g., J vs H).

In all the extractions performed by MAC preventive maceration allowed us to obtain a better yield value.

In the case of UB, three different contact times were assayed: 60, 120, and 180 min. The highest time assayed for MAC (namely 300 min) was not investigated in this case, as it was considered very long and energy consuming for this technique. Increasing the sonication

time it is possible to observe an increase of the final yield in samples both with and without preventive maceration.

In the case of HPU it can be noted that the yields of the extracts prepared with preventive maceration, using 5 min and 60 min as extraction times, show the same yield, suggesting that in the case of this technique, the increase of the extraction time does not positively influence this aspect.

Considering the extraction time of 60 min, assayed for all the techniques (MAC, UB, and HPU), HPU allowed to obtain the highest yield compared to MAC and UB. Certainly, the samples obtained by MAC for prolonged contact times and at 45 °C (sample J) produced the highest yield (1.42%); however, some considerations must be noted. MAC is a very simple extraction technique consisting in putting the material in contact with the chosen solvent for a suitable time [17]. Phenolic compounds are traditionally extracted by long maceration and at heat reflux. These extraction techniques are laborious, time consuming and require large amounts of organic solvents [16].

Specific literature data about the ultrasound-assisted extraction process (such as temperature, frequency, power, solvent type, and solvent-to-material ratio effects on extracted compounds and their functionality) are poor. In general, it is reported that 1) high extraction temperatures (> 50 °C) degrade polyphenols, 2) the lowest frequencies within the ultrasound power range below 40 kHz are most effective, 3) polyphenol yield generally increases as power increases but with a threshold beyond which no significant increase is observed, 4) higher ultrasound power can produce free hydroxyl radicals which degrade polyphenols, especially in the presence of high water content. Furthermore, it does not only contribute to increased extraction yield in terms of polyphenol content, but can also preserve and increase the biological activity of polyphenol extracts, compared to traditional maceration products [18].

It is interesting to highlight that HPU allowed us to obtain a final yield of 0.96 using an extraction time of 5 min (sample R). In the case of MAC, a similar value is obtained working at 45 °C for 180 min (sample H).

### 2.3. Total Phenol Content and Antioxidant Activity

The prepared extracts (Table 2) were firstly submitted to analyses in order to evaluate their antioxidant activity. Folin–Ciocalteu method was used to evaluate the TPC of hazelnut shell extracts, while ABTS, DPPH, and FRAP assays were used to measure the antiradical (ABTS and DPPH) and reducing (FRAP) activities, respectively.

Table 3 shows the values of TPC and antioxidant activity evaluated by ABTS, DPPH, and FRAP.

Taking into consideration the UB method, the best TPC values were obtained with an extraction time of 180 min, without a particular improvement when preventive maceration was used; considering the HPU method, the longer time (60 min) gave the best results, also without pretreatment. Generally, higher TPC values were observed with increasing temperature for both UB and HPU methods. When the classical maceration was carried out at the same temperature of UB and HPU, the best TPC values were obtained after 60 min with preventive maceration. Moreover, it can be observed that both time and temperature parameters had a positive impact on TPC value using classical maceration; in fact, the highest value was obtained at 45 °C for 300 min. However, it has been reported that more drastic extraction conditions could promote a possible partial degradation of phenolic compounds [19].

Generally, it can be observed that preventive maceration allowed us to obtain higher values only in some cases. Considering the UB method, comparable or slightly higher TPC values were obtained after 60, 120 or 180 min. Considering the HPU method, preventive maceration was useful when the extraction times were 5 or 30 min.

**Table 3.** TPC and antioxidant activity (ABTS, DPPH, and FRAP) values of hazelnut shell extracts (mean values  $\pm$  SD).

Sample	TPC mg GAE/g	ABTS mg TE/g	DPPH mg TE/g	FRAP mg TE/g
A	1.34 $\pm$ 0.03	3.57 $\pm$ 0.07	1.42 $\pm$ 0.09	0.19 $\pm$ 0.00
B	2.30 $\pm$ 0.07	5.46 $\pm$ 0.14	1.78 $\pm$ 0.14	0.27 $\pm$ 0.0
C	1.54 $\pm$ 0.05	4.59 $\pm$ 0.14	1.48 $\pm$ 0.01	0.21 $\pm$ 0.00
D	1.99 $\pm$ 0.01	4.73 $\pm$ 0.13	1.22 $\pm$ 0.26	0.28 $\pm$ 0.00
E	3.51 $\pm$ 0.24	9.57 $\pm$ 0.18	3.14 $\pm$ 0.01	0.40 $\pm$ 0.01
F	2.14 $\pm$ 0.05	4.89 $\pm$ 0.08	2.25 $\pm$ 0.03	0.29 $\pm$ 0.00
G	4.20 $\pm$ 0.05	9.37 $\pm$ 0.01	3.99 $\pm$ 0.29	0.46 $\pm$ 0.02
H	2.28 $\pm$ 0.04	5.59 $\pm$ 0.11	1.95 $\pm$ 0.16	0.26 $\pm$ 0.00
I	3.07 $\pm$ 0.04	6.61 $\pm$ 0.20	3.02 $\pm$ 0.15	0.43 $\pm$ 0.00
J	4.66 $\pm$ 0.08	11.25 $\pm$ 0.34	4.37 $\pm$ 0.35	0.68 $\pm$ 0.01
K	1.70 $\pm$ 0.06	4.59 $\pm$ 0.43	1.86 $\pm$ 0.13	0.26 $\pm$ 0.00
L	1.77 $\pm$ 0.01	4.10 $\pm$ 0.09	2.29 $\pm$ 0.10	0.27 $\pm$ 0.01
M	1.58 $\pm$ 0.04	3.54 $\pm$ 0.00	2.18 $\pm$ 0.16	0.22 $\pm$ 0.00
N	1.92 $\pm$ 0.06	4.68 $\pm$ 0.25	2.45 $\pm$ 0.19	0.30 $\pm$ 0.01
O	2.18 $\pm$ 0.06	5.50 $\pm$ 0.03	2.91 $\pm$ 0.09	0.36 $\pm$ 0.01
P	2.16 $\pm$ 0.05	5.49 $\pm$ 0.22	2.92 $\pm$ 0.07	0.32 $\pm$ 0.01
Q	1.31 $\pm$ 0.04	3.39 $\pm$ 0.10	2.28 $\pm$ 0.14	0.22 $\pm$ 0.01
R	1.71 $\pm$ 0.00	4.51 $\pm$ 0.08	1.98 $\pm$ 0.02	0.30 $\pm$ 0.00
S	1.72 $\pm$ 0.03	4.63 $\pm$ 0.33	2.69 $\pm$ 0.04	0.29 $\pm$ 0.00
T	2.10 $\pm$ 0.05	5.43 $\pm$ 0.05	2.18 $\pm$ 0.09	0.37 $\pm$ 0.00
U	2.53 $\pm$ 0.03	5.74 $\pm$ 0.13	2.94 $\pm$ 0.09	0.41 $\pm$ 0.00
V	2.22 $\pm$ 0.04	5.59 $\pm$ 0.06	2.22 $\pm$ 0.07	0.37 $\pm$ 0.00

ABTS, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt; DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl; FRAP, ferric reducing antioxidant power; TPC, total phenol content; GAE, gallic acid equivalents; TE, trolox equivalents.

