

SALVATORE VICIDOMINI (\*)

BIOLOGIA DI *XYLOCOPA (XYLOCOPA)*  
*VIOLACEA (L.): LA PUPA*  
(*Hymenoptera Apidae*)

ABSTRACT - VICIDOMINI S., 1998 - Biology of *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (L.): the pupa (*Hymenoptera Apidae*).

Atti Acc. Rov. Agiati, a. 248, 1998, ser. VII, vol. VIII, B: 115-129.

*Xylocopa (Xylocopa) violacea* pupal morphology, behavioural activity, transformation and pigmentation were the aims of this contribute. Developmental duration of pupal instar and subinstar were studied particularly.

KEY WORDS - *Xylocopa violacea*, ontogenesis, morphology, pupa, Southern Italy.

RIASSUNTO - VICIDOMINI S., 1998 - Biologia di *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (L.): la pupa (*Hymenoptera Apidae*).

Il presente contributo descrive morfologia, attività comportamentale, processo di trasformazione e pigmentazione dello stadio pupa in *Xylocopa (Xylocopa) violacea*. Viene inoltre approfondito lo studio relativo alla durata dello stadio pupa e dei suoi substadi.

PAROLE CHIAVE - *Xylocopa violacea*, ontogenesi, morfologia, pupa, Sud Italia.

## INTRODUZIONE

Lo studio delle specie della tribù Xylocopini (Apidae: Xylocopinae) è stato rivolto in particolare allo stadio immaginale e ciò per ovvi motivi di praticità di manipolazione e conservazione nonché per il loro esteso uso in sistematica, trascurando in buona parte gli stadi immaturi; gli

---

(\*) Lavoro presentato dal Socio accademico Dr. Franco Finotti.

studi sulle pupe degli Apoidea, che contengano informazioni pertinenti alla tribù Xylocopini, sono scarsi (e.g. per la morfologia: MICHENER, 1954; LUCAS DE OLIVEIRA, 1974; STEHR, 1991; per le durate dei tempi di sviluppo: vedi tab. IV). Questo contributo è uno studio sulle caratteristiche morfologiche esterne ed i tempi di sviluppo dello stadio pupa, e dei suoi substadi, in *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (L., 1758).

## METODI

Il presente contributo è stato realizzato a partire da 30 nidi, installati in canne derivate da *Arundo donax* L., prelevati, tra il 1987 ed il 1996, dall'area di studio II, sita in Nocera Superiore (Campania, Italia; U.T.M.: 33TVF70; 40°44' N, 14°41' E; estensione: 4660 m<sup>2</sup>; altitudine: 60 m s.l.m.) e portati in laboratorio, ove lo sviluppo è avvenuto ad una temperatura media di 25.2°C in giugno e 27.8°C in luglio (vedi prospetto riassuntivo in VICIDOMINI, 1996c: tab. 1-B). Lo stadio pupa (= P) è stato suddiviso nei seguenti substadi sequenziali (vedi: WATMOUGH & VAN ARK, 1989): PBI: pupa completamente apigmentata ed immobile; POPI: pupa con gli occhi composti pigmentati ed immobile; PPI: pupa col corpo in pigmentazione ma ancora immobile; PPM: pupa in pigmentazione e mobile. Per ogni substadio viene riportata la durata in giorni e le percentuali relative alla durata dello sviluppo totale (%ST) ed alla durata totale della pupa (%P). Inoltre lo stesso discorso viene effettuato per la durata dei fori sternali (FSMP); per la durata totale della pigmentazione invece viene considerato solo il rapporto percentuale con la durata della pupa. La comparsa dei peli viene riportata solo come durata in giorni. Le celle (C) vengono misurate tra i bordi interni dei diaframmi che la delimitano ed inoltre vengono numerate attribuendo I (cifre romane) alla cella più prossimale all'ingresso (= più esterna), mentre il numero maggiore alla cella di fondo ovvero la più distale dall'ingresso (= più interna). L'osservazione interna dei nidi veniva eseguita scopercchiando longitudinalmente la canna in laboratorio e ad intervalli di 24 h venivano osservati gli esemplari in sviluppo; i tempi esatti di sviluppo totale (ST) vengono ottenuti con la tecnica di monitoraggio giornaliero dei nidi descritta in VICIDOMINI (1996b) la quale permette un'approssimazione di 0.5 g. Non vengono considerati gli individui morti prima di raggiungere lo stadio immaginale. Il campione totale nonchè i subcampioni di maschi e femmine sono stati suddivisi in base alla lunghezza delle celle in tre classi (vedi tab. I, II, III) ed in altrettante classi in base alla posizione delle celle stesse (vedi tab. I, II,

III) eseguendo i calcoli sulle durate (opportunamente ripartite) per tutte e sei le classi complessive, ricercando particolari modelli di variazione.

## RISULTATI

*Morfologia* - La pupa è identica all'adulto (per una completa descrizione dell'adulto vedi: HURD & MOURE, 1963) tranne che è totalmente depigmentata e muove solo l'addome in ambedue i sensi rotatori. Subito sopra le mandibole è presente un grosso sperone cuticolare simile ad un corno. Le ali inoltre sono in forma rudimentale e sono lunghe 6-8 mm. Subito dietro la base delle ali posteriori, nella stessa posizione sul lato del mesosoma sono presenti 2 grossi stigmi tracheali (1 per lato) di 1 mm di diametro; essi hanno il bordo rilevato e rosso brillante, molto visibile se si dispone di lato la pupa ma completamente invisibile quando la pupa giace in posizione normale, ovvero col ventre diretto superiormente. Sulla metà anteriore del metasoma è visibile il tubo dorsale pulsante nei primi 3 segmenti; man mano poi regredisce divenendo discontinuo e limitato solo ai primi due segmenti. Poi nel corso dello sviluppo rimarrà visibile solo su pochissimi punti sul metasoma, almeno fin quando non inizierà la fase della pigmentazione. Fin dall'emersione della pupa, su sterno e noto mesosomale del II segmento, in posizione corrispondente, sono visibili 2 fori nella prima fase dello sviluppo della pupa. Questi dapprima si presentano come due fessure strette, poi nel corso dei giorni si coprono di cuticola e si appannano progressivamente, allargandosi sempre più ed assumendo una forma circolare, fino al loro completo ricoprimento che avviene in 6-7 g.

