

ΒΙΟΛΟΓΙΑ.—Σύγκρισις τῶν δι' ὑπεριώδους φωτὸς προκαλουμένων μεταλλάξεων εἰς τὴν *Drosophila melanogaster* πρὸς τὰς δι' ἀκτίνων Röntgen παραγομένας, ὑπὸ Ἀντ. Κανέλλη*. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ κ. Σπ. Δοντᾶ.

Κατὰ τὴν ἐπίδρασιν ἀκτίνων Röntgen ἐπὶ ἀρρένων ἀτόμων τοῦ ἐντόμου *Drosophila melanogaster* διεπιστώθη ὅτι παράγονται πάντοτε γονιδιακαὶ καὶ χρωματοσωμικαὶ μεταλλάξεις, τὸ ποσὸν τῶν ὁποίων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς δόσεως τῆς χρησιμοποιουμένης ἀκτινοβολίας, ἥτοι ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν φωτονίων τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦνται ὑπὸ τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου. Τὸ ποσὸν τοῦτο εὗρέθη ὅτι εἶναι διὰ μὲν τὰς γονιδιακὰς μεταλλάξεις εὐθύγραμμος, διὰ δὲ τὰς χρωματοσωμικὰς ἐκθετικὴ συνάρτησις τῆς χρησιμοποιουμένης δόσεως (Catsch, Radu, Kanellis 1943). Ἀκτινοβολίαι μεγαλυτέρου μήκους κύματος, ὅπως εἶναι αἱ ὑπεριώδεις, κατεδείχθη ὅτι παράγουν σχεδὸν μόνον, ἂν ὅχι ἀποκλειστικῶς, γονιδιακὰς μεταλλάξεις (Muller and Mackenzie 1939, Mackenzie and Muller 1940, Muller 1941, Demerec, Holland, Houlahan and Bishop 1942). Μερικὰς θνησιγενεῖς μεταλλάξεις, αἱ ὁποῖαι παρατηρήθησαν κατὰ τὴν ἐπίδρασιν ὑπεριώδους φωτός, ὁ Slizynski (1942) ἀπέδωκεν εἰς τὴν παρουσίαν μικροτάτων ἐλλειμμάτων, τὰ ὁποῖα διεπίστωσε κατὰ τὴν κυτταρολογικὴν ἐξέτασιν τῶν χρωματοσωμάτων τῶν σιελογόνων ἀδένων. Ὁ Muller ἐν τούτοις ἀρνεῖται νὰ δεχθῇ ὅτι τὸ ὑπεριώδες φῶς δύναται νὰ προκαλέσῃ ἀνακατατάξεις χρωματοσωμικῶν τμημάτων εἰς τὴν *Drosophila*, διότι παρὰ τὰς προσπάθειάς του δὲν ἐπέτυχε νὰ προκαλέσῃ ταύτας.

Ἡ διάφορος αὕτη συμπεριφορὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen καὶ τοῦ ὑπεριώδους φωτὸς ὀφείλεται εἰς τὸν διάφορον τρόπον τῆς δράσεως τούτων. Πράγματι αἱ ἀκτῖνες Röntgen κατὰ τὴν δίοδόν των διὰ μέσου ὕλικοῦ σώματος ἀποσποῦν ἠλεκτρόνια ἀπὸ τὰ ἅτομα διὰ τῶν ὁποίων διέρχονται καὶ τὰ ἰονίζουν. Τὰ ἀποσπώμενα ἠλεκτρόνια λαμβάνουν ἐν μέρος μόνον ἢ σχεδὸν ὁλόκληρον τὸ ποσὸν τῆς ἀρχικῆς ἐνεργείας τοῦ προσπίπτοντος φωτονίου καὶ προκαλοῦν καὶ αὐτὰ κατὰ τὴν δίοδόν των νέους ἰονισμούς, μέχρις ὅτου χάσουν τὴν ἐνέργειάν των καὶ σταματήσουν. Τοιουτοτρόπως οἱ ἰονισμοὶ δὲν εὗρισκονται ὁμοιομόρφως διεσπαρμένοι κατὰ μῆκος τῆς ὅλης τροχιᾶς, ἀλλὰ ἀποτελοῦν ὁμάδας, αἱ ὁποῖαι εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς τροχιᾶς ἀπέχουν πολὺ μεταξύ των, ὅσον δὲ πλησιάζουν πρὸς τὸ τέλος τὸσον καὶ πλησιέστερον εὗρισκονται καὶ ἀποτελοῦν ὁμαθόν.

Ἀντιθέτως αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες δὲν ἰονίζουν, ἀλλὰ μόνον διεγείρουν. Δύ-

* ANT. KANELIS: Comparaison des mutations induites par la lumière ultraviolette chez la *Drosophila melanogaster* avec celles produites par les rayons X.