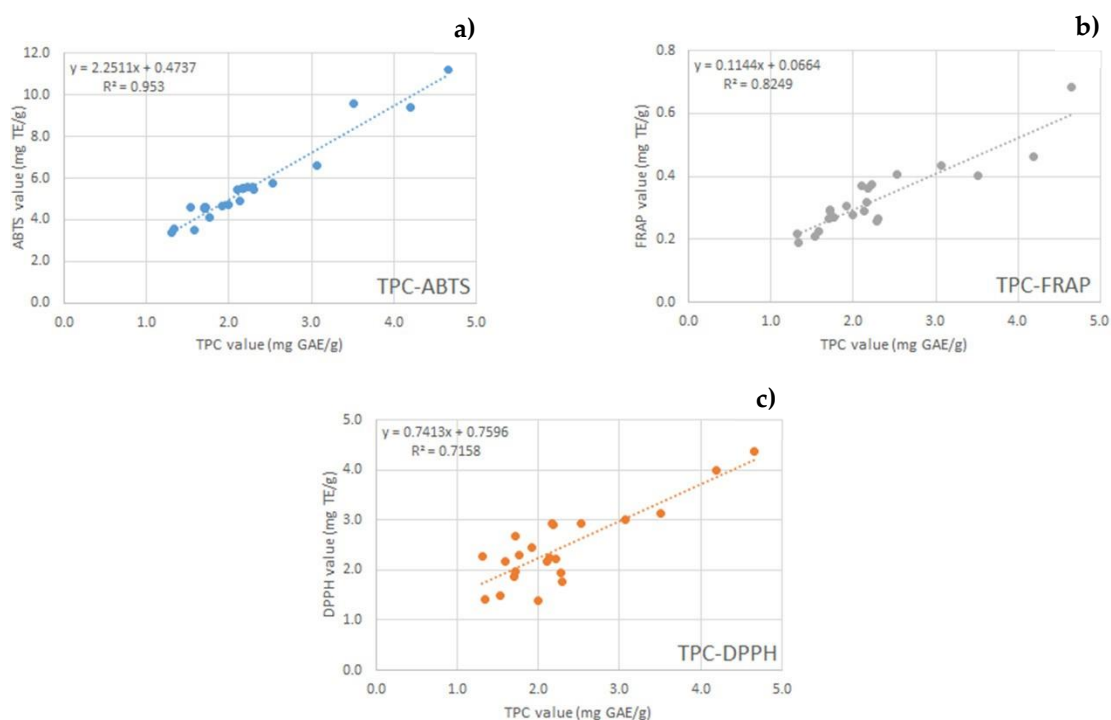
Similar TPC values (about 3.5–12 mg GAE/g) were reported by Yuan et al. [20]. They observed a wide range of variability; in fact, TPC value of the extracts significantly increased with the reduction of the particle size of hazelnut shells at all extraction times (2–12 h). These authors found that higher amounts of TPC were obtained by 50% aqueous solution compared with 20% and 80% aqueous solutions for all three solvents (acetone, methanol, ethanol). Masullo et al. [21] reported a higher value of TPC (340.44  $\mu$ g GAE/mg) for methanol hazelnut (Nocciola di Giffoni PGI) shell extracts. In comparison with conventional solvent extraction, Pérez-Armada et al. [22] recently reported the highest value of TPC (3.37 g GAE/100 g) for hazelnut shell extracts obtained by autohydrolysis processes and recovered using resins.

In order to evaluate the antioxidant activity of extracts, three complementary spectrophotometric in vitro assays were carried out. As is widely known, the ABTS assay measures the ability of antioxidants to scavenge ABTS free radical by electron donation, while DPPH assay evaluates the ability of antioxidants to scavenge the chromogen DPPH free radical. On the base of previous considerations on TPC values, the best ABTS and DPPH values were obtained using UB method for 180 min and HPU method for 60 min without pretreatment. The reducing power of extracts was evaluated by FRAP assay, and trends similar to those already discussed for TPC and ABTS-DPPH can be observed. In regard to antioxidant assay data (ABTS, DPPH, FRAP), only in some cases was the previous overnight maceration useful to improve these parameters, while in other cases, the values are similar between them or even lower.

As already observed for yield values, taking into consideration the extraction time of 60 min, HPU allowed us to obtain the highest value of ABTS, DPPH, and FRAP compared to UB. It should be further observed that since both ultrasound-based techniques were carried out at 25 °C, it could be assumed that there are no negative effects on the antioxidant activity of the bioactive compounds [19].

Literature data about the nutritional composition and antioxidant activity of hazelnut shells (US-grown cultivars) [23] report ABTS values from 35.7  $\mu\text{mol TE/g}$  (Nebraska hybrid cultivar) to 169.7 (Oregon cultivar)  $\mu\text{mol TE/g}$ . A wide range of FRAP values variability (30–110  $\mu\text{mol TE/g}$ ) was also reported by Yuan et al. [20].

Interestingly, TPC values were significantly and positively correlated with ABTS ( $R^2 = 0.9530$ ), FRAP ( $R^2 = 0.8249$ ), and DPPH ( $R^2 = 0.7158$ ) values, suggesting that antioxidant properties of hazelnut shell extracts are attributable to polyphenols (Figure 1). The lower  $R^2$  value (TPC vs DPPH) could be due to low-molecular-weight antioxidants being more effective as DPPH $^{\bullet}$  scavengers, while high-molecular-weight bioactives (polymers) may be ineffective against this radical, as reported also by Paixão et al. [24].



**Figure 1.** Correlations between TPC and antioxidant activity assays (ABTS, FRAP, DPPH) of all extracts. Correlation between TPC and ABTS (a); correlation between TPC and FRAP (b); correlation between TPC and DPPH (c).

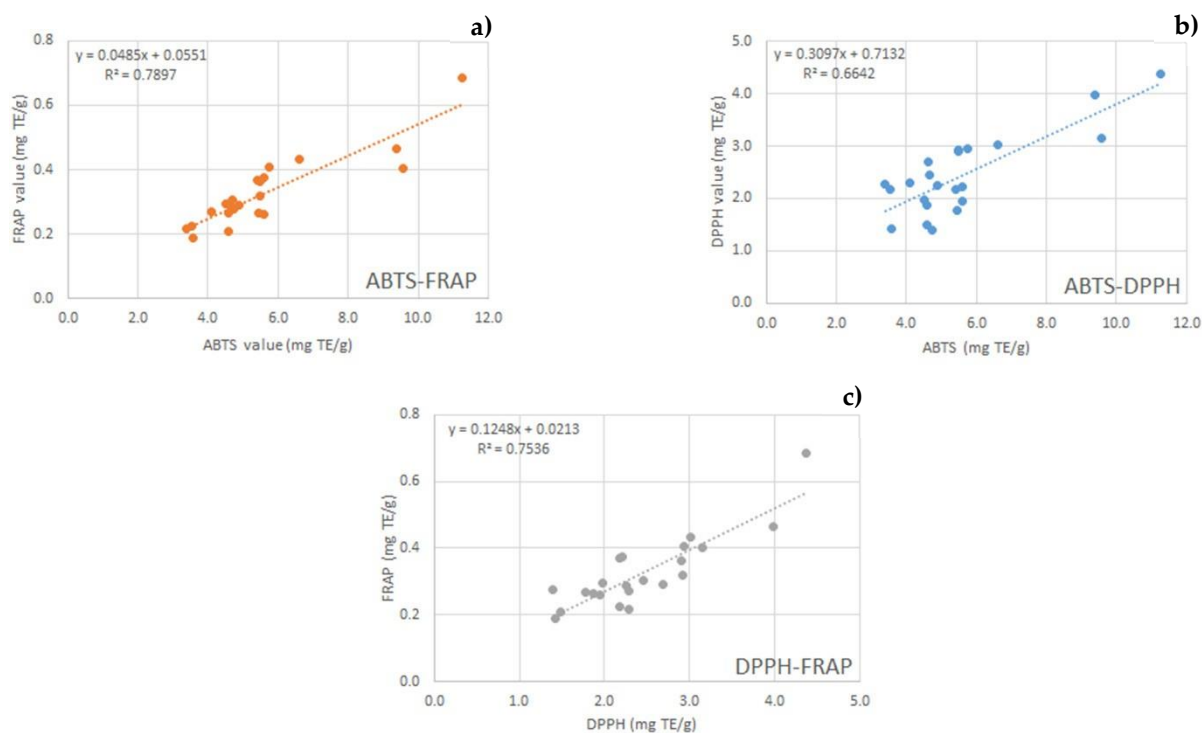
Moreover, an interesting correlation study was also carried out among the three antioxidant assay parameters, and high correlation values ( $R^2 = 0.7897$  ABTS vs FRAP;  $R^2 = 0.7536$  DPPH vs FRAP;  $R^2 = 0.6642$  ABTS vs DPPH) were found (Figure 2). Xu et al. (2012) also reported that TPC and ABTS values were significantly and positively correlated with bioactive hazelnut shell compounds, while no significant correlation was found between DPPH and phenolic compound.

The observed antioxidant activity is very interesting and makes the extract an interesting material to be used in both the pharmaceutical and cosmetic fields.