Una caratteristica invece presente solo in alcune pupe è la presenza di strisce latero metasomali di colore marrone. Queste compaiono entro 3 giorni (range: 0-3 g) dalla formazione della pupa, ma solitamente entro il primo giorno e possono assumere varie gradazioni di marrone, dall'intenso al tenue; inoltre possono essere complete per tutta la lunghezza del metasoma oppure solo per 3/4-1/2, partendo sempre dall'apice del metasoma. In 2 pupe è stata osservata solo una striscia laterometasomale in totale. Esse sono spesse al massimo 1 mm e rimangono per tutta la durata della pupa. Al loro posto nelle pupe sprovviste di strisce laterometasomali sono presenti delle strisce opache, ruvide e di colore latteo, le quali però non si colorano nella prima fase della vita pupale.

In entrambi i sessi è presente una struttura molto particolare alla punta del metasoma. Dorsalmente il VI segmento costituisce una sorta di piastrina tegumentaria triangolare, alla quale corrisponde ventralmente

una seconda piastrina triangolare più stretta e più corta della dorsale. Tra le due è inserita una struttura tegumentaria quadrata ad angoli arrotondati più lunga delle due piastrine triangolari, la quale termina posteriormente con una sorta di punta o spina. La morfologia del lato ventrale della placchetta tegumentaria quadrata rivela delle chiare differenze tra maschi e femmine che ne permette l'immediata identificazione senza far ricorso alla fine osservazione delle antenne. Nei maschi sono presenti 5 strutture globoidali rilevate; 4 di queste partono dalla base della placchetta quadrata e sono poste nella parte centrale di questa occupando oltre la metà dell'area disponibile. Essi sono posti uno di fianco all'altro, uniti, con il loro asse maggiore parallelo a quello della spina terminale. Il quinto globulo è posto al di sotto della base della spina terminale, con l'asse maggiore ortogonale a quello dei globuli precedenti. Nelle femmine esistono due esili stilette strettamente affiancati, nella regione centrale della placchetta quadrata; essi arrivano fino a pochissima distanza dalla radice della spina terminale. Sono costituiti da due sezioni longitudinali: la prima è rappresentata dalle due sezioni longitudinali interne dei due stilette (punto di contatto tra i due stilette), di colore marroncina; la seconda è la sezione esterna, più grande della precedente e di colore bianco.

*Attività* - La pupa può svolgere solo movimenti rotatori del metasoma e questi vengono effettuati durante la differenziazione dalla pupa a partire dalla larva, ove con dette rotazioni viene eliminata l'esuvia larvale dal metasoma stesso. Dopo la differenziazione definitiva, la maggior parte del tempo viene passata in posizione quiescente in completa immobilità e col ventre rivolto verso l'alto; l'apparato lambente è disgiunto nei suoi pezzi e rilassato in posizione mediana tra i tarsi delle 6 zampe; le zampe sono tutte raccolte, coi basitarsi completamente flessi sulle rispettive tibie e con queste ultime sui rispettivi femori. Gli unici movimenti (rotatori) vengono eseguiti quando la pupa viene disturbata da luce oppure da movimenti bruschi del nido. Tramite la spina terminale il metasoma fa perno sulla parete interna del nido per spostare completamente il proprio corpo; se una pupa viene posta col ventre verso il basso essa nel giro di qualche ora si ricolloca in posizione quiescente (100 casi). A pigmentazione abbondantemente iniziata la pupa acquista progressivamente la capacità di muovere i vari somiti per cui reagisce agli stress con movimenti che somigliano alla deambulazione ma se ne differenziano in quanto nelle prime fasi sono incompleti (non tutti i somiti si muovono) ed incoordinati; nella seconda fase i movimenti sono completi ma poco coordinati.

*Trasformazione larva-pupa* - Terminata la pasta pollinica la larva si divide in due regioni. La regione anteriore è costituita dai segmenti I-V

i quali ben presto perderanno la loro identità, fondendosi l'uno con l'altro, sparirà il tubo pulsante dorsale, e gli stigmi diverranno ipofunzionanti; tutto ciò continua fino a che non si forma una netta divisione tra la regione anteriore e la regione posteriore del corpo. In quest'ultima la superficie diviene molto porosa e ruvida, gli spiracoli sono sempre funzionali, e la parte terminale perde progressivamente consistenza, raggrinzendosi. A questo punto la larva ha la forma di un uncino (prepupa). Durante la trasformazione la zona di confine tra la parte anteriore e la parte posteriore del corpo si accentua sempre di più e la punta posteriore della larva si disidrata e si raggrinzisce maggiormente. Il capo della larva si disidrata, si schiaccia superiormente e viene spinto in avanti dalle antenne, che si stanno progressivamente formando ed allungando. Intanto subito dietro le antenne in formazione si abbozzano sul dorso della prima parte della larva, le forme degli occhi composti; sul ventre invece si iniziano ad intravedere le forme delle 6 zampe e delle ali. Entro un'ora il capo della larva viene completamente disidratato e schiacciato, sospinto alla punta delle antenne e delle galee, dalle quali si staccherà di lì a poco. Le antenne sono poste aderenti al capo, mentre le 2 galee separate e la lingua, sono poste aderenti al corpo lungo la linea mediana, tra i tarsi delle 3 coppie di zampe. Il mesosoma ha assunto la forma definitiva con le zampe raccolte sotto il corpo e le piccole ali poste esternamente e lateralmente sulle zampe mediane. A questo punto, dopo che la prima parte del corpo della prepupa ha differenziato capo e mesosoma tipicamente pupali, la seconda regione prepupale è rimasta ancora invariata. Nel corso di 60-70 min anche la forma del metasoma diverrà definitiva; innanzitutto, la forma diverrà sempre più depressa dorso-ventralmente e tenderà ad accorciarsi ed allargarsi; poi i segmenti (6 principali) si definiranno ricoprendosi con degli ispessimenti cuticolari. A questo punto, con movimenti rotatori la cuticola lacerata viene lentamente fatta scivolare verso la punta del metasoma in formazione. La punta durante tutto il processo si è completamente disidratata ed alla fine ha assunto la forma di una lamina quadrata con gli angoli arrotondati, dotata di una spina terminale.

