ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA NAZIONALE

DEI LINCEI

ANNO CCCXX

1923

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXII.

1° SEMESTRE.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1923

Biologia. — *Sull'azione di campi elettrici ad alta frequenza nello sviluppo embrionale*: I. *Esperienze su Salmo lacustris* [1]. Nota preliminare della dott. LUISA GIANFERRARI e dell'ing. ENZO PUGNO VANONI, presentata dal Socio ARTINI.

Abbiamo sottoposto delle uova di *Salmo lacustris* allo stadio di otto, sedici, trentadue cellule, all'azione di campi ad alta frequenza.

In attesa che il lavoro venga pubblicato per esteso, crediamo opportuno rendere noti i principali risultati ottenuti da queste esperienze.

Le uova, che ci furono cortesemente inviate dal R. Stabilimento Ittiogenico di Brescia, erano state fecondate artificialmente il 18/1, e ci pervennero nello stesso giorno. Si divisero in quattro lotti, ciascuno di 650 uova: il lotto A venne sottoposto per un'ora giornalmente all'azione del campo, il lotto B per mezz'ora, il lotto C per un quarto d'ora, fino al 19/2; il lotto D serviva da controllo. La temperatura dell'acqua, per tutta la durata delle esperienze, variò da 11° a 12° C.

L'apparecchio generatore di oscillazioni era costituito come un'ordinaria stazione radiotelegrafica trasmettente a scintilla, privata dell'accoppiamento con l'antenna e con la terra. L'energia venne presa dalla rete dell'Azienda Elettrica Municipale di Milano a 160 volt di tensione alternativi e 42 periodi di frequenza. Per mezzo di un'impedenza regolabile, si fece in modo che l'elevatore di tensione (formato da un ordinario rocchetto privato del proprio interruttore) assorbisse sul primario una corrente di circa 6 ampère, col che agli estremi del secondario si aveva una tensione alternativa di circa 9000 volt. Il condensatore del circuito oscillante era a lastre di vetro, ed aveva una capacità di circa 0,002 micro-farad. L'induttanza era formata da 30 spire di treccia a 6 fili di rame da 0,8 mm. di diametro, rivestiti in cotone, in modo da presentare una resistenza apparente la più piccola possibile; ciascuna spira era rettangolare ed abbracciava un'area di cm. 22 × 11, restando distanziata dalla seguente di 1 cm.; ne risultava quindi un solenoide della lunghezza di 30 cm., presentante un'induttanza di circa 80 microhenry. Lo spinterometro, del tipo a disco rotante con due intervalli di scarica, presentava una notevole regolarità anche durante un lungo funzionamento. Un amperometro a filo caldo permetteva di conoscere in ogni istante l'intensità della corrente ad alta frequenza. Normalmente questa intensità era di circa 2,2 ampère.

[1] Lavoro eseguito nel Museo Civico di Storia naturale di Milano.

La frequenza delle oscillazioni nel circuito così costituito, misurata con un ondametro, risultò di circa 450000 periodi al secondo. L'oscillazione naturalmente, stante il metodo usato, risultava smorzata.

Le uova dei trogoli A, B, C contenute, per facilitarne il trasporto, in piccoli telai di legno con il fondo di garza, venivano poste in una vaschetta di legno paraffinato piena d'acqua, e introdotte nella induttanza prima descritta, così che dette uova si trovavano in un *campo magnetico alternativo ad alta frequenza*. La vaschetta durante l'esperienza era mantenuta chiusa da una lastra di vetro; ciò impediva che l'ozono ed i vapori nitrosi venissero assorbiti dall'acqua. La resistività dell'acqua impiegata alla temperatura di 11°-12° C., quale era nelle esperienze, risultando elevatissima, faceva sì che la perdita di energia nel circuito oscillante non variasse sensibilmente con l'introduzione della vaschetta piena d'acqua.

Dopo 14 giorni dalla fecondazione, vennero anche eseguite prove per stabilire se la permeabilità magnetica delle uova differisse da quella dell'acqua. A questo fine le uova vennero lasciate cadere in un lungo tubo di vetro ripieno d'acqua, posto in un intensissimo campo magnetico trasversale. Osservando la deflessione delle traiettorie si constatò che le dette differenze erano praticamente trascurabili.

La mortalità si presentò assai poco rilevante tanto nei controlli che nei lotti A, B, C.