In the case of wounds, for example, the release of pro-inflammatory mediators as well as radical oxygen species occurs [25]. Thus, treatment with molecules with antioxidant activity could be useful in the suppression of factors responsible for healing delay.

#### 2.4. Chemical Analysis

Eighteen different phenolic compounds were identified and quantified in the shell extracts through HPLC–MS/MS analysis (Table 4).



**Figure 2.** Correlations between values of antioxidant activity assays (ABTS, DPPH, FRAP) of all extracts. Correlation between ABTS and FRAP (a); correlation between ABTS and DPPH (b); correlation between DPPH and FRAP (c). DPPH (b); correlation between DPPH and FRAP (c).

Among the phenolic compounds analyzed, gallic acid was the most abundant, representing up to 89% of the phenolic fraction identified, with a concentration ranging, depending on the type of extraction performed, from 722.0 to 12940.0  $\mu\text{g}$  per gram of extract. Shahidi et al. 2007 [2] reported gallic acid as the most abundant phenolic compound in hazelnut hard shell extract at a concentration of 3261.0  $\mu\text{g}/\text{g}$  within the range of values observed in this study. Moreover, Ciemniewska-Zytkiewicz et al. in 2015 [4] also reported gallic acid as the first phenolic compound in hazelnut hard shell extracts, but at significantly lower concentrations than the ones found in this study. Differences in phenolic compounds concentrations may arise from the different extraction techniques and conditions, types of solvents used, or origin of the samples [1,26].

Yuan et al. [20] reported a concentration of gallic acid of 62.17  $\mu\text{g}$  per gram of shell, in agreement with the concentrations (based on extraction yield) observed in this study; however, other phenolic compounds were reported to be present at higher concentrations, with catechin being the most abundant.

Catechin was the second phenolic compound in all extracts obtained through UB and HPU, and among the most abundant phenolic compounds in MAC extracts, with a maximum concentration of 2760.0  $\mu\text{g}$  per gram of extract observed in the sample macerated at 45 °C for 300 min.

Other major polyphenols found in the extracts were chlorogenic acid, rutin, and protocatechuic acid at a maximum concentration of 1345.5, 2611.0, and 1794.0  $\mu\text{g}$  per gram of extract, respectively.

Protocatechuic acid, catechin, and gallic acid were also reported as the most abundant compounds in the phenolic profile of hazelnut skin [9], but in amounts significantly lower than in hazelnut shell, in agreement with the composition of hazelnut by-products previously described [2].

**Table 4.** Phenolic compounds identified and quantified in hazelnut shell extracts. Data are reported as  $\mu\text{g/g}$ .

Sample	Gallic Acid	Chlorogenic Acid	Catechin	Caffeic Acid	EGCG	Syringic Acid	Rutin	Isoquercetin	3-OH-Benzoic Acid
A	2022.0 $\pm$ 319.2	317.7 $\pm$ 47.4	688.1 $\pm$ 135.7	3.4 $\pm$ 0.5	44.8 $\pm$ 5.2	108.5 $\pm$ 11.0	1897.0 $\pm$ 211.8	76.14 $\pm$ 11.9	173.6 $\pm$ 22.0
B	2683.0 $\pm$ 495.6	348.2 $\pm$ 44.5	1267.5 $\pm$ 234.2	4.7 $\pm$ 0.5	81.9 $\pm$ 8.7	118.9 $\pm$ 16.3	1343.5 $\pm$ 165.4	72.87 $\pm$ 16.4	451.6 $\pm$ 70.0
C	1797.0 $\pm$ 346.6	354.2 $\pm$ 79.9	1067.0 $\pm$ 123.1	9.2 $\pm$ 1.0	142.1 $\pm$ 15.8	127.5 $\pm$ 12.8	2611.0 $\pm$ 261.8	111.4 $\pm$ 11.8	150.3 $\pm$ 17.8
D	1708.0 $\pm$ 245.4	366.5 $\pm$ 45.5	547.1 $\pm$ 90.0	2.7 $\pm$ 0.3	71.9 $\pm$ 10.6	121.7 $\pm$ 18.3	1223.5 $\pm$ 153.9	229.2 $\pm$ 26.0	143.4 $\pm$ 21.8
E	2334.0 $\pm$ 321.6	327.6 $\pm$ 53.8	1644.0 $\pm$ 226.9	9.4 $\pm$ 1.1	328.3 $\pm$ 11.3	209.0 $\pm$ 21.7	1442.5 $\pm$ 281.2	29.35 $\pm$ 4.4	35.56 $\pm$ 5.8
F	2201.5 $\pm$ 231.2	377.2 $\pm$ 87.2	1133.0 $\pm$ 195.1	1.1 $\pm$ 0.1	33.0 $\pm$ 5.7	135.1 $\pm$ 17.8	226.7 $\pm$ 58.2	107.6 $\pm$ 11.5	170.8 $\pm$ 20.4
G	1771.0 $\pm$ 294.2	351.9 $\pm$ 35.5	894.4 $\pm$ 101.8	4.9 $\pm$ 0.6	108.4 $\pm$ 8.1	125.2 $\pm$ 12.8	715.8 $\pm$ 133.8	19.04 $\pm$ 2.4	109.1 $\pm$ 11.4
H	1958.5 $\pm$ 356.4	394.2 $\pm$ 67.2	1115.0 $\pm$ 145.1	2.8 $\pm$ 0.3	88.8 $\pm$ 9.2	143.3 $\pm$ 14.9	193.0 $\pm$ 20.7	506.4 $\pm$ 115.2	<LOQ
I	10077.5 $\pm$ 1266.7	1345.5 $\pm$ 218.2	2760.0 $\pm$ 440.8	3.7 $\pm$ 0.5	51.0 $\pm$ 7.9	5.5 $\pm$ 1.1	0.2 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1	108.4 $\pm$ 11.4
J	6759.0 $\pm$ 853.1	264.8 $\pm$ 53.8	1385.5 $\pm$ 139.9	1.6 $\pm$ 0.2	54.6 $\pm$ 3.5	4.6 $\pm$ 0.5	0.1 $\pm$ 0.1	0.9 $\pm$ 0.1	109.5 $\pm$ 16.2
K	8469.5 $\pm$ 1007.0	116.6 $\pm$ 15.6	1367.5 $\pm$ 233.4	1.2 $\pm$ 0.1	45.1 $\pm$ 2.3	7.1 $\pm$ 1.4	0.3 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.1	122.1 $\pm$ 13.1
L	11785.0 $\pm$ 1715.9	335.1 $\pm$ 40.6	1762.0 $\pm$ 238.6	9.7 $\pm$ 1.1	38.2 $\pm$ 2.2	8.2 $\pm$ 0.8	0.2 $\pm$ 0.1	0.8 $\pm$ 0.1	351.6 $\pm$ 46.3
M	12940.0 $\pm$ 2202.9	224.0 $\pm$ 24.9	1641.5 $\pm$ 293.6	2.2 $\pm$ 0.3	40.2 $\pm$ 2.7	7.2 $\pm$ 0.7	0.3 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.1	124.2 $\pm$ 15.5
N	7387.0 $\pm$ 820.7	565.4 $\pm$ 70.4	2005.5 $\pm$ 384.9	7.5 $\pm$ 0.7	53.5 $\pm$ 3.3	6.9 $\pm$ 0.7	0.1 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.1	142.5 $\pm$ 21.9
O	11710.0 $\pm$ 2036.4	198.1 $\pm$ 22.6	1588.5 $\pm$ 155.0	2.3 $\pm$ 0.3	35.2 $\pm$ 2.1	6.5 $\pm$ 0.7	0.2 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.1	159.6 $\pm$ 26.0
P	7220.0 $\pm$ 745.1	521.7 $\pm$ 58.4	2227.5 $\pm$ 304.9	2.7 $\pm$ 0.4	44.9 $\pm$ 3.7	7.6 $\pm$ 0.8	<LOQ	0.4 $\pm$ 0.1	256.3 $\pm$ 31.4
Q	5692.5 $\pm$ 884.6	112.7 $\pm$ 16.2	639.6 $\pm$ 88.3	3.5 $\pm$ 0.6	64.0 $\pm$ 3.3	4.4 $\pm$ 0.6	0.1 $\pm$ 0.1	0.3 $\pm$ 0.1	167.5 $\pm$ 27.9
R	7086.5 $\pm$ 1073.6	207.1 $\pm$ 34.7	1307.1 $\pm$ 241.0	2.4 $\pm$ 0.3	23.4 $\pm$ 1.1	7.2 $\pm$ 1.2	0.5 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.1	111.3 $\pm$ 12.2
S	5573.0 $\pm$ 669.9	289.3 $\pm$ 52.5	749.6 $\pm$ 125.2	13.8 $\pm$ 2.8	61.5 $\pm$ 1.8	6.9 $\pm$ 0.8	0.2 $\pm$ 0.1	0.2 $\pm$ 0.1	105.4 $\pm$ 23.4
T	8099.5 $\pm$ 852.9	1990.5 $\pm$ 224.0	1265.0 $\pm$ 275.0	2.7 $\pm$ 0.4	30.5 $\pm$ 2.6	7.9 $\pm$ 1.0	<LOQ	0.2 $\pm$ 0.1	104.1 $\pm$ 24.6
U	8318.5 $\pm$ 1461.7	139.9 $\pm$ 15.3	318.5 $\pm$ 46.6	7.5 $\pm$ 1.0	45.2 $\pm$ 4.1	2.2 $\pm$ 0.2	0.2 $\pm$ 0.1	<LOQ	145.7 $\pm$ 23.8
V	5736.5 $\pm$ 785.3	115.5 $\pm$ 21.1	1263.0 $\pm$ 180.4	8.4 $\pm$ 1.7	54.6 $\pm$ 3.6	5.4 $\pm$ 0.7	0.3 $\pm$ 0.1	0.4 $\pm$ 0.1	84.2 $\pm$ 10.2