*Pigmentazione e modificazioni della pupa* - La prima parte della pupa che si pigmenta è costituita dalle ali le quali dopo appena 0.8 g assumono un colore marrone che verrà mantenuto inalterato per tutta la durata della pupa. Subito dopo (~ 1 g) gli occhi composti assumono una colorazione marroncina tenue solo sul loro contorno e contemporaneamente gli ocelli visivi diverranno evidenti; inoltre le zone di separazione tra le suture dei segmenti fusi (e.g.: capo) oppure le zone di confine tra i segmenti, diventano più scure. Successivamente gli occhi com-

posti vanno incontro ad una progressiva colorazione; innanzitutto la pigmentazione marroncina tenue si espande su tutta la superficie dell'occhio, la quale poi nel corso dei giorni diviene marrone scura, viola ed infine nera. Fino a questo punto il resto del corpo della pupa non ha subito cambiamenti di rilievo; quando la pigmentazione degli occhi è completata (8-9 g dall'emersione della pupa), compaiono delle macchie nere molto evidenti sul lato interno delle coxe posteriori le quali però durano in questa forma solo alcune ore per cui non in tutte le pupe è possibile osservarle. A questa effimera fase segue una rapida pigmentazione in grigio-nero del capo (esclusi sutura epistomale, bocca e relative appendici, antenne); contemporaneamente mesosoma (escluse le zampe dai femori ai tarsi) e metasoma (esclusa la zona ventrale della punta) sviluppano una analoga colorazione. Nella fase successiva si pigmentano: i femori, la lingua e lo scapo+pedicello; poi le tibie e la metà prossimale alle tibie dei basitarsi e 1/2 del flagello; poi la restante metà dei basitarsi ed il terzo quarto del flagello. A questo punto (11-12 g dall'emersione della pupa) le zampe posteriori iniziano ad essere mosse a mo' di compasso, al livello dell'articolazione coxale. Nella fase successiva si completa la pigmentazione delle zampe (tarsi), dell'apparato boccale (galee), delle antenne (ultimi flagellomeri) e si pigmentano anche i vari elementi della punta metasomale (esclusa la placchetta quadrata); a questo punto la pupa sviluppa progressivamente tutti i movimenti di cui è dotata l'immagine, ma ancora in forma non coordinata. L'unica parte ancora non pigmentata è costituita dalla placchetta terminale quadrata. L'ultima fase è rappresentata da un inscurimento generalizzato del corpo, dalla raggiunta coordinazione dei movimenti, dall'emersione della peluria al di sotto dell'esuvia e dalla lacerazione finale dell'esuvia stessa. La peluria compare dopo 2.29 g in media, con solo lievi differenze in maschi e femmine (2.18, 2.37 g, in tab. I, II, III). Durante la colorazione della pupa si possono osservare a seconda degli individui due colori delle parti apigmentate: bianche, come nelle pupe appena formatesi; marroncino. In alcuni casi sono stati osservati individui con segmenti delle zampe marroni ed altri bianchi. L'intera fase della pigmentazione dura 13.74 g in media.

Una volta emersa l'immagine, questa passa attraverso le seguenti fasi. Nella prima fase le ali devono essere spiegate tramite il pompaggio dell'emolinfa nelle venature; inoltre viene svuotato l'intestino. Nella seconda fase le ali si devono pigmentare irrobustire ed asciugare. A questo punto l'immagine è pronta per il volo; già tra la I e la II fase le immagini sono in grado di emettere ronzii.

*Tempi di sviluppo* - I dati per l'intero campione sono tutti riassunti

in tabella I. La durata ST (37.81 g in media) incrementa all'aumentare della lunghezza delle celle; una differenza ancora più accentuata si osserva tra le posizioni esterne (I-IV) e quelle interne (IX-XIV) con queste ultime che mostrano circa sette giorni in più di sviluppo. P (17.56 g; 46, 70 %ST) mostra anch'essa un incremento nella durata all'aumentare della lunghezza e posizione delle celle; al contrario l'importanza percentuale della pupa rispetto ST decresce sia rispetto alla lunghezza che posizione delle celle. FSMP (6.76 g) presentano una durata circa uniforme sia in celle lunghe che corte, sia in celle interne che esterne, dato confermato anche dalla %ST e %P. L'intera fase della pigmentazione della pupa dura 13.74 g (78.22 %P); la durata di PIGMP incrementa all'aumentare della lunghezza e posizione delle celle, dato confermato dalle %ST e % P. Passando ora ai 4 substadi si osserva che la durata di PBI (0.80 g) decresce all'aumentare della lunghezza e della posizione della cella, dato confermato dalle %ST e % P. La durata della POPI (7.96 g) invece subisce un lieve incremento all'aumentare della lunghezza e posizione delle celle, mentre i valori percentuali sono circa costanti con i valori minimi in corrispondenza di lunghezza e posizione delle celle intermedie. La durata di PPI (3.34 g), e la sua importanza percentuale sono circa costanti. PPM (5.25 g) ha una durata leggermente inferiore in corrispondenza di  $C \leq 16$  mm e Pos. I-IV; i valori %ST e % P sono circa costanti.

Per quanto riguarda le femmine i dati sono tutti riassunti in tabella II. ST (38.65) è minima per le celle di lunghezza intermedia (~ 2 g minore); ST invece aumenta all'aumentare della posizione, dato confermato anche dalla durata di P (17.82 g); l'importanza percentuale della P invece, decresce all'aumentare della lunghezza e posizione della cella. FSMP (6.77 g) presenta una durata circa costante se si eccettuano le classi  $C \leq 17$  mm (forse a causa dell'esiguità del campione) e Pos. IX-XIV; la %ST decresce all'aumentare della lunghezza e posizione delle celle, mentre la % P decresce all'aumentare della lunghezza della cella ed è costante all'aumentare della posizione. La durata PIGMP (13.98) è circa costante in  $C \leq 16$  mm ed intermedie ed aumenta in  $C \geq 20$  mm, mentre aumenta all'aumentare della posizione; le %ST e % P invece aumentano all'aumentare della lunghezza e posizione della cella. Per quanto riguarda i substadi, PBI (0.77 g) mostra durata, %ST e % P decrescenti all'aumentare della lunghezza e posizione delle celle. POPI (8.16 g) ha una durata e %ST decrescente rispetto alla lunghezza delle celle, mentre la % P decresce solo nel passaggio tra  $C \leq 16$  mm e celle intermedie, rimanendo costante nelle  $C \geq 20$  mm; per quanto riguarda invece le tre classi di posizioni l'andamento della variazione nella dura-

ta e nelle %ST e % P non seguono un modello lineare. PPI (3.24 g) presenta una durata circa costante, dato confermato anche dai valori %ST e % P. PPM (5.35 g) segue lo stesso modello di PPI tranne nel caso della % P i cui valori decrescono all'aumentare della posizione della cella (tab. II).