νανται δηλαδή εις ἓν ἄτομον ἢ ἓν μόριον νὰ ὑψώσουν ἓν ἠλεκτρόνιον εἰς στάθμην ἀνωτέρας ἐνεργείας. Κατὰ συνέπειαν ἐντὸς ὁμογενοῦς ἱστοῦ ὑφισταμένου ὁμοιομόρφως τὴν ἐπίδρασιν ἀκτινοβολίας, τὰ διεγερόμενα ἄτομα κατανέμονται τυχαίως χωρὶς νὰ συγκεντρῶνται. Ἵονισθέντα ἢ ἐν διεγέρσει ἄτομα διακρίνονται ἐκ τῆς ἰδιαιτέρας ἱκανότητος τὴν ὁποίαν δεικνύουν, κυρίως τὰ πρῶτα, πρὸς ἀντίδρασιν.

Ἐκτὸς τούτου διὰ τὰς ἀκτῖνας Röntgen ὁ συντελεστὴς ἀπορροφήσεως δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν τρόπον τῆς χημικῆς συνδέσεως τῶν ἀπορροφούντων ἀτόμων, ἀλλὰ ἀπὸ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν των. Τουναντίον διὰ τὸ ὑπεριώδες φῶς ὁ συντελεστὴς ἀπορροφήσεως ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν δομὴν τοῦ μορίου καὶ εἶναι διάφορος διὰ τὸ νουκλεϊνικὸν ὀξὺ καὶ τὰς πρωτεΐνας. Ἐπομένως κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν ὑπεριώδους φωτὸς ἡ ἀπορροφουμένη ἐνέργεια δύναται νὰ εἶναι διάφορος ὅχι μόνον κατὰ τὰ διάφορα στάδια τοῦ κύκλου τῆς διαιρέσεως, ἀλλὰ καὶ κατὰ μῆκος τοῦ ἀκτινοβολουμένου χρωματοσώματος, ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὸν βαθμὸν συγκεντρώσεως τοῦ νουκλεϊνικοῦ ὀξέος εἰς τὰ διάφορα μέρη τούτου. Ἐπειδὴ τὸ ποσὸν τῆς ὑπὸ ἐνὸς φωτονίου περικλειομένης ἐνεργείας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος, ἀπορρόφησης ἐνὸς φωτονίου ὑπεριώδους φωτὸς συνεπάγεται τὴν πρόσληψιν μικροῦ σχετικῶς ποσοῦ ἐνεργείας. Ὁ Swanson (1940) κατέδειξεν ὅτι δι' ἐνὸς φωτονίου ὑπεριώδους φωτὸς δύναται νὰ ἐπιτευχθῶν εἰς τὴν Tradenscandia χρωματιδικὰ ρήγματα, ἥτοι ρῆξις κατὰ τὸ στάδιον τῆς προφάσεως τοῦ ἐνὸς ἐκ τῶν δύο ἀδελφικῶν χρωματιδίων, ὅχι ὅμως καὶ ἰσοχρωματιδικὰ ρήγματα, ἥτοι ρῆξις καὶ τῶν δύο ἀδελφικῶν χρωματιδίων εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Κατὰ συνέπειαν τὸ ὑπεριώδες φῶς δύναται νὰ παραγάγῃ ρήγματα, ταῦτα ὅμως δὲν συμμετέχουν εἰς τὰς μεταξὺ τῶν χρωματοσωμάτων ἀνταλλαγὰς τμημάτων.

Ἡ μικρὰ διεισδυτικὴ ἱκανότης τοῦ ὑπεριώδους φωτὸς ἀποτελεῖ τεχνικὴν δυσκολίαν κατὰ τὸν πειραματισμὸν εἰς τὴν Drosophila. Ἐκ τοῦ κατὰ τὴν ἀκτινοβολήσιν προσπίπτοντος φωτὸς ἐπὶ τοῦ σώματος τῶν ἀκτινοβολουμένων μυιῶν, μικρὸν μόνον μέρος ἐπιτυγχάνει νὰ διεισδύσῃ μέχρι τῶν γονάδων καὶ νὰ ἐπιδράσῃ ἐπ' αὐτῶν. Τὸ ὑπόλοιπον ἀπορροφεῖται ὑπὸ τῶν ὑπερκειμένων ἰστών, τῆς χιτίνης καὶ τῶν χρωστικῶν τοῦ σώματος. Ὡς ἐκ τούτου, ἐπειδὴ ἡ ἔντασις τοῦ χρησιμοποιουμένου ὑπεριώδους φωτὸς εἶναι σχετικῶς μικρά, εἶναι ἀνάγκη νὰ περιορισθῇ, ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον, ἡ ἀπορρόφησης. Διὰ τοῦτο πρὸς πειραματισμὸν ἀντὶ κανονικῶν μυιῶν ἐχρησιμοποιήθη πρὸς ἀκτινοβολήσιν καλλιέργεια, ἡ ὁποία περιεῖχε τὴν μετάλλαξιν y (*). Ἡ μετάλλαξις αὕτη ἐμποδίζει τὴν ἀνάπτυξιν τῆς μελαγχρωστικῆς τοῦ σώματος. Ἐκτὸς τούτου ἐλαμβάνετο πάντοτε φροντίς, ὅπως ἡ ἡλικία τῶν χρησιμοποιουμένων μυιῶν εἶναι μικροτέρα τῶν δύο

ὠρῶν, ἥτοι ἡ ἀκτινοβολήσις νὰ γίνεται, ἐφ' ὅσον ἀκόμη ἡ χιτίνη εἶναι μαλακή καὶ τὸ χρῶμα τοῦ σώματος πολὺ ἀνοικτόν.