Sample	<i>p</i> -Coumaric Acid	Ferulic Acid	Luteolin	Quercetin	Apigenin	Diosmetin	Kampferol	Protocatechuic Acid	Naringenin
A	124.8 $\pm$ 16.8	5.1 $\pm$ 0.5	57.0 $\pm$ 6.1	35.4 $\pm$ 4.2	18.1 $\pm$ 2.5	25.0 $\pm$ 2.6	4.2 $\pm$ 0.5	1406.0 $\pm$ 159.7	41.5 $\pm$ 4.7
B	97.4 $\pm$ 10.7	8.7 $\pm$ 1.1	69.1 $\pm$ 7.6	330.2 $\pm$ 41.5	66.4 $\pm$ 7.0	130.4 $\pm$ 13.4	112.5 $\pm$ 16.6	1794.5 $\pm$ 226.3	40.2 $\pm$ 5.1
C	113.8 $\pm$ 16.7	18.0 $\pm$ 1.8	64.7 $\pm$ 10.0	331.6 $\pm$ 43.6	14.8 $\pm$ 1.8	46.7 $\pm$ 8.2	2.3 $\pm$ 0.3	1419.5 $\pm$ 184.5	34.9 $\pm$ 5.8
D	98.9 $\pm$ 11.1	24.3 $\pm$ 3.7	108.4 $\pm$ 13.5	75.2 $\pm$ 7.7	24.2 $\pm$ 3.7	16.9 $\pm$ 2.0	28.2 $\pm$ 3.8	853.9 $\pm$ 125.4	42.9 $\pm$ 5.6
E	102.2 $\pm$ 12.8	58.1 $\pm$ 6.0	332.9 $\pm$ 36.0	493.4 $\pm$ 58.3	21.5 $\pm$ 3.5	27.5 $\pm$ 2.8	165.1 $\pm$ 20.4	1311.5 $\pm$ 172.1	33.0 $\pm$ 6.1
F	142.5 $\pm$ 18.4	4.8 $\pm$ 0.5	21.7 $\pm$ 2.3	608.5 $\pm$ 112.0	25.0 $\pm$ 2.6	18.5 $\pm$ 2.8	18.2 $\pm$ 2.3	1237.5 $\pm$ 198.4	36.1 $\pm$ 4.2
G	72.7 $\pm$ 7.3	2.3 $\pm$ 2.8	93.1 $\pm$ 12.3	227.7 $\pm$ 25.1	16.3 $\pm$ 2.4	27.8 $\pm$ 3.1	26.9 $\pm$ 4.8	1023.5 $\pm$ 107.8	28.8 $\pm$ 3.2
H	112.5 $\pm$ 17.3	41.0 $\pm$ 7.0	106.9 $\pm$ 13.2	2015.5 $\pm$ 208.2	24.8 $\pm$ 3.2	35.3 $\pm$ 4.6	211.5 $\pm$ 24.2	1210.0 $\pm$ 161.3	48.2 $\pm$ 6.9
I	10.4 $\pm$ 1.2	7.0 $\pm$ 0.8	5.8 $\pm$ 0.7	44.9 $\pm$ 6.9	0.1 $\pm$ 0.1	10.4 $\pm$ 1.3	<LOQ	297.5 $\pm$ 36.0	48.0 $\pm$ 8.0

Table 4. Cont.

Sample	Gallic Acid	Chlorogenic Acid	Catechin	Caffeic Acid	EGCG	Syringic Acid	Rutin	Isoquercetin	3-OH-Benzoic Acid
J	16.4 ± 1.8	3.8 ± 0.4	9.4 ± 1.0	22.5 ± 5.8	0.1 ± 0.1	16.9 ± 2.0	<LOQ	242.3 ± 29.6	37.2 ± 5.0
K	14.5 ± 2.0	7.7 ± 1.5	7.1 ± 0.9	10.6 ± 1.2	0.1 ± 0.1	5.3 ± 1.0	<LOQ	510.1 ± 74.3	37.8 ± 3.9
L	16.3 ± 1.7	6.8 ± 0.8	16.1 ± 1.8	280.5 ± 28.4	0.2 ± 0.1	22.0 ± 2.5	1.1 ± 0.1	534.3 ± 57.1	46.8 ± 8.5
M	16.6 ± 1.7	7.0 ± 0.7	10.0 ± 1.0	23.3 ± 1.8	0.1 ± 0.1	12.2 ± 1.5	0.3 ± 0.1	667.4 ± 82.4	52.5 ± 6.3
N	9.3 ± 1.5	5.0 ± 0.8	8.9 ± 1.1	30.3 ± 3.3	0.1 ± 0.1	11.1 ± 2.0	<LOQ	280.7 ± 38.3	50.2 ± 6.0
O	12.7 ± 1.6	6.1 ± 0.6	6.2 ± 1.1	21.8 ± 3.1	0.1 ± 0.1	9.5 ± 1.1	<LOQ	590.3 ± 129.4	35.4 ± 5.9
P	11.8 ± 1.5	7.8 ± 0.9	6.9 ± 1.0	193.7 ± 23.8	0.1 ± 0.1	11.8 ± 1.3	<LOQ	291.1 ± 36.6	61.5 ± 15.5
Q	8.5 ± 1.3	5.2 ± 0.6	8.0 ± 1.0	23.4 ± 3.2	0.1 ± 0.1	11.3 ± 2.1	<LOQ	303.2 ± 54.9	42.6 ± 6.8
R	9.2 ± 1.3	6.8 ± 0.9	7.8 ± 1.2	27.0 ± 4.1	0.1 ± 0.1	10.5 ± 1.5	<LOQ	322.5 ± 44.9	54.2 ± 6.3
S	9.2 ± 1.2	3.5 ± 0.4	7.9 ± 1.7	13.5 ± 2.0	0.1 ± 0.1	8.5 ± 1.0	<LOQ	285.7 ± 39.1	31.3 ± 3.8
T	7.6 ± 1.4	6.3 ± 0.9	3.5 ± 0.4	12.9 ± 1.8	0.1 ± 0.1	7.0 ± 0.9	<LOQ	388.7 ± 63.8	50.9 ± 5.5
U	10.5 ± 1.3	3.8 ± 0.5	6.8 ± 0.7	20.0 ± 2.4	0.1 ± 0.1	12.2 ± 1.4	0.2 ± 0.1	255.4 ± 38.9	32.9 ± 5.2
V	7.0 ± 0.8	6.4 ± 0.6	9.8 ± 1.5	284.2 ± 57.3	0.1 ± 0.1	17.3 ± 2.6	1.6 ± 0.1	305.4 ± 47.0	51.0 ± 5.9

This is the first time that caffeic acid, epigallocatechin gallate, syringic acid, isoquercetin, tyrosol, ferulic acid, luteolin, apigenin, diosmetin, and naringenin have been identified in hazelnut shells.