Nei maschi (i cui dati sono tutti riassunti in tab. III) la durata ST (36.53 g) è costante nelle celle  $C \leq 16$  mm ed in quelle intermedie mentre decresce nelle  $C \geq 20$  mm; ST aumenta all'aumentare della posizione. P (17.25 g) invece presenta una durata maggiore in corrispondenza delle celle con lunghezza intermedia, ed aumenta all'aumentare della posizione; la %ST invece aumenta all'aumentare delle dimensioni delle celle mentre decresce sensibilmente all'aumentare della posizione. FSMP (6.75 g) hanno una durata circa costante; anche le %ST e % P sono globalmente costanti, se si eccettua %ST per  $C \geq 20$  mm. PIGMP (13.37 g) ha una durata inferiore in  $C \leq 16$  mm rispetto alle altre due classi di lunghezza, mentre è circa costante rispetto alla posizione; i valori %ST e % P non seguono un modello lineare. Per quanto concerne i substadi, PBI (0.86 g) ha una durata circa costante, dato comprovato dai valori %ST e % P. POPI (7.40 g) ha una durata circa costante; mentre però %ST è costante relativamente alla lunghezza delle celle, essa diminuisce in relazione all'aumento della posizione; % P decresce solo nel passaggio tra  $C \leq 16$  mm e celle intermedie, dopodiché rimane costante, dato confermato anche per le tre classi di posizione. PPI (3.51 g) ha anch'essa una durata circa costante; %ST e % P incrementano all'aumentare della lunghezza delle celle mentre sono circa costanti al variare della posizione. PPM (5.08 g) presenta una durata lievemente maggiore in corrispondenza delle celle con lunghezza intermedia (dato ottenuto anche per % P), mentre è circa costante in base alla posizione; %ST cresce solo nel passaggio tra  $C \leq 16$  mm e celle intermedie, dopodiché rimane costante, mentre decresce all'aumentare della posizione; % P aumenta all'aumentare della posizione.

## DISCUSSIONI

*Caratteristiche esteriori* - Le grandi dimensioni dei due stigmi respiratori sono probabilmente tipiche degli ambienti asfittici che vigono nei tunnel ove avviene lo sviluppo. La presenza, solo in alcune pupe, e soprattutto la funzione delle strisce laterometasomali non è nota e viene per la prima volta riportata per una specie di Xylocopini. I FSMP sono certamente delle invaginazioni della cuticola verso l'interno del

Campione	Totale (180)	C ≤ 16 mm (40)	C ≥ 17 e < 20 mm (92)	C ≥ 20 mm (48)	Pos. I-IV (88)	Pos. V-VIII (74)	Pos. IX-XIV (18)
ST.	37.81; 3.72	36.89; 2.95	37.62; 3.25	38.96; 4.77	35.94; 3.13	38.87; 2.36	42.62; 4.88
P	17.56; 1.84	17.26; 1.83	17.60; 1.90	17.85; 1.71	17.31; 1.95	17.66; 1.71	18.67; 1.34
%ST	46.70; 5.00	46.90; 4.60	46.96; 5.23	46.05; 4.91	48.31; 4.85	45.54; 4.71	43.62; 4.33
FSMP	6.76; 0.97	6.90; 1.01	6.71; 1.05	6.75; 7.85	6.68; 1.04	6.81; 0.92	7.00; 0.84
%ST	17.96; 2.69	18.70; 2.38	17.91; 2.91	17.43; 2.42	18.62; 2.74	17.56; 2.53	16.34; 2.15
%P	38.54; 4.50	40.06; 4.94	38.10; 4.23	37.99; 4.46	38.66; 4.60	38.64; 4.52	37.56; 4.10
PIGMP	13.74; 1.80	12.95; 1.91	13.75; 1.68	14.37; 1.71	13.29; 1.69	13.81; 1.68	15.58; 16.29
%P	78.22; 7.20	74.95; 7.29	78.43; 7.46	80.53; 5.55	77.07; 7.51	78.31; 6.57	83.46; 59.42
PBI	0.80; 0.24	0.89; 0.21	0.80; 0.25	0.74; 0.25	0.83; 0.24	0.80; 0.25	0.67; 0.24
%ST	2.14; 0.70	2.42; 0.62	2.13; 0.69	1.93; 0.71	2.34; 0.69	2.05; 0.64	1.57; 0.61
%P	4.59; 1.45	5.17; 1.28	4.57; 1.45	4.16; 1.46	4.85; 1.40	4.54; 1.46	3.57; 1.33
POPI	7.96; 1.60	7.76; 1.29	7.87; 1.60	8.29; 1.82	7.71; 1.29	8.07; 1.98	8.69; 0.86
%ST	21.41; 3.66	21.40; 3.48	21.52; 3.85	21.23; 3.50	22.16; 3.44	20.60; 3.88	21.08; 3.14
%P	44.76; 5.30	45.27; 5.36	44.20; 5.19	45.42; 5.45	44.61; 5.07	44.48; 5.83	46.62; 3.71
PPI	3.34; 0.79	3.40; 0.78	3.35; 0.87	3.29; 0.65	3.34; 0.76	3.30; 0.81	3.56; 0.92
%ST	9.49; 3.12	9.87; 3.17	9.40; 2.99	9.33; 3.36	9.98; 3.06	9.03; 3.11	8.97; 3.28
%P	19.12; 3.91	19.74; 4.20	19.17; 4.08	18.51; 3.25	19.38; 3.83	18.78; 3.96	19.23; 4.17
PPM	5.25; 0.86	4.94; 0.99	5.34; 0.75	5.32; 0.89	5.10; 0.90	5.38; 0.80	5.39; 0.80
%ST	14.20; 2.29	13.73; 2.61	14.40; 2.07	14.22; 2.39	14.46; 2.40	14.10; 2.03	13.38; 2.64
%P	29.81; 4.33	28.59; 5.01	30.51; 3.62	29.48; 4.78	29.52; 4.38	30.57; 3.70	28.09; 5.86
PELI	2.29; 0.48	2.22; 0.48	2.29; 0.46	2.35; 0.52	2.20; 0.43	2.34; 0.50	2.56; 0.51

Tab. I - Media e deviazione standard per l'intero campione di pupe.