Ὡς φωτεινὴ πηγὴ ἐχρησίμευε λυχνία ὑδραργύρου ὑψηλῆς πίεσεως τοῦ τύπου Osram HB 0500. Αὕτη παρέχει ἀρκετὰ ἔντονον ἀκτινοβολίαν διὰ τὰ ἄνω τῶν 3000 Å μήκους κύματα. Κάτω τοῦ ὁρίου τούτου ὅμως ἡ ἔντασις ἐλαττοῦνται ταχέως καὶ μεταξὺ 2800 καὶ 2500 Å σχεδὸν ἐκμηδενίζεται.

Τὸ φῶς τῆς λυχνίας ταύτης προσέπιπεν ἐπὶ ἐνὸς διπλοῦ μονοχρωμάτορος. Εἰς τοῦτον ἡ δέσμη τοῦ ὑπεριώδους φωτός ἀνελύετο δι' ἐνὸς πρίσματος ἐκ χαλαζίου, ἐκ τοῦ φάσματος δὲ τὸ ὁποῖον ἐλαμβάνετο ἀπεμονοῦτο μία γραμμὴ. Αὕτη προσέπιπτε κατόπιν ἐπὶ ἐνὸς δευτέρου πρίσματος ἐπίσης ἐκ χαλαζίου, διὰ τοῦ ὁποίου ἀνελύετο διὰ δευτέραν φορὰν. Ἐκ τοῦ νέου οὕτω λαμβανομένου φάσματος ἀπεμονοῦτο τελικῶς διὰ στενῆς σχισμῆς λεπτοτάτη δέσμη μήκους κύματος 3640 Å. Τοιουτοτρόπως ἡ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία προήρχετο ἐκ τοῦ μονοχρωμάτορος, πρακτικῶς δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἦτο τελείως ἀπηλλαγμένη ξένων ἀκτινοβολιῶν.

Οἱ λόγοι διὰ τοὺς ὁποίους ἐπροτιμήθη ἡ γραμμὴ αὕτη τοῦ φάσματος ἦσαν οἱ ἑξῆς : Πρῶτον διότι εἶναι ἐξαιρετικὰ ἔντονος, δευτέρον διότι εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν αἱ Δροσόφιλοι ἀνέχονται μεγαλυτέρας δόσεις καὶ τρίτον διότι ἡ ἀπορρόφησης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης ὑπὸ τῶν τοιχωμάτων τοῦ σώματος εἶναι σχετικῶς μικρὰ (Durand, Hollaender and Houlaahan 1941), οὕτως ὥστε ἀρκετὸν ποσὸν ἐκ τοῦ προσπίπτοντος φωτός φθάνει εἰς τὰς γονάδας.

Τὰ πρὸς ἀκτινοβολήσιν ζῶα ἐτοποθετοῦντο κυκλικῶς ἐντὸς μικρᾶς κάψης μὲ τὴν ράχιν πρὸς τὰ κάτω καὶ ἐπιέζοντο εἰς τὴν θέσιν ταύτην διὰ μιᾶς λεπτῆς πλακὸς ἐκ χαλαζίου, τῆς ὁποίας ἡ ἀπορρόφησης ἦτο γνωστή. Διὰ τῆς τεχνικῆς ταύτης αἱ γονάδες ἐφέροντο πλησιέστερον πρὸς τὴν κοιλιακὴν ἐπιφάνειαν τοῦ σώματος, ἡ ὁποία καὶ ἐξετίθετο εἰς τὴν ἀκτινοβολήσιν. Τοιουτοτρόπως ἔφθανεν εἰς τὰ σπέρμια ἀρκετὰ ἔντονον ὑπεριώδες φῶς, ὥστε νὰ προκαλέσῃ ὑπὸ τὴν μεγαλυτέραν ἀνεκτὴν δόσιν, ὀλίγας μεταλλάξεις. Ἡ κάψα ἐτοποθετεῖτο εἰς τὴν αὐτὴν πάντοτε ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν σχισμὴν τοῦ διπλοῦ μονοχρωμάτορος καὶ περιεστρέφετο μὲ τὴν βοήθειαν μικροῦ ἠλεκτροκινητήρος καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς ἀκτινοβολήσεως. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐπετυγχάνετο ὁμοιόμορφος κατανομὴ τῆς ἀκτινοβολίας ἐφ' ὅλων τῶν ζώων καὶ ἀπεκλείετο ὅποιαδήποτε ἐπίδρασις, ἡ ὁποία θὰ ὠφείλετο εἰς ἀνομοιογένειαν τοῦ πεδίου.