The different process variables (i.e., extraction techniques, time, temperature and static preventive maceration) had an impact on the phenolic profile and concentrations in the different extracts.

Preventive static maceration had a positive impact on the extraction of catechin for both UB and HPU extracts, which showed higher concentration of the flavanol compound compared to the analogous extracts which weren't subject to preventive maceration. Chlorogenic acid concentration in UB extracts was positively affected by preventive static maceration as well, whereas, in HPU, the longest time of extraction was detrimental for chlorogenic acid. The exposure to HPU for 60 min may have induced a partial degradation of the phenolic acid, with extracts subject to 30 min HPU showing higher concentration in chlorogenic acid. In the equivalent samples which underwent preventive maceration, the phenomenon was more marked. Long extraction time can have a negative effect on some phenolic compounds, triggering oxidation phenomena and reduction of the content [27].

In regard to the extraction methods samples obtained through UB, they showed a higher concentration of gallic acid, chlorogenic acid, and catechin compared to HPU and MAC, whereas no relevant effects were observed on specific phenolic compounds using the HPU extraction method. MAC had a positive effect on the extraction of epigallocatechin gallate, syringic acid, rutin, isoquercetin, 3-OH benzoic acid, *p*-coumaric acid, ferulic acid, luteolin, quercetin, apigenin, diosmetin, kampferol, and protocatechuic acid; however, no significant effect of temperature, time, or the combination of both seemed to outline when this method was used. Regarding gallic acid, the most abundant phenolic compound, MAC, was less effective in the extraction compared to HPU and UB methods, with the exception of the two extractions performed for the longest times (i.e., 300 min).

All these compounds here identified and determined should significantly contribute to the antioxidant ability of the hazelnut shell extracts.

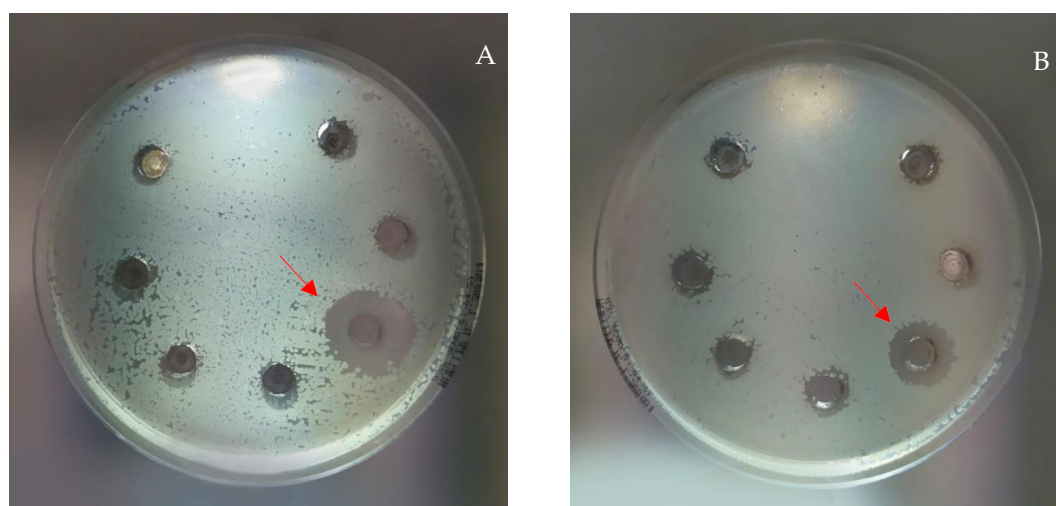
### 2.5. Antimicrobial Activity

The antimicrobial activity of the prepared extracts (Table 2) was assayed against the strains reported in Table 5 using water solutions of each extract at the concentration of 10 mg/mL. In the case of *B. subtilis*, the concentrations 5 mg/mL and 2.5 mg/mL were assayed as well. After incubation, the inhibition halo was measured for each strain tested, and the obtained results are reported in Table 5.

The extracts revealed antimicrobial activity only against some of the Gram-positive bacteria tested (*B. subtilis*, *B. cereus*, *S. aureus*, and *S. epidermidis*), while Gram-negative bacteria and yeast were not sensitive to all the assayed extracts. The obtained results are in accordance with those obtained by other authors with aqueous extracts of hazelnut kernels [28]. *B. subtilis* was the most susceptible bacteria, with extracts A–M active at the concentration of 10 mg/mL and extract K, also active at the two lowest concentrations tested (Figure 3). This antimicrobial activity, in particular against *B. subtilis*, could be mainly attributable to the high content of gallic acid measured for these extracts (Table 3), as already observed by other authors [29]. Due to the high number of phenolic molecules in each extract, it is not possible to attribute the observed activity to a specific molecule. It could certainly be hypothesized that it is attributable to a synergistic effect of the most abundant molecules in each extract.

**Table 5.** Inhibition halos measured for the extracts (10 mg/mL) assayed with different strains.

Extract	<i>S. aureus</i>	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. pyogenes</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>B. cereus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. albicans</i>
A	-	-	-	-	-	8	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-	9	-	-	-
D	-	-	-	-	-	9	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	-	-	-	-	-	9	-	-	-
G	-	-	-	-	-	9	-	-	-
H	-	-	-	-	-	9	-	-	-
I	9	-	-	-	12	8	-	-	-
J	9	-	-	-	12	8	-	-	-
K	9	-	-	-	17	-	-	-	-
L	-	-	-	-	11	-	-	-	-
M	9	14	-	-	12	9	-	-	-
N	-	-	-	-	12	-	-	-	-
O	-	-	-	-	11	-	-	-	-
P	-	-	-	-	14	-	-	-	-
Q	-	11	-	-	13	-	-	-	-
R	-	-	-	-	13	-	-	-	-
S	-	-	-	-	8	-	-	-	-
T	-	-	-	-	10	-	-	-	-
U	-	-	-	-	10	-	-	-	-
V	-	-	-	-	8	-	-	-	-

**Figure 3.** Inhibition halos measured for extract K (red arrow) at the concentrations of 5 mg/mL, 15 mm (A), and 2.5 mg/mL, 13 mm (B).

Phenolic compounds' antimicrobial capacity is well known [30] and can have concrete applications in food production in order to replace the use of other, less safe compounds to inhibit or limit microbial growth of pathogenic and spoilage microorganisms [31,32]. It is interesting to note that the prepared extracts, properly formulated, could have interesting applications in health field, for example in the treatment of wound infections due to those bacteria sensitive to the extracts. *B. subtilis*, for example, is frequently responsible for biofilm formation, often associated with hospital-acquired infections [33]. *S. aureus* and *S. epidermidis* are among the main bacteria responsible for wound infections [34], and are also responsible for biofilm formation [35]. It is interesting to underline that *S. aureus* is labelled among multi-drug-resistant strains [36], for which antimicrobial therapies alternative to the conventional ones are necessary.

The inhibition of *B. cereus* is also very important in the treatment of wounds, because this is involved in many skin infections and postoperative and post-traumatic wound infection [37].

### 3. Materials and Methods

#### 3.1. Reagents

Hazelnuts (cultivar Tonda Gentile Romana) were supplied by Fattoria Lucciano Soc. Agr. s.s. (Civita Castellana, Viterbo, Italy).

Ethanol 96% (EtOH), Folin–Ciocalteu reagent, sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), gallic acid (GA), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Trolox, 97%), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid (ABTS), potassium peroxodisulfate ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ), sodium acetate trihydrate ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ ), acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), 2,4,6-tri-(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ), hydrochloric acid (HCl), ferric chloride ( $\text{FeCl}_3$ ), ferrous sulphate heptahydrate ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ ), methanol (MeOH), acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), acetonitrile (ACN), polypropylene glycol (PPG), the standards of selected phenolic compounds gallic acid, protocatechuic acid, (-)-epigallocatechin gallate, 3-OH-benzoic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, catechin, syringic acid, rutin, *p*-coumaric acid, isoquercetin, ferulic acid, luteolin, quercetin, naringenin, apigenin, diosmetin, and kaempferol were purchased from Sigma Aldrich (Milano, Italy).