L'esame degli embrioni dei lotti sottoposti all'azione del campo, fissati in differenti stadî di sviluppo, ci rivelò un numero notevolissimo di mostruosità, mentre fra i controlli non si riscontrarono che due duplicità normali e quattro duplicità anteriori.

È noto che i Salmonidi presentano abbastanza frequentemente anche nel loro sviluppo in condizioni normali delle mostruosità; ma lo studio della bibliografia ci permette di considerarne l'alta percentuale da noi riscontrata come un fatto del tutto eccezionale. Inoltre il numero delle mostruosità si mostrò nei lotti A, B, C proporzionale al periodo d'azione del campo ad alta frequenza, con un minimo per il lotto C ed un massimo molto accentuato per il lotto A. Questi fatti, unitamente alla considerazione che nessun altro fattore ci risultò possibile causa teratogenetica durante lo sviluppo embrionale che ci interessa, ci permettono di concludere senz'altro che le mostruosità ottenute sono dovute alla azione del campo ad alta frequenza.

Sarà fatta in seguito un'esatta descrizione di tali mostruosità; ricorderemo qui solamente i principali tipi ottenuti.

Oltre ad un numero notevole di embrioni doppi normali, apparvero frequentissime le duplicità anteriori; in quest'ultimo caso si notarono numerose malformazioni oculari. Così, ad esempio, mentre un individuo era dotato di due occhi, l'uno normale e l'altro assai grande derivato dalla fusione di due, il secondo individuo appariva monoftalmo; in parecchi casi uno dei due em-

brioni era anoftalmo, mentre l'altro presentava due occhi perfettamente normali. Si riscontrò invece solamente un caso di duplicità posteriore, e mancarono completamente esempi di individui concresciuti nella parte mediana del corpo. Alcune uova del lotto A diedero ciascuna origine a tre embrioni, assai piccoli, di dimensioni diverse l'uno dall'altro, dei quali uno solamente appariva presso che normale. Non pochi si presentarono i casi di mostri apparentemente unici, che un attento esame rivelò: mostruosità triple con tre occhi della medesima grandezza, mostruosità doppie con tre occhi della medesima grandezza dei quali uno giugulare, mostruosità doppie con tre occhi, dei quali uno mediano, situato sul margine anteriore del capo e più grande dei laterali, risultava dalla fusione di due.

In generale questi embrioni si mostrarono vitali fino a uno stadio assai avanzato di sviluppo; vennero fissati prima della schiusura dell'uovo solo per precauzione; si ebbero però anche fra i nati delle duplicità anteriori con un individuo anoftalmo.

Se il massimo numero delle mostruosità ottenute risultò formato dalle duplicità mostruose, si notarono però anche altre anomalie: individui presso che informi, ravvolti su se stessi, sui quali solo lo studio di preparati in serie ci potrà forse dare qualche schiarimento; uova, che anche dopo parecchi giorni di incubazione, mostrarono uno stadio di sviluppo molto arretrato, presentando casi simili a quelli ottenuti dal Bataillon con variazioni della pressione osmotica in *Petromyron Planeri*. Possiamo però concludere, come abbiamo già notato, che in massima parte le anormalità nello sviluppo del *Salmo lacustris* ottenute con queste esperienze, sono date dalle mostruosità doppie.

Della vasta bibliografia sulla genesi delle duplicità, interessano il nostro caso principalmente i lavori che trattano della loro produzione sperimentale. Lo studio di tali lavori ci mostra che sono state ottenute numerose duplicità, tanto con azioni meccaniche che fisico-chimiche tali, da causare la separazione artificiale dei blastomeri in due o più gruppi.

Nel caso nostro è quanto mai difficile il dare una spiegazione dei fatti osservati; l'unica ipotesi che ci si presenta possibile per ispiegare la formazione del gran numero di duplicità ottenute, è che nell'interno delle uova di *Salmo lacustris* sottoposte all'alta frequenza, si vengano a formare per azione del campo magnetico alternante delle correnti indotte, costituite dal movimento di ioni, capaci di determinare delle variazioni nell'equilibrio fisico-chimico e termico della « pseudomembrana » di unione fra i blastomeri. Queste alterazioni darebbero come conseguenza la separazione dei blastomeri in gruppi più o meno distinti.