Ἡ μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῆς χρησιμοποιουμένης δέσμης τοῦ ὑπεριώδους φωτός, πολὺ μικρᾶς ὥς ἐκ τῆς διπλῆς διαθλάσεως, ἐμετρεῖτο πάντοτε πρὸ καὶ μετὰ τὸν πειραματισμόν, δι' ἐνὸς φωτοκυττάρου συνδεδεμένου μετὰ γαλβανομέ-

τρου, τὸ ὁποῖον ἐτοποθετεῖτο εἰς τὴν θέσιν τῆς κάψης, τῆς περιεχούσης τὰ πρὸς ἀκτινοβολήσιν ζῶα.

Τὰ ἀκτινοβοληθέντα ἄτομα, τῆς γενοτυπικῆς συστάσεως $ywfa^{no}$ (*) διεσταυροῦντο μετὰ διήμερον μετὰ θηλέων τῆς συστάσεως $ClB; cn; ss$ (*) καὶ παρέμενον μετ' αὐτῶν μόνον ἐπὶ 24 ὥρας. Τοῦτο ἐγίνετο, διότι εἶναι γνωστὸν ὅτι τὸ ποσοστὸν τῶν διὰ τῆς αὐτῆς δόσεως ὁμοίας ἀκτινοβολίας προκαλουμένων μεταλλάξεων ἐξαρτᾶται (Catsch, Kanellis und Radu 1943) ἀπὸ τὴν ὠριμότητα τῶν γαμετῶν κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀκτινοβολήσεως. Τοιοῦτοτρόπως διὰ τῆς ἐγκαίρου ἀπομακρύνσεως τῶν ἀρρένων ἐξησφαλίζετο ἡ συμμετοχὴ τῶν ὠρίμων μόνον γαμετῶν.

Ἐκ τῶν ἀπογόνων (F_1 γενεᾶς) τὰ μὲν ἄρρενα διεσταυροῦντο μετὰ θηλέων τῆς γενοτυπικῆς συστάσεως $cn;ss$ καὶ εἰς τὴν F_2 γενεὰν ἐξητάζοντο ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἐμφανιζομένων φαινοτύπων αἱ προκύψασαι μετατοπίσεις μεταξὺ τοῦ II καὶ III χρωματοσώματος, τὰ δὲ θήλεα διεσταυροῦντο μετὰ ἀρρένων τῆς γενοτυπικῆς συστάσεως $ywfa^{no}$ καὶ ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἀρρένων καὶ θηλέων εἰς τὴν F_2 γενεὰν διεπιστοῦτο ἡ παρουσία θνησιγενῶν μεταλλάξεων εἰς τὸ X χρωματόσωμα. Καθ' ὅλον τὸ διάστημα αἱ καλλιέργειαι διετηροῦντο ἐντὸς θερμοστάτου ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν $21^\circ C$.

Ἐπειδὴ τὰ δύο εἶδη τῆς ἀκτινοβολίας, τὸ ὑπεριώδες φῶς καὶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen, διαφέρουν ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὸν τρόπον δράσεως καὶ τὴν ἀπορρόφησίν των ὑπὸ τῶν ἰστῶν τοῦ σώματος, δὲν ὑπάρχει ἄμεσος τρόπος συγκρίσεως τῶν ἀποτελεσμάτων, τὰ ὁποῖα λαμβάνονται κατὰ τὴν ἀκτινοβολήσιν δι' ἀκτίνων ὠρισμένης μὲν δόσεως, ἀλλὰ διαφόρου τύπου ἀκτινοβολίας. Ἡ ἐφαρμοσθεῖσα ἐν τούτοις πειραματικὴ διάταξις διασταυρώσεως ἐπιτρέπει τὴν ἔμμεσον σύγκρισιν μὲ τὴν βοήθειαν τῶν διαπιστωθέντων ἀποτελεσμάτων, διότι μέρος τούτων δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς βιολογικὸς δείκτης.

Χρησις βιολογικῶν δεικτῶν γίνεται πάντοτε, ὅταν εἶναι ἄγνωστος ἡ χρησιμοποιομένη δόσις τῆς ἀκτινοβολίας ἢ ὅταν πρόκειται νὰ συγκριθοῦν τὰ βιολογικὰ ἀποτελέσματα, τὰ λαμβανόμενα κατὰ τὴν ἐπίδρασιν δύο εἰδῶν παραγόντων, οἱ ὁποῖοι δὲν ἔχουν κοινὸν μέτρον συγκρίσεως, ὡς π. χ. ἀκτίνων Röntgen καὶ

(*) y = yellow = κίτρινον χρῶμα τοῦ σώματος.

w = white = λευκοὶ ὀφθαλμοί.

fa^{no} = facet - notched = πτέρυγες φέρουσαι ἐγκοπὰς εἰς τὰ ἄκρα.

cn = cinnabar = ἀνοικτοῦ ἐρυθροῦ χρώματος ὀφθαλμοί.

ss = spineless = ἀπουσία σμηρίγων εἰς τὸ νῶτον.