Tra parentesi vengono riportate le entità dei campioni per ogni classe considerata.

Campione	Totale (109)	C ≤ 16 mm (7)	C ≥ 17 e < 20 mm (59)	C ≥ 20 mm (43)	Pos. I-IV (36)	Pos. V-VIII (56)	Pos. IX-XIV (17)
ST.	38.65; 3.93	40.00; 3.30	37.82; 3.37	39.55; 4.51	36.54; 3.98	38.78; 2.24	42.64; 5.03
P	17.82; 1.83	18.86; 1.55	17.59; 1.95	17.95; 1.66	17.53; 2.21	17.75; 1.63	18.65; 1.38
%ST	46.30; 5.05	47.30; 4.36	46.73; 5.33	45.54; 4.74	48.15; 5.06	45.90; 4.84	43.71; 4.45
FSMP	6.77; 0.95	7.57; 1.30	6.72; 1.02	6.72; 0.73	6.60; 1.09	6.80; 0.88	7.06; 0.83
%ST	17.60; 2.54	18.84; 2.27	17.84; 2.76	17.06; 2.17	18.11; 2.56	17.60; 2.59	16.52; 2.08
%P	38.13; 4.43	40.23; 6.45	38.25; 4.16	37.63; 4.43	37.76; 4.34	38.44; 4.67	37.91; 3.94
PIGMP	13.98; 1.71	13.79; 0.99	13.63; 1.71	14.48; 1.72	13.22; 1.36	14.00; 1.64	15.50; 1.64
%P	78.98; 6.79	74.36; 8.18	78.91; 6.06	79.81; 7.34	77.97; 6.48	78.37; 6.87	83.11; 5.92
PBI	0.77; 0.25	0.86; 0.24	0.79; 0.25	0.72; 0.25	0.79; 0.25	0.78; 0.25	0.65; 0.23
%ST	2.00; 0.70	2.14; 0.61	2.10; 0.72	1.85; 0.68	2.18; 0.72	2.03; 0.66	1.53; 0.61
%P	4.32; 1.47	4.57; 1.28	4.51; 1.50	4.03; 1.45	4.52; 1.41	4.46; 1.49	3.47; 1.29
POPI	8.16; 1.30	8.93; 1.54	8.03; 1.32	8.20; 1.20	8.07; 1.52	8.03; 1.22	8.73; 0.87
%ST	21.20; 3.38	22.18; 3.82	21.24; 3.29	20.98; 3.49	21.96; 3.03	20.92; 3.75	20.48; 2.57
%P	45.77; 5.25	47.21; 6.19	45.63; 5.09	45.72; 5.41	45.90; 5.02	45.35; 5.81	46.89; 3.64
PPI	3.24; 0.77	3.57; 1.13	3.19; 0.80	3.25; 0.66	3.17; 0.70	3.21; 0.78	3.47; 0.87
%ST	8.41; 2.00	8.97; 2.90	8.46; 2.16	8.24; 1.62	8.72; 1.97	8.30; 2.03	8.11; 2.04
%P	18.08; 3.52	18.94; 5.77	17.97; 3.56	18.10; 3.07	18.04; 3.28	17.97; 3.47	18.55; 4.30
PPM	5.35; 0.82	5.36; 0.80	5.33; 0.78	5.38; 0.89	5.22; 0.94	5.42; 0.74	5.41; 0.81
%ST	13.91; 2.18	13.45; 2.33	14.15; 2.07	13.65; 2.32	14.33; 2.38	13.99; 1.94	12.72; 2.25
%P	29.94; 4.17	28.43; 3.73	30.37; 3.64	29.60; 4.86	29.79; 3.96	30.58; 3.50	28.19; 6.03
PELI	2.37; 0.50	2.57; 0.53	2.34; 0.48	2.37; 0.53	2.28; 0.45	2.36; 0.52	2.59; 0.51

Tab. II - Media e deviazione standard per l'intero campione femminile di pupe.

Tra parentesi vengono riportate le entità dei campioni per ogni classe considerata.

mesosoma i quali formano due pilastri che serviranno evidentemente per rinforzare l'intera struttura durante il volo e probabilmente serviranno anche come area supplementare per attacco dei potenti muscoli alari; la loro durata è estremamente rigida sia globalmente che tra ed entro i due sessi (dato confermato anche dalla %ST e %P sull'intero campione e su quello maschile). Dai risultati inoltre è emerso che le pupe sono subito nettamente distinguibili sessualmente in base ai caratteri del lato ventrale dell'apice metasomale. La posizione in cui giace la pupa è certamente la più stabile geometricamente e inoltre consente una maggiore protezione di appendici ed organi (zampe; pezzi boccali; occhi composti; antenne) in quanto questi essendo non-sclerotizzati durante la prima parte della vita della pupa, verrebbero danneggiati se la posizione fosse inversa; ciò spiega perchè le pupe si capovolgono sempre quando vengono poste col ventre a contatto col pavimento del nido. Dai risultati si è visto che il corpo della larva durante la trasformazione si divide in due regioni: una anteriore che originerà i tagmata anteriore e mediano (capo+mesosoma) ed una posteriore, molto più voluminosa, che originerà il metasoma.