Ultrapure water was obtained by reverse osmosis process in a MilliQ Millipore system (Roma, Italy). Calcium chloride ( $\text{CaCl}_2$ ) was purchased from Carlo Erba (Milano, Italy).

Brain Heart Infusion (BHI) broth: dehydrated beef heart infusion 250 g/L, dehydrated beef brain infusion 200 g/L, disodium phosphate 2.5 g/L, sodium chloride 5 g/L, glucose 2 g/L, proteose peptone 10 g/L (Biolife Italiana s.r.l., Monza, Milano, Italy) in deionized water, pH 7.3  $\pm$  0.2, 25 °C. Mueller Hinton Agar (MHA): 2.0 g beef extract, 17.5 g casein hydrolysate, 1.5 g starch, 17.0 g agar (Oxoid Limited, Basingstoke, United Kingdom) in deionized water, pH 7.3  $\pm$  0.2, 25 °C. Mueller Hinton Agar 5% sheep blood (MHAB): Mueller Hinton Agar (Oxoid Limited, Basingstoke, United Kingdom), defibrinate sheep blood (Blood Farms of Fiastra Maddalena, Teramo, Italy) in deionized water, pH 7.3  $\pm$  0.2, 25 °C.

#### 3.2. Hazelnut Shells Grinding and Sieving

Hazelnuts were hand-crushed, and then the shells were ground by the knife mill GRINDOMIX GM 200 (Retsch, Predengo, Cremona, Italy) working at 4000 rpm, for 2.30 min. The obtained ground powder was sieved by steel sieves (Endecotts Ltd., London, UK) with mesh sizes of 4.760 mm, 2.38 mm, 1 mm, 710  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , and 400  $\mu\text{m}$ .

#### 3.3. Extracts Preparation

The extraction was performed using 2 g of ground hazelnut shells (1 g with of dimension 710–1000  $\mu\text{m}$  and 1 g of dimension 500–710  $\mu\text{m}$ ). Three different extraction procedures were performed using EtOH 70% as extraction solvent (100 mL):

A) maceration (MAC) at 25 °C and 45 °C, at ordinary pressure, under magnetic stirring (1500 rpm);

B) by using ultrasonic bath (UB) RK 100H (BANDELIN SONOREX, Berlin, Germany), power of 80/320 W and a frequency of 35 KHz, working at 25 °C for different times (5 min ON and 10 min OFF);

C) high-power ultrasonic (HPU) by an emitted power of 750 W and transmitted power of 200 W, frequency of 20 KHz, amplitude of 50%, working at 25 °C, for different times using Horn Type ultrasonic probe VCX750 (SONICS, Newtown, CT, USA).

The extraction procedures were carried out with and without preventive static maceration overnight at room temperature (R.T.) of the ground hazelnut shells (2 g) in the extraction solvent (100 mL).

After each extraction, the suspension obtained was filtered under vacuum by a cellulose membrane Whatman 41 filter (Whatman GmbH, Dassel, Germany). The solvent was evaporated by rotary evaporation (R-100, BUCHI, Cornaredo Italy) at 35 °C. The solid obtained was dissolved in 5 mL of bidistilled water and freeze-dried (DRYWINNER, Heto,

Gydevang, Denmark). The products obtained were stored in a desiccator under CaCl<sub>2</sub> until use. The yield of each extraction was calculated according to Equation (1):

$$\text{yield \%} = \frac{\text{weight of shell hazelnut}}{\text{weight of freeze - dried extract}} \times 100 \quad (1)$$

### 3.4. Total Phenol Content and Antioxidant Activity

The total phenol content (TPC) was determined by a spectrophotometric method, according to the Folin–Ciocalteu procedure, modified by Pagano et al. [38]. Deionized water, 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution, and Folin and Ciocalteu's reagent were added to an aliquot of the diluted extracts and kept protected from light for 30 min; then, the absorbance at 750 nm was measured (Lambda 20 spectrophotometer, PerkinElmer, Inc; Waltham, MA, USA). A calibration curve was prepared using gallic acid solutions, and the results were expressed as mg of gallic acid equivalents (GAE) per gram of hazelnut shells (mg GAE/g).

The radical scavenging activity of the extracts was measured by ABTS and DPPH assays. ABTS assay was carried out following the procedure described by Rocchetti et al. [39]. Sample was added to ABTS<sup>+</sup> • reagent and, after 10 min, the absorbance was measured at 734 nm. A calibration curve was prepared using Trolox solutions, and the results were expressed as mg Trolox equivalents (TE) per gram of hazelnut shells (mg TE/g). The DPPH assay was carried out according to the procedure reported by Ianni et al. [40]. DPPH (0.06 mM in ethanol) was added to the sample, and the mixture was kept in the dark for 30 min, after which the absorbance at 517 nm was measured. A calibration curve was prepared using Trolox solutions, and the results were expressed as mg TE/g.

The reducing power of the extracts was determined by FRAP (ferric reducing antioxidant power) assay. The FRAP reagent, prepared by mixing acetate buffer, TPTZ, and FeCl<sub>3</sub> · 6 H<sub>2</sub>O, was added to the extracts, and then the samples were left in the dark for 30 min. The absorbance of the sample was measured at 593 nm. A calibration curve was prepared using Trolox solutions, and the results were expressed as mg TE/g.

All spectrophotometric determinations were carried out in duplicate. Results of TPC and antioxidant activity were reported as mean value ± standard deviation (SD).

### 3.5. Chemical Analysis

The analysis of the phenolic composition was performed according to the method described by Oliva et al. in 2021 [41]. Briefly, one mg of sample was dissolved in 1 mL of solution water–methanol (90/10 *v/v*) at pH 3.00. The clean-up phase was carried out through SPE technique, by using a Strata-XL 100 μm Polymeric Reversed Phase (Phenomenex), and 10 μL of sample was loaded onto the cartridge and eluted in methanol. Afterwards, elutes were diluted (1:100) before being injected.

The chromatographic analysis was performed by an UHPLC system Nexera XR from Shimadzu (Tokyo, Japan). The analytes were separated by using an ACE Excel 2 C18-PFP column (10 cm × 2.1 mm id) from ACE (Aberdeen, UK) packed with particles of 2 μm. A column saver was also used to protect the column from damaging contaminants and microparticulate. The flow rate was 300 μL/min, driven completely into the MS ion source. The mobile phases were:

A phase: 99% H<sub>2</sub>O, 1% CH<sub>3</sub>COOH;

B phase: 100% acetonitrile.

The elution of the analytes was carried out with a gradient structured according to the following steps:

1. Linear increase of B phase from 5% to 30% in 3.0 min;
2. Linear increase of B phase from 30% to 40% in 1.4 min;
3. Linear increase of B phase from 40% to 60% in 2.5 min;
4. Linear increase of B phase from 60% to 99% in 1.5 min;
5. Isocratic of B phase at 99% for 0.5 min.

The separation of the analytes takes place in 10 min. The total duration of the analysis is 12 min, including the 2 min of rebalancing of the initial conditions between one analysis and the next.

For the identification of the analytes, the UHPLC system was coupled with a QTRAP 4500 tandem mass spectrometer (Sciex, Toronto, Canada), equipped with a heated electro-spray ionization source (V-source), and operated in the negative ionization mode.

### 3.6. Antimicrobial Activity

The experiments were performed using the agar well diffusion technique [42] on the strains reported in Table 6. The stored strains were revitalized on BHI Broth and incubated according to the growth conditions shown in Table 6.