ClB = καλλιέργεια τῆς ὁποίας τὰ ἄτομα ἔχουν νεφροειδεῖς ὀφθαλμούς (B = Bar) καὶ φέρουν τὸν θνησιγενῆ παράγοντα 1 καθὼς καὶ μίαν μακρὰν ἀναστροφὴν (C), ἡ ὁποία ἐμποδίζει σχεδὸν τελείως τὴν ἀνταλλαγὴν γονιδίων εἰς τὸ X χρωματόσωμα.

νετρονίων (Gray, Mothram, Read and Spear, 1940). Ούτως ἂν ἐκτεθοῦν ὡς Ἀρσοφίλου εἰς τὴν ἐπίδρασιν ἀκτίνων Röntgen ἀγνώστου ἐντάσεως ἐπὶ 10 λεπτά καὶ ἐκκολαφθοῦν μόνον τὰ ἡμίση ἔξ αὐτῶν, τότε ἡ χρησιμοποιηθεῖσα δόσις εἶναι 180 r ἥτοι 18 r κατὰ λεπτόν. Ἡ σταθερότης μὲ τὴν ὁποίαν εἰς τοιαῦτα ποσοτικά πειράματα ἐμφανίζεται τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα εἶναι χαρακτηριστική.

Π Ι Ν Α Κ 1.

Συχνότης τῶν εἰς τὸ X χρωματόσωμα τῆς *Drosophila melanogaster* ἐμφανιζομένων θνησιγενῶν μεταλλάξεων δι' ἀκτινοβολήσεως ἀρρένων δι' ὑπεριώδους φωτός ($\lambda = 3640 \text{ \AA}$).

Χρησιμοποιηθεῖσα δόσις	Ἀριθμὸς ἐξετασθέντων γαμετῶν	Παρατηρηθεῖσαι μεταλλάξεις	% μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς φυσικῆς μεταλλακτικότητος	Ἀντιστοιχοῦσα ἀκτινοβολία Röntgen ¹
$1,55 \cdot 10^6 \text{ erg/cm}^2$	966	4	$0,27 \pm 0,16$	100 r
3,00 »	1296	42	$3,10 \pm 0,23$	1150 r
4,5 »	1707	36	$1,96 \pm 0,33$	733 r
Σύνολον	3969	82		

Τὰ κατὰ τὴν ἀκτινοβολήσιν ἀρρένων *Drosophila melanogaster* διὰ μονοχρώμου ὑπεριώδους φωτός ($\lambda = 3640 \text{ \AA}$) ἐπιτευχθέντα ἀποτελέσματα καταφαίνονται ἐκ τοῦ παρατιθεμένου κατωτέρω πίνακος 1. Ἐκ τούτου ἐξάγεται ὅτι μεταξὺ 3969 ἐξετασθέντων γαμετῶν, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐπέδρασεν ἡ ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ($1,5 - 4,5 \cdot 10^6 \text{ erg/cm}^2$) ἀνευρέθησαν συνολικῶς 82 θνησιγενεῖς μεταλλάξεις, ἐνῶ μεταξὺ 2924 γαμετῶν (πίναξ 2) δὲν συνέβη οὐδεμία μετατόπισις μεταξὺ τοῦ δευτέρου καὶ τοῦ τρίτου χρωματοσώματος. Ἐκ τῆς τελείας ἀπουσίας χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων γεννᾶται ἀμέσως τὸ ἐρώτημα, ἂν αὕτη εἶναι πραγματικὴ ἢ ἂν δὲν ὀφείλεται εἰς χρησιμοποίησιν ἀνεπαρκοῦς δόσεως.

Ἐκτεταμένα πειράματα διαφόρων ἐρευνητῶν καθώρισαν τὸ ποσοστὸν τῶν θνησιγενῶν μεταλλάξεων, τὸ ὅπουον παράγεται κατὰ τὴν ἀκτινοβολήσιν δι' ἀκτίνων Röntgen καὶ διαπιστοῦται διὰ τῆς CIB μεθόδου. Τὸ ποσοστὸν τοῦτο εἶναι εὐθύγραμμος συνάρτησις τῆς χρησιμοποιουμένης δόσεως καὶ παρίσταται εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα διὰ συνεχοῦς γραμμῆς. Εἶναι ἐπομένως δυνατόν νὰ θεωρηθῇ

¹ Ὑπολογιζομένη ἐκ τῆς καμπύλης τοῦ παρατιθεμένου σχήματος.

ὡς βιολογικὸς δείκτης καὶ ἐξ αὐτοῦ νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δόσις τῆς ἀκτινοβολίας Röntgen, ἢ ὅταν γνωρίζωμεν τὴν χρησιμοποιηθεῖσαν δόσιν τοῦ ὑπεριώδους φωτός, ἢ ὁποῖα τὸ προεκάλεσε, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πρὸς αὐτὴν ἀντιστοιχοῦσα δόσις τῆς ἀκτινοβολίας Röntgen.

Π Ι Ν Α Κ 2.

Προκαλούμεναι, ἀναμενόμεναι καὶ παρατηρηθεῖσαι μετατοπίσεις μεταξὺ τοῦ II καὶ τοῦ III χρωματοσώματος.