L'intera fase della pigmentazione della pupa dura 13.74 g (78.22 %P) con soli 0.61 g di differenza femmine-maschi; PIGMP incrementa all'aumentare della lunghezza e posizione delle celle, dato confermato dalle %ST e %P sul campione globale e femminile, confermato anche dalle durate nei due sessi se si eliminano i campioni non significativi (vedi tab. II, III). La pigmentazione di una pupa è suddivisibile in 4 fasi: la prima, rapidissima è caratterizzata dalla pigmentazione delle ali che avviene in 12-18 ore; la seconda, lentissima, caratterizzata dal progressivo inscurimento degli occhi composti, dal color miele chiaro al nero; la terza, rapida, caratterizzata dall'inscurimento del corpo, rimanendo solo le appendici apigmentate; la quarta, lenta, caratterizzata dal completamento della pigmentazione a tutte le estremità ed appendici. Ancora più rapida è la comparsa dei movimenti, peraltro molto tardiva, i quali solitamente in capo a 2-3 giorni sono praticamente completi.

*Tempi di sviluppo* - La durata ST incrementa all'aumentare della lunghezza e della posizione delle celle; ciò è dovuto fondamentalmente al fatto che la progenie femminile impiega più tempo per completare lo sviluppo (2.12 g in più in media) e le fondatrici di un nido allocano in modo differenziale i sessi nel nido stesso, edificando per le femmine celle più lunghe e ponendole in quelle interne (vedi campioni in tab. II, III). Considerando però i due sessi separatamente si osserva che rispetto alla lunghezza delle celle vengono seguiti modelli di variazione non lineari; ciò è però probabilmente dovuto alla poca significatività dei ri-

Campione	Totale (71)	C ≤ 16 mm (33)	C ≥ 17 e < 20 mm (33)	C ≥ 20 mm (5)	Pos. I-IV (52)	Pos. V-VIII (18)	Pos. IX-XIV (1)
ST.	36.53; 2.95	36.23; 2.45	37.25; 3.05	33.80; 4.01	35.52; 2.32	39.14; 2.75	42.20
P	17.25; 1.80	16.92; 1.72	17.61; 1.82	17.00; 2.09	17.16; 1.76	17.39; 1.96	19.00
%ST	47.32; 4.90	46.81; 4.71	47.36; 5.10	50.46; 4.51	48.42; 4.74	44.44; 4.19	42.20
FSMP	6.75; 1.01	6.76; 0.90	6.70; 1.10	7.00; 1.22	6.73; 1.01	6.83; 1.04	6.00
%ST	18.51; 2.84	18.67; 2.43	18.03; 3.19	20.66; 2.12	18.98; 2.83	17.45; 2.40	13.30
%P	39.17; 4.58	40.03; 4.69	38.03; 4.40	41.08; 3.80	39.28; 4.70	39.28; 4.06	31.60
PIGMP	13.37; 1.88	12.77; 2.02	13.95; 1.63	13.50; 1.50	13.35; 1.90	13.25; 1.71	17.0
%P	77.05; 7.69	75.26; 7.22	79.18; 7.81	74.84; 7.83	77.48; 7.32	75.12; 8.33	89.50
PBI	0.86; 0.23	0.89; 0.21	0.82; 0.24	0.90; 0.22	0.86; 0.22	0.83; 0.24	1.00
%ST	2.36; 0.64	2.48; 0.61	2.19; 0.65	2.68; 0.48	2.44; 0.65	2.12; 0.58	2.20
%P	5.01; 1.34	5.30; 1.26	4.67; 1.39	5.26; 1.23	5.07; 1.35	4.80; 1.34	5.30
POPI	7.40; 1.07	7.51; 1.10	7.30; 0.98	7.30; 1.56	7.46; 1.06	7.19; 1.14	8.00
%ST	20.29; 3.00	20.74; 2.99	19.64; 2.92	21.56; 3.36	20.99; 2.87	18.39; 2.61	17.80
%P	43.03; 4.99	44.47; 5.24	41.63; 4.36	42.78; 5.62	43.60; 4.96	41.43; 5.01	42.10
PPI	3.51; 0.81	3.36; 0.70	3.64; 0.93	3.60; 0.55	3.46; 0.78	3.55; 0.86	5.00
%ST	9.61; 2.16	9.32; 2.05	9.75; 2.36	10.62; 0.69	9.76; 2.14	9.10; 2.21	11.10
%P	20.31; 4.02	19.91; 3.88	20.58; 4.40	21.16; 2.24	20.11; 3.76	20.56; 4.68	26.30
PPM	5.08; 0.89	4.85; 1.01	5.36; 0.71	4.80; 0.76	5.02; 0.87	5.28; 0.97	5.00
%ST	13.93; 2.40	13.35; 2.56	14.42; 20.6	14.42; 3.09	14.15; 2.46	13.43; 2.18	11.10
%P	29.42; 4.65	28.38; 5.45	30.61; 3.54	28.40; 4.31	29.18; 4.82	30.29; 4.22	26.30
PELI	2.18; 0.42	2.15; 0.44	2.21; 0.41	2.20; 0.45	2.15; 0.41	2.28; 0.46	2.00

Tab. III - Media e deviazione standard per l'intero campione maschile di pupe.

Tra parentesi vengono riportate le entità dei campioni per ogni classe considerata.

sultati ottenuti per le femmine in  $C \leq 16$  mm (solo 7 individui) e per i maschi in  $C \geq 20$  mm (solo 5 individui) a causa delle limitate dimensioni dei campioni, fenomeno dovuto non ad una carenza di osservazioni ma a forti differenze nell'allocazione sessuale in celle piccole (maschi) e grandi (femmine); per cui se si eliminano tali risultati si ottiene la stessa tendenza mostrata dall'intera popolazione per quanto riguarda ST e lunghezza celle. Nei due sessi inoltre è pienamente confermata la tendenza all'aumento della durata media di ST all'aumentare delle posizioni (dalle esterne alle interne). La spiegazione della maggiore durata dello sviluppo nelle posizioni interne del nido non deve essere ricercata nelle concentrazioni di O<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub> (rispettivamente decrescenti e crescenti con l'aumentare della posizione) in quanto la tecnica di studio utilizzata lo esclude categoricamente (vedi VICIDOMINI, 1996b materiali & metodi) ma evidentemente è causata dalla femmina fondatrice la quale non solo destina più risorse (tuorlo nell'uovo; pasta pollinica nella cella) per le femmine ma, all'interno di ognuno dei due sessi, alloca una maggiore quantità delle 2 risorse alle posizioni più interne, diminuendole progressivamente per le celle più esterne (Vicidomini, dati non pubblicati). La maggiore quantità di risorse da consumare aumenta la