**Table 6.** Strains used for the assay and growth conditions.

Strains	Growth Conditions
<b>Gram-positive bacteria</b>	
<i>Staphylococcus aureus</i> WDCM 00034	37 °C for 24 h
<i>Staphylococcus epidermidis</i> WDCM 00036	37 °C for 24 h
<i>Streptococcus pyogenes</i> ATCC 19615	37 °C for 24–48 h
<i>Enterococcus faecalis</i> WDCM 00087	37 °C for 24 h
<i>Bacillus subtilis</i> WDCM 00003	30 °C for 24 h
<i>Bacillus cereus</i> WDCM 00001	30 °C for 24 h
<b>Gram-negative bacteria</b>	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> WDCM 00025	25 °C for 24–48 h
<i>Escherichia coli</i> WDCM 00013	37 °C for 24 h
<b>Yeast</b>	
<i>Candida albicans</i> WDCM 00054	25 °C for 48–72 h

An initial suspension of 0.5 McFarland in 0.9% sterile saline solution was prepared for each organism, and 100 µL was distributed on MHA plates with a swab, except for *S. pyogenes*, where MHAB plates were used. At the time of use, extracts were suspended with sterile demineralized water to obtain the concentration of 10 mg/mL, and in the case of *B. subtilis*, concentrations of 5 mg/mL and 2.5 mg/mL were also tested. Then, 50 µL of extract suspension was placed in a hole (diameter of 7 mm) previously made in the center of the plates, and then incubated according to the growth conditions shown in Table 6. For each bacterial strain, each extract suspension was tested. At the end of the incubation, the presence and the diameter of the inhibition halo was measured by a gauge.

## 4. Conclusions

The aim of this work was to reuse a waste material, the hazelnut shells, as a source of active ingredients to be used in the health field.

The effect of three extraction methods (maceration, ultrasonic bath, and high-power ultrasound), as well as contact time, temperature, and preventive maceration, on the qualitative and quantitative composition of the extracts was studied. Gallic acid was the most abundant phenolic compound, in agreement with data reported in previous studies. Other major polyphenols found in the extracts were chlorogenic acid, rutin, and protocatechuic acid with the highest concentrations measured being 1345.5 µg/g, 2611.0 µg/g, and 1794.0 µg/g respectively. In general, preventive maceration favored the extraction of different phenolic compounds such as catechins. Based on the obtained results, the choice of the most suitable extraction method and process variables must be performed depending on the type of compound of interest. Further studies on this topic could provide valuable information for optimal extraction conditions.

In vitro studies highlighted that the prepared extracts show interesting antioxidant activities, especially in the extracts obtained by the maceration method. This activity is very interesting as it could be exploited in both the pharmaceutical and cosmetic fields, for example, in the treatment of wounds in which the healing process is often delayed by

the presence of radical oxygen species. Moreover, many of the prepared extracts exhibit antimicrobial activity, especially against *B. subtilis* and *B. cereus*.

Moreover, the purposed extraction methods are eco-friendly and sustainable, favoring the reuse of a waste material and respecting the environment.

**Author Contributions:** Conceptualization, A.D.M., L.P. and C.P.; methodology C.V., L.C., M.F., E.O. and S.P.; validation, M.F., M.S., C.V., F.B. and S.P.; formal analysis, C.V., A.A., F.B., M.F., E.O. and S.P.; investigation, A.D.M., C.P., M.F., M.S., F.B., L.C. and S.P.; resources, L.P., P.P., M.S., L.C., E.D.R., M.R. and A.D.M.; data curation, L.C., M.F., M.S., A.D.M., E.D.R., C.P. and A.A.; writing—original draft preparation, C.P., A.D.M., F.B., M.F., L.P., A.D.M. and B.S.; writing—review and editing, A.D.M., C.P., L.P., F.B., M.F., P.P., S.P., L.C., B.S. and M.R.; visualization L.P., C.P., A.D.M., F.B., M.F., P.P., E.D.R., M.R. and B.S.; supervision, C.P., L.P., M.R., A.D.M., B.S., P.P., M.S. and L.C.; project administration, A.D.M., L.P. and C.P.; funding acquisition, L.P., L.C., P.P., M.S., E.D.R. and B.S. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** Not applicable.

**Acknowledgments:** Authors sincerely acknowledge Marco Marani from the Department of Pharmaceutical Sciences, University of Perugia for technical assistance.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

**Sample Availability:** Samples of the compounds are available from the authors.

## References

1. Bottone, A.; Cerulli, A.; Durso, G.; Masullo, M.; Montoro, P.; Napolitano, A.; Piacente, S. Plant Specialized Metabolites in Hazelnut (*Corylus avellana*) Kernel and Byproducts: An Update on Chemistry, Biological Activity, and Analytical Aspects. *Planta Med.* **2019**, *85*, 840–855. [[CrossRef](#)]
2. Shahidi, F.; Alasalvar, C.; Liyana-Pathirana, C.M. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. *J. Agric. Food Chem.* **2007**, *55*, 1212–1220. [[CrossRef](#)]
3. Ramalhosa, E.; Delgado, T.; Estevinho, L.; Pereira, J.A. Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars and Antimicrobial Activity. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, 1th ed.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2011; pp. 627–636.
4. Ciemnińska-Zytkiewicz, H.; Verardo, V.; Pasini, F.; Bryś, J.; Koczoń, P.; Caboni, M.F. Determination of lipid and phenolic fraction in two hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars grown in Poland. *Food Chem.* **2015**, *168*, 615–622. [[CrossRef](#)]
5. Şenol, H. Biogas potential of hazelnut shells and hazelnut wastes in Giresun City. *Biotechnol. Reports* **2019**, *24*, e00361. [[CrossRef](#)]
6. Demirbas, A. Furfural production from fruit shells by acid-catalyzed hydrolysis. *Energy Sources Part A Recover. Util. Environ. Eff.* **2006**, *28*, 157–165. [[CrossRef](#)]
7. Fanali, C.; Gallo, V.; Posta, S.D.; Dugo, L.; Mazzeo, L.; Cocchi, M.; Piemonte, V.; De Gara, L. Choline chloride–lactic acid-based NADES as an extraction medium in a response surface methodology-optimized method for the extraction of phenolic compounds from hazelnut skin. *Molecules* **2021**, *26*, 2652. [[CrossRef](#)]
8. Kumar, A.; Kumar, P.; Koundal, R.; Agnihotri, V.K. Antioxidant properties and UPLC–MS/MS profiling of phenolics in jacquemont’s hazelnut kernels (*Corylus jacquemontii*) and its byproducts from western Himalaya. *J. Food Sci. Technol.* **2016**, *53*, 3522–3531. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Rusu, M.E.; Fizes, an, I.; Pop, A.; Gheldiu, A.M.; Mocan, A.; Cris, an, G.; Vlase, L.; Loghin, F.; Popa, D.S.; Tomuta, I. Enhanced recovery of antioxidant compounds from hazelnut (*Corylus avellana* L.) involucre based on extraction optimization: Phytochemical profile and biological activities. *Antioxidants* **2019**, *8*, 460. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Shahidi, F.; Ambigaipalan, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *J. Funct. Foods* **2015**, *18*, 820–897. [[CrossRef](#)]
11. Herrera, R.; Hemming, J.; Smeds, A.; Gordobil, O.; Willför, S.; Labidi, J. Recovery of bioactive compounds from hazelnuts and walnuts shells: Quantitative–qualitative analysis and chromatographic purification. *Biomolecules* **2020**, *10*, 1363. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Barbulova, A.; Colucci, G.; Apone, F. New trends in cosmetics: By-products of plant origin and their potential use as cosmetic active ingredients. *Cosmetics* **2015**, *2*, 82–92. [[CrossRef](#)]
13. Pagano, C.; Marinozzi, M.; Baiocchi, C.; Beccari, T.; Calarco, P.; Ceccarini, M.R.; Chielli, M.; Orabona, C.; Orecchini, E.; Ortenzi, R.; et al. Bioadhesive Polymeric Films Based on Red Onion Skins Extract for Wound Treatment: An Innovative and Eco-Friendly Formulation. *Molecules* **2020**, *25*, 318. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