Δόσις εἰς ἀκτῖνας Röntgen	Προκαλούμεναι μετατοπίσεις ¹	ἐξετασθέντες γαμέται	Ἀναμενόμεναι μετατοπίσεις	Παρατηρηθεῖσαι μετατοπίσεις
100 r	0,1%	508	0,5	0
733 r	0,8%	1438	11,5	0
1150 r	1,6%	978	15,65	0
Σύνολον		2924		

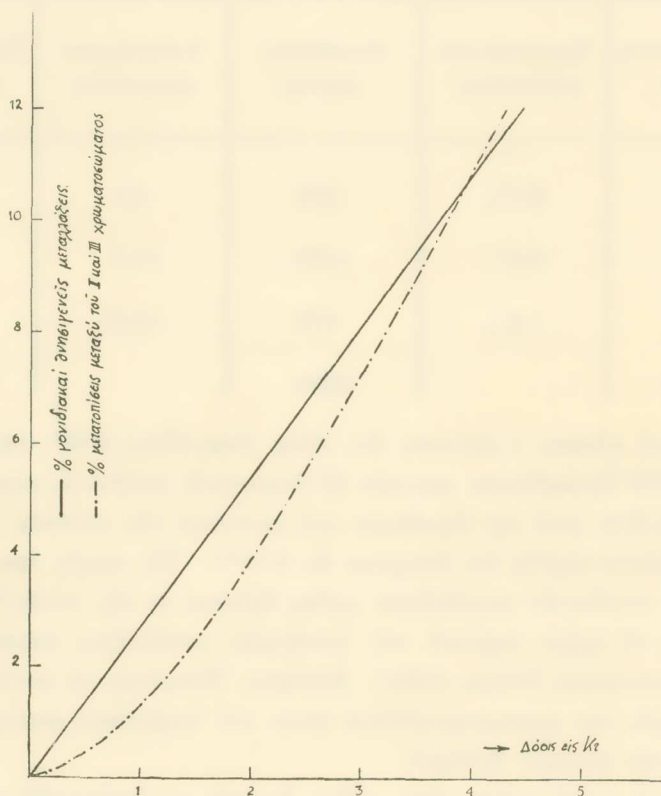
Ἐκ τοῦ πίνακος 1 φαίνεται ὅτι δόσις ὑπεριώδους $3 \cdot 10^6$ erg/cm² προεκάλεσεν ἐπὶ 1296 ἐξετασθέντων γαμετῶν 42 θνησιγενεῖς γονιδιακὰς μεταλλάξεις, ἥτοι 3,24% ἢ 3,10% μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ ποσοστοῦ τῆς φυσικῆς μεταλλακτικότητος, τὸ ὁποῖον εὑρέθη ὅτι ἀνέρχεται εἰς 0,14%. Τὸ ποσὸν ὁμῶς τοῦτο τῶν θνησιγενῶν γονιδιακῶν μεταλλάξεων καθὼς ἐξάγεται ἐκ τῆς συνεχοῦς καμπύλης, ἡ ὁποία εἰς τὸ σχῆμα παριστᾷ τὰς γονιδιακὰς μεταλλάξεις, παράγεται καὶ διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως δόσεως 1150 r Röntgen. Ἐπομένως τὸ ποσὸν τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν πρὸς τὴν χρησιμοποιηθεῖσαν δόσιν τοῦ ὑπεριώδους φωτός ἀντιστοιχοῦσαν δόσιν τῶν ἀκτίνων Röntgen.

Ἐκ τοῦ ποσοῦ ταύτης εἶναι πάλιν δυνατόν νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ποσὸν τῶν μετατοπίσεων, αἱ ὁποῖαι ὀφείλον νὰ ἐμφανίζωνται. Διὰ τὰς μεταξὺ τοῦ II καὶ τοῦ III χρωματοσώματος παραγομένης μετατοπίσεις εὑρέθη (Catsch, Radu, Kanelis, 1943) ὅτι ἡ ἐξάρτησις τούτων ἐκ τῆς δόσεως ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς ἐκθετικῆς συναρτήσεως $T = cD^{1.5}$. Ἡ καμπύλη ἡ παριστῶσα τὴν ἐξίσωσιν ταύτην ἀπεικονίζεται εἰς τὸ σχῆμα διὰ διακεκομμένων γραμμῶν. Ἐκ τῆς δόσεως τῶν ἀκτίνων Röntgen ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν χρησιμοποιηθεῖσαν δόσιν τοῦ ὑπεριώδους

¹ Ὑπολογιζόμεναι ἐκ τῆς καμπύλης τοῦ παρατιθεμένου σχήματος.

φωτὸς καὶ ἐκ τῆς καμπύλης ταύτης δύναται νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ποσὸν τῶν μετατοπίσεων, αἱ ὁποῖαι ἔδει νὰ ἀναμένωνται. Τοῦτο ἀνέρχεται εἰς 1,6 % ἥτοι 15,65 μετατοπίσεις.