durata dello sviluppo (ROFF, 1992; VICIDOMINI, 1996b) e ciò risulta altamente adattativo in nidi lineari in cui gl'individui situati più internamente sono i primi deposti; ne deriva che la progenie di fondo nido emergerebbe con notevole anticipo (anche 10-15 giorni: VICIDOMINI, 1996a) rispetto alle prime posizioni, distruggendo i diaframmi separatori delle celle pedotrofiche ed esponendo gli individui delle posizioni esterne ad una maggiore probabilità di morte per disidratazione, parassitosi, predazione, espulsione accidentale dal nido. Il ritardo creato dalla madre, allocando più risorse da consumare alle posizioni interne, causa una quasi-sincronizzazione nell'emersione della progenie dal nido evitando l'insorgere dei fattori di mortalità sopra elencati. Da ciò ne deriva che le femmine avendo una taglia maggiore di quella dei maschi vengono allocate preferibilmente nelle posizioni più interne. Quindi l'esigenza della sincronizzazione dell'emersione della progenie dai nidi lineari ha notevolmente influenzato l'allocazione posizionale ed energetica dei sessi nel nido e di riflesso ha inciso profondamente sulle differenze dimensionali e sulla durata dei singoli stadi e substadi non solo tra i sessi ma anche al loro interno.

Per lo stadio P valgono le stesse considerazioni fatte per ST sulla variazione in relazione alla lunghezza delle celle ed alla posizione; da sottolineare però è il fatto che la durata di P nei due sessi è quasi identica, inoltre l'importanza percentuale segue una variazione opposta a quella della durata, ovvero l'allungamento dello ST dalle posizioni esterne a quelle interne (6.68 g) comporta solo un minimo aumento dello sviluppo della P (1.36 g) (tab. I, II, III); per cui solo il 20.36% di tale variazione in ST è imputabile alla stadio pupa mentre il restante 79.64% è dovuto alla coppia uovo+larva; da ciò se ne conclude che relativamente alla durata, lo stadio P è estremamente canalizzato.

Per quanto riguarda i 4 substadi individuati, il più importante come durata è certamente POPI a livello del quale sono emerse lievi differenze tra femmine e maschi (+ 0.76 g), per gli altri 3 le differenze non arrivano a 0.30 g. Nell'intero campione, è possibile tracciare 3 tipi di variazione per i 4 substadi, relativamente all'aumento di lunghezza e posizione delle celle: PBI decresce (confermato anche in femmine e maschi se si eliminano da questi ultimi i campioni non significativi); POPI e PPM incrementano; PPI è circa costante (dato confermato anche dai due sessi). Relativamente ai valori %ST e %P invece si ha: POPI, PPI (dato confermato in parte anche dai due sessi) e PPM circa costanti; PBI decrescono (confermato anche in femmine e maschi). Nei substadi POPI e PPM (durata, %ST e %P) sono emerse delle differenze sessuali nel modello di variazione in relazione alla lunghezza e posizione delle celle.

SPECIE	DURATA ST g	DURATA P %	RIFERIMENTI
<i>Leptis aeratus</i> Smith, 1851	65	25-27; 38.46-41.54	HOUSTON, 1992
<i>Leptis bombylans</i> Froggatt, 1896	65	25-27; 38.46-41.54	HOUSTON, 1992
<i>Xylocopa (Acroxylocopa) capitata</i> Smith, 1854	83-6	41.8; 50	WATMOUGH & VAN ARK, 1989
<i>Xylocopa (Afroxylocopa) nigrita</i> (Fabricius, 1775)	51-53	23; 45.10-43.40	ANZENBERGER, 1977
<i>Xylocopa (Copolyta) iris</i> (Christ, 1791)	58-67	30-35; 51.72-52.24	BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Gtenoxylocopa) fenestrata</i> (Fabricius, 1798)	31	—	BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Gtenoxylocopa) sulcatipes</i> Maa, 1970	45-49	12-15; 26.67-30.61	GERLING <i>et al.</i> , 1983
<i>Xylocopa (Koptortosoma) caffra</i> (Linnè, 1767)	83-6	41.8; 50	WATMOUGH & VAN ARK, 1989
<i>Xylocopa (Koptortosoma) flavorufa</i> (DeGeer, 1778)	51-53	23; 45.10-43.40	ANZENBERGER, 1977
<i>Xylocopa (Koptortosoma) imitator</i> Smith, 1854	51-53	23; 45.10-43.40	ANZENBERGER, 1977
<i>Xylocopa (Koptortosoma) pubescens</i> Spinola, 1838	45-49	12-15; 26.67-30.61	GERLING <i>et al.</i> , 1983
<i>Xylocopa (Megaxylocopa) fimbriata</i> Fabricius, 1804	48*	—	BODKIN, 1917 in BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Megaxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	45-65	—	CAMILLO & GAROFALO, 1982
<i>Xylocopa (Mesotrichia) combusta</i> Smith, 1854	65-83	—	BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Mesotrichia) torrida</i> (Westwood, 1838)	51-53	23; 45.10-43.40	ANZENBERGER, 1977
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) griseocens</i> Lepeletier, 1841	45-65	—	CAMILLO & GAROFALO, 1982
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) nigrocincta</i> Smith, 1874	26	—	STRAND, 1912 in BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) sonorina</i> Smith, 1874	41-50	21-27; 51.22-54.00	GERLING, 1982
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1987	35-47	19-27; 54.28-54.45	CAMILLO <i>et al.</i> , 1986
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) varipuncta</i> Patton, 1879	100	—	NININGER, 1916 in BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Notoxylocopa) tabaniformis</i> orpifex Smith, 1874	40-45	—	NININGER, 1916 in BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Platynopoda) latipes</i> (Drury, 1773)	42	—	BEESON 1938, in BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Xylocopa) valga</i> Gerstaecker, 1872	45	—	MALYSHEV, 1931
<i>Xylocopa (Xylocopa) violacea</i> (Linnè, 1758)	38-40	—	REAUMUR, 1748 in BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Xylocopa) violacea</i> (Linnè, 1758)	47	20; 42.55	JANVIER, 1977
<i>Xylocopa (Xylocopoides) virginica</i> (Linnè, 1771)	44-47	—	KROMBEIN, 1967 in BONELLI, 1976
<i>Xylocopa (Xylomelissa) carinata</i> Smith, 1874	53*	—	BONELLI, 1976

Tab. IV - Durata ST e P per tutte le specie di *Xylocopini* studiate.