14. Pagano, C.; Perioli, L.; Baiocchi, C.; Bartocchini, A.; Beccari, T.; Blasi, F.; Calarco, P.; Ceccarini, M.R.; Cossignani, L.; di Michele, A.; et al. Preparation and characterization of polymeric microparticles loaded with Moringa oleifera leaf extract for exuding wound treatment. *Int. J. Pharm.* **2020**, *587*, e119700. [[CrossRef](#)]
15. Pagano, C.; Baiocchi, C.; Beccari, T.; Blasi, F.; Cossignani, L.; Ceccarini, M.R.; Orabona, C.; Orecchini, E.; Di Raimo, E.; Primavilla, S.; et al. Emulgel loaded with flaxseed extracts as new therapeutic approach in wound treatment. *Pharmaceutics* **2021**, *13*, 1107. [[CrossRef](#)]
16. Yuan, B.; Lu, M.; Eskridge, K.M.; Hanna, M.A. Valorization of hazelnut shells into natural antioxidants by ultrasound-assisted extraction: Process optimization and phenolic composition identification. *J. Food Process. Eng.* **2018**, *41*, e12692. [[CrossRef](#)]
17. Encyclopedia Britannica online. *Choice Rev. Online* **2004**, *41*.
18. Dzah, C.S.; Duan, Y.; Zhang, H.; Wen, C.; Zhang, J.; Chen, G.; Ma, H. The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Biosci.* **2020**, *35*, 100547. [[CrossRef](#)]
19. Minatel, I.O.; Borges, C.V.; Ferreira, M.I.; Gomez, H.A.G.; Chen, C.-Y.O.; Lima, G.P.P. Phenolic Compounds: Functional Properties, Impact of Processing and Bioavailability. *Phenolic Compd. Biol. Act.* **2017**, *1*–24.
20. Yuan, B.; Lu, M.; Eskridge, K.M.; Isom, L.D.; Hanna, M.A. Extraction, identification, and quantification of antioxidant phenolics from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shells. *Food Chem.* **2018**, *244*, 7–15. [[CrossRef](#)]
21. Masullo, M.; Cerulli, A.; Mari, A.; de Souza Santos, C.C.; Pizza, C.; Piacente, S. LC-MS profiling highlights hazelnut (*Nocciola di Giffoni* PGI) shells as a byproduct rich in antioxidant phenolics. *Food Res. Int.* **2017**, *101*, 180–187. [[CrossRef](#)]
22. Pérez-Armada, L.; Rivas, S.; González, B.; Moure, A. Extraction of phenolic compounds from hazelnut shells by green processes. *J. Food Eng.* **2019**, *255*, 1–8. [[CrossRef](#)]
23. Xu, Y.; Sismour, E.N.; Parry, J.; Hanna, M.A.; Li, H. Nutritional composition and antioxidant activity in hazelnut shells from US-grown cultivars. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2012**, *47*, 940–946. [[CrossRef](#)]
24. Paixão, N.; Perestrelo, R.; Marques, J.C.; Câmara, J.S. Relationship between antioxidant capacity and total phenolic content of red, rosé and white wines. *Food Chem.* **2007**, *105*, 204–214. [[CrossRef](#)]
25. Dunnill, C.; Patton, T.; Brennan, J.; Barrett, J.; Dryden, M.; Cooke, J.; Leaper, D.; Georgopoulos, N.T. Reactive oxygen species (ROS) and wound healing: The functional role of ROS and emerging ROS-modulating technologies for augmentation of the healing process. *Int. Wound J.* **2017**, *14*, 89–96. [[CrossRef](#)]
26. Nazzaro, M.; Valentina Mottola, M.; La Cara, F.; Del Monaco, G.; Patrizia Aquino, R.; Volpe, M.G. Extraction and characterization of biomolecules from agricultural wastes. *Chem. Eng. Trans.* **2012**, *27*.
27. Perva-Uzunalić, A.; Škerget, M.; Knez, Ž.; Weinreich, B.; Otto, F.; Grüner, S. Extraction of active ingredients from green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chem.* **2006**, *96*, 597–605. [[CrossRef](#)]
28. Oliveira, I.; Sousa, A.; Morais, J.S.; Ferreira, I.C.F.R.; Bento, A.; Estevinho, L.; Pereira, J.A. Chemical composition, and antioxidant and antimicrobial activities of three hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Food Chem. Toxicol.* **2008**, *46*, 1801–1817. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Kubo, I.; Fujita, K.I.; Nihei, K.I.; Nihei, A. Antibacterial Activity of Akyll Gallates against *Bacillus subtilis*. *J. Agric. Food Chem.* **2004**, *52*, 1072–1076. [[CrossRef](#)]
30. Proestos, C.; Chorianopoulos, N.; Nychas, G.J.E.; Komaitis, M. RP-HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *J. Agric. Food Chem.* **2005**, *53*, 1190–1195. [[CrossRef](#)]
31. Roila, R.; Ranucci, D.; Valiani, A.; Galarini, R.; Servili, M.; Branciari, R. Antimicrobial and anti-biofilm activity of olive oil by-products against *Campylobacter* spp. isolated from chicken meat. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* **2019**, *18*, 43–52.
32. Roila, R.; Valiani, A.; Ranucci, D.; Ortenzi, R.; Servili, M.; Veneziani, G.; Branciari, R. Antimicrobial efficacy of a polyphenolic extract from olive oil by-product against “Fior di latte” cheese spoilage bacteria. *Int. J. Food Microbiol.* **2019**, *295*, 49–53. [[CrossRef](#)]
33. Kayumov, A.R.; Khakimullina, E.N.; Sharafutdinov, I.S.; Trizna, E.Y.; Latypova, L.Z.; Thi Lien, H.; Margulis, A.B.; Bogachev, M.I.; Kurbangalieva, A.R. Inhibition of biofilm formation in *Bacillus subtilis* by new halogenated furanones. *J. Antibiot.* **2015**, *68*, 297–301. [[CrossRef](#)]
34. Giacometti, A.; Cirioni, O.; Schimizzi, A.M.; Del Prete, M.S.; Barchiesi, F.; D’Errico, M.M.; Petrelli, E.; Scalise, G. Epidemiology and microbiology of surgical wound infections. *J. Clin. Microbiol.* **2000**, *38*, 918–922. [[CrossRef](#)]
35. Ronco, T.; Aragao, M.F.; Svenningsen, S.; Christensen, J.B.; Permin, A.; Saaby, L.; Bionda, N.; Lantz, E.E.; Olsen, R.H. Efficacy of a novel antimicrobial hydrogel for eradication of *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* and *Cutibacterium acnes* from preformed biofilm and treatment performance in an in vivo MRSA wound model. *JAC-Antimicrobial Resist.* **2021**, *3*, 1–7. [[CrossRef](#)]
36. Pîrvănescu, H.; Bălăşoiu, M.; Ciurea, M.E.; Bălăşoiu, A.T.; Mănescu, R. Wound infections with multi-drug resistant bacteria. *Chir.* **2014**, *109*, 73–79.
37. Bottone, E.J. *Bacillus cereus*, a volatile human pathogen. *Clin. Microbiol. Rev.* **2010**, *23*, 382–398. [[CrossRef](#)]
38. Pagano, C.; Perioli, L.; Blasi, F.; Bastianini, M.; Chiesi, C.; Cossignani, L. Optimisation of phenol extraction from wine using layered double hydroxides and technological evaluation of the bioactive-rich powder. *Int. J. Food Sci. Technol.* **2017**, *52*, 2582–2588. [[CrossRef](#)]
39. Rocchetti, G.; Pagnossa, J.P.; Blasi, F.; Cossignani, L.; Piccoli, R.H.; Zengin, G.; Montesano, D.; Cocconcelli, P.S.; Lucini, L. Phenolic profiling and in vitro bioactivity of *Moringa oleifera* leaves as affected by different extraction solvents. *Food Res. Int.* **2020**, *127*, 108712. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

- 
40. Ianni, F.; Blasi, F.; Angelini, P.; Di Simone, S.C.; Flores, G.A.; Cossignani, L.; Venanzoni, R. Extraction optimization by experimental design of bioactives from pleurotus ostreatus and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities. *Processes* **2021**, *9*, 743. [[CrossRef](#)]
  41. Oliva, E.; Viteritti, E.; Fanti, F.; Eugelio, F.; Pepe, A.; Palmieri, S.; Sergi, M.; Compagnone, D. Targeted and semi-untargeted determination of phenolic compounds in plant matrices by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* **2021**, *1651*, 462315. [[CrossRef](#)]
  42. Balouiri, M.; Sadiki, M.; Ibsouda, S.K. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *J. Pharm. Anal.* **2016**, *6*, 71–79. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

## Ringraziamenti

Ci tengo a ringraziare il Dipartimento dell'Amministrazione Penitenziaria che mi ha concesso l'autorizzazione per lo svolgimento di questo Dottorato, e il Prof. Bartolomeo Schirone che me ne ha permesso l'elaborazione.