Ἡ παρατηρουμένη ἐπομένως ἀπουσία χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων δὲν δύναται νὰ ἀποδοθῇ εἰς ἀνεπάρκειαν τῆς χρησιμοποιηθείσης δόσεως ἀλλὰ πρέπει ἄλλοι νὰ ἀναζητηθοῦν τὰ αἷτια. Πράγματι ἐφ' ὅσον αὐξάνει τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας, τὸ ποσὸν τῆς εἰς ἕκαστον φωτόνιον περικλειομένης ἐνεργείας ἐλαττοῦται συμφώνως πρὸς τὴν ἐξίσωσιν $E = h\nu$.



γείας ἐλαττοῦται συμφώνως πρὸς τὴν ἐξίσωσιν $E = h\nu$. Συνεπῶς ἡ ἀπουσία χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ὑπεριώδους φωτὸς δύναται νὰ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὰ προσπίπτοντα φωτόνια, ἐπειδὴ περικλείουν μικροτέραν ἐνέργειαν, δύνανται μὲν νὰ προκαλέσουν μεταβολὴν εἰς τὴν διάταξιν τοῦ συγκροτήματος τῶν ἀτόμων, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὸ γονίδιον, δὲν εἶναι ὅμως ἱκανὰ νὰ προκαλέσουν καὶ τὴν ρῆξιν τοῦ χρωματοσώματος.

Ἐὰν γίνῃ δεκτὴ ἡ ἐκδοχὴ ὅτι ἀρκεῖ ἓν μόνον κβάντουμ ὑπεριώδους φωτὸς

διὰ νὰ προκαλέσῃ μίαν γονιδιακὴν μεταλλάξιν, εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πιθανότης μὲ τὴν ὁποίαν ἐν φωτόνιον παράγει τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο ὡς ἀκολουθῶς : 3.10^6 erg/cm^2 παράγουν 3,1 μεταλλάξεις ἀνὰ 100 ἄτομα. Ἡ ἐνέργεια ἑνὸς φωτονίου ὑπεριώδους φωτός, μήκους κύματος 3640 \AA , ὑπολογιζομένη ἐκ τῆς ἐξίσωσης $E = h\nu$, εὐρίσκεται ἴση πρὸς $5,44.10^{-12} \text{ ergs}$. Διὰ τὴν παραγωγὴν ἐπομένως μιᾶς μεταλλάξεως εἰς ἓν ἄτομον ἀπαιτοῦνται τοῦλάχιστον $1,77.10^{19}$ φωτόνια. Ἐξ αὐτῶν ἐν μόνον χρησιμεύει διὰ τὴν πρόκλησιν τῆς μεταλλάξεως, ὅλα δὲ τὰ ὑπόλοιπα ἀπορροφηθέντα φωτόνια παραμένουν ἀδρανῆ. Ἡ ἀπορρόφησης ἐπομένως ἑνὸς φωτονίου ὑπὸ τοῦ ἀτόμου τῆς Δροσοφίλου προκαλεῖ μὲ πιθανότητα $\frac{1}{1,77.10^{19}} = 5,65.10^{-20}$ μίαν μεταλλάξιν. Ἐπειδὴ εἰς τὴν Δροσοφίλον ἐπαρκεῖ διὰ τὴν πρόκλησιν μιᾶς γονιδιακῆς μεταλλάξεως ἡ ἀπορρόφησης ἑνὸς φωτονίου ὑπεριώδους φωτός, πρέπει νὰ γίνῃ δεκτὸν ὅτι ἡ προσαγωγή ἐνεργείας $5,44.10^{-12} \text{ erg/cm}^2 = 3,41 \text{ eV}$ ἐπαρκεῖ διὰ τὴν πρόκλησιν μιᾶς γονιδιακῆς μεταλλάξεως. Ἡ ἀνεπάρκεια ὅμως τοῦ ὑπεριώδους διὰ τὴν παραγωγὴν χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν καθιστᾷ πιθανὸν ὅτι ἡ πρὸς τοῦτο ἀπαιτούμενη ἐνέργεια ὑπερβαίνει τὸ ποσὸν τοῦτο. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην πρόκλησις χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων δι' ὑπεριώδους φωτός θὰ ἠδύνατο νὰ συμβῇ, ὅταν ἡ δρᾶσις πολλῶν φωτονίων ἠθροίζετο. Τότε ὅμως ἡ καμπύλη, ἡ ὁποία ἐκφράζει τὴν ἐξάρτησιν τῶν ρηγμάτων τῶν χρωματοσωμάτων ἐκ τῆς δόσεως τῆς χρησιμοποιουμένης ἀκτινοβολίας θὰ ἦτο ἐκθετικὴ συνάρτησις. Μίαν τοιαύτην περίπτωσιν παρατήρησε πράγματι ὁ Latarjet (1943) κατὰ τὸν καθορισμὸν τῆς καμπύλης ἀναλογίας, ἡ ὁποία ἐκφράζει τὴν ἐξάρτησιν τοῦ θανάτου τῶν παραδυσεντερικῶν βακτηριδίων Y6R ἀπὸ τὴν δόσιν. Διὰ τὴν σχέσιν ταύτην οὗτος εὗρεν ὅτι προκειμένου μὲν περὶ ἀκτίνων Röntgen εἶναι αὕτη εὐθύγραμμος συνάρτησις, ἐνῶ διὰ τὸ ὑπεριώδες ἐκθετικὴ εἰς τὴν ἑκτὴν δύναμιν. Τοῦτο φαίνεται ὅτι δὲν συμβαίνει εἰς τὴν Δροσοφίλον. Δὲν ἀποκλείεται ἐν τούτοις καὶ ἡ ἀπορρόφησης ἑνὸς φωτονίου ὑπεριώδους, ἥτοι προσαγωγή ἐνεργείας 3,41 eV νὰ μὴ ἐπαρκῇ διὰ τὴν παραγωγὴν μιᾶς γονιδιακῆς μεταλλάξεως, ἀλλ' αὕτη νὰ συμβαίῃ δευτερογενῶς συνεπείᾳ μεταφορᾶς ἐνεργείας ἀπὸ τὸ νουκλεϊνικὸν ὅξυ εἰς τὸ κυρίως γονιδιακὸν ὕλικόν, τὸ ὁποῖον πιθανῶς εἶναι πρωτεϊνικῆς φύσεως.