*Comparazione con gli altri Xylocopini* - ST varia nell'ambito degli Xylocopini da un minimo di 26 g (*X. nigrocincta*) ad un massimo di 100 (*X. varipuncta*); la durata ottenuta in *X. violacea* è quindi perfettamente rientrante nell'ambito di variazione della tribù; mentre però è in perfetto accordo con la durata riportata da REAMUR (1748, in BONELLI, 1976), ottenuta in Francia, si discosta di ben 10 g in meno dalla durata riportata da JANVIER (1977), ottenuta in Spagna; invece sulla durata e percentuale di P vi è accordo coi dati spagnoli (JANVIER, 1977) (tab. IV).

Le specie studiate possono rientrare in tre gruppi per quanto riguarda la durata percentuale di P: % < 40% (*L. aeratus*, *L. bombylans*, *X. pubescens*, *X. sulcatipes*); 40-50% (*X. nigrita*, *X. caffra*, *X. capitata*, *X. flavorufa*, *X. imitator*, *X. torrida*, *X. violacea*); % > 50% (*X. iris*, *X. sonorina*, *X. suspecta*) (tab. IV).

Confrontando i dati ottenuti con quelli presenti nell'unico studio analitico (WATMOUGH & VAN ARK, 1989) eseguito su due specie sudafricane, *X. capitata* e *X. caffra* (Tab. IV), si osserva che le durate % dei substadi PBI e POPI (17%; 33%) differiscono considerevolmente dai valori ottenuti per *X. violacea* (4.59%; 44.76%, tab. I); invece c'è una notevole similarità negli altri due substadi PPI e PPM (21%; 29%) (19.12%; 29.81%, tab. I). Evidentemente la prima metà della vita pupale (PBI+POPI) è molto plastica nelle durate relative, mentre la seconda metà (PPI+PPM) è notevolmente rigida. Per una comparazione filogenetica ottimale bisogna tener presente, comunque, che confronti relativi alla durata dello sviluppo in ectoterme devono essere sempre eseguiti, esprimendo la durata in giorni/°C, essendo la temperatura la principale causa di variazione di tali parametri ontogenetici temporali (VICIDOMINI, 1996b).

## BIBLIOGRAFIA

- ANZENBERGER G., 1977 - Ethological study of african carpenter bees of the genus *Xylocopa* (Hymenoptera, Anthophoridae). *Z. Tierpsychol.*, 44: 337-374.
- BONELLI B., 1976 - Osservazioni eco-etologiche sugli Imenotteri Aculeati dell'Etiopia (VII). *Boll. Ist. Entomol. Bologna*, 33: 1-31.
- CAMILLO E. & GAROFALO C.A., 1982 - On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Olivier) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) in Southern Brasil. I - nest construction and biological cycle. *Rev. bras. Biol.*, 42: 571-582.
- CAMILLO E., GAROFALO C.A. & MUCILO G., 1986 - On the bionomics of *Xylocopa suspecta* (Moure) in Southern Brasil: nest construction and biological cycle. *Rev. bras. Biol.*, 46: 383-393.
- GERLING D., 1982 - Nesting biology and flower relationships of *Xylocopa sonorina* Smith in Hawaii (Hymenoptera: Anthophoridae). *Pan-Pacific Entomol.*, 58: 336-351.

- GERLING D., HURD P.D. & HEFETZ A., 1983 - Comparative behavioral biology of two middle east species of carpenter bees (*Xylocopa* Latreille) (Hymenoptera: Apoidea). *Smith. Contr. Zool.*, 369: 1-28.
- HOUSTON T.F., 1992 - Biological observations of the Australian green carpenter bees, genus *Lestis* (Hymenoptera: Anthophoridae: Xylocopini). *Rec. W. Austr. Mus.*, 15(4): 785-798.
- HURD P.D., MOURE J.S., 1963 - A classification of the large carpenter bees (Xylocopini) (Hym.: Apoidea). *Univ. Calif. Publ. Entomol.*, 29(1): 1-365.
- JANVIER H., 1977 - Comportamiento de *Xylocopa violacea* Linneo, 1758. (Hymenoptera). *Graellsia*, 32: 193-213.
- LUCAS DE OLIVEIRA B., 1974 - Estados imaturos de algumas *Xylocopa* neotropicaes (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Biol. Paranà*, 3(1/4): 93-112.
- MALYSHEV S.J., 1931 - Lebensgeschichte der Holzbienen, *Xylocopa* Latr. (Apoidea). *Z. Morphol. Okol. Tiere*, 23: 754-809.
- MICHENER C.D., 1954 - Observations on the pupae of bees. *Pan-Pacific Entomol.*, 30: 63-70.
- ROFF, D. A., 1992 - The evolution of life history. Theory and analysis. *Chapman & Hall*. 535 pp.
- STEHR F.W., 1991 - Immature insects. *Kendall/Hunt Publishing Company*, Iowa. 754 +975 pp.
- VICIDOMINI S., 1996a - Biology of *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (L., 1758) (Hymenoptera: Apidae): in-nest ethology. *Ital. J. Zool. (= Boll. Zool.)*, 63(3): 237-242.
- VICIDOMINI S., 1996b - Biologia di *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (L., 1758) (Hymenoptera: Apidae): tecnica di monitoraggio giornaliera dei nidi in canne. *Doriana*, 6 (297): 1-4.
- VICIDOMINI S., 1996c - Biologia di *Xylocopa (Xylocopa) violacea* (L., 1758) (Hymenoptera: Apidae): l'uovo. *Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Milano*, 137(1): 37-46.
- WATMOUGH R.H., VAN ARK H., 1989 - The effect of the temperature on the developmental rate of the immature stage of large carpenter bees *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae). *J. Entomol. Soc. South Africa*, 52(1): 119-128.

---

Indirizzo dell'autore:

Dr. Salvatore Vicidomini, Via Velardi 10, I-84014 Nocera Inferiore (SA)

---