R É S U M É

Tandis que par l' action de rayons X sur la Drosophile, on obtient les deux sortes de mutations, géniques et chromosomiques, la lumière ultraviolette ne provoque que des mutations géniques. Cela est dû à la manière différente dont les deux sortes de rayonnement agissent.

Dans la présente note nous étudions l'action d'une bande de lumière monochromique provenant d'un double monochromateur d'une longueur d'onde de 3640 \AA . Dans ce but les ventres de $ywfa^{no}$ mouches mâles furent pressés sous une plaque de quartz, irradiés à une dose de $1,5 - 4,5 \cdot 10^6 \text{ erg/cm}^2$ mesurée chaque fois au moyen d'une phot cellule, et puis ces mouches furent croisés avec des C1B femelles.

En croisant les mâles de la F_1 génération avec des cns femelles nous avons constaté, à la F_2 génération, les translocations parues entre le deuxième et le troisième chromosome et provoquées par l'irradiation, tandis qu'en croisant les femelles de la F_1 génération avec de $ywfa^{no}$ mâles nous avons enregistré les mutations léthales apparues au chromosome X. Les tableaux dans le texte montrent que parmi 3969 gamètes examinés on trouve 82 mutations léthales tandis qu'aucune translocation n'a été constatée parmi 2924 gamètes.

L'absence de mutations chromosomiques peut être due à l'insuffisance de la dose employée. Ainsi qu'il résulte du tableau 1, une dose de $3 \cdot 10^6 \text{ erg/cm}^2$ de lumière ultraviolette a provoqué 42 mutations léthales parmi 1296 gamètes examinés. C'est à dire $3,24 \%$ ou après la soustraction de la mutabilité naturelle $3,10 \%$. Ce même pourcentage de mutations se produit d'après la courbe de la figure à une dose de 1150 r de rayons X. On doit donc admettre que la dose de lumière ultraviolette employée correspond à cette dose de rayons X. Mais en employant cette dose on doit s'attendre à voir paraître, comme on peut déduire de l'autre courbe (en ligne interrompue) de la même figure, $1,6 \%$ ou 15,65 translocations. Par conséquent la dose employée était suffisante et ne peut pas être considérée comme étant la cause de l'absence de mutations chromosomiques qui a été constatée.

Etant donné que $3 \cdot 10^6 \text{ erg/cm}^2$ provoquent $3,1 \%$ de mutations, si nous admettons que pour la production d'une mutation il suffit d'un photon de lumière ultraviolette, nous trouvons qu'en utilisant la bande 3640 \AA pour la production d'une mutation on a besoin au moins de $1,77 \cdot 10^{19}$ photons et que l'énergie nécessaire est de $5,44 \cdot 10^{-12} \text{ erg/cm}^2 = 3,41 \text{ eV}$.

Comme l'énergie contenue dans un quantum dépend de la longueur d'onde, un atome, ou une molécule, absorbant un photon de lumière ultraviolette reçoit moins d'énergie qu'un autre irradié par les rayons X.

L'absence de mutations chromosomiques peut donc être expliquée en admettant que $3,41 \text{ eV}$ suffisent en général pour provoquer un changement

dans la structure intime du gène, mais que cette énergie est insuffisante pour provoquer une rupture au chromosome et pour faire apparaître une mutation chromosomique.

On pourrait peut être admettre qu'une mutation chromosomique peut être produite par l'action de plusieurs photons. Tel ne paraît pas être le cas pour la *Drosophila*. D'ailleurs il n'est pas exclus que même 3,41 eV ne suffisent pas pour provoquer une mutation létale mais que celle-ci se présente comme un phénomène secondaire, dû à l'émigration de l'énergie de l'acide nucléinique à la matière génique proprement dite.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Catsch A., A. Kanellis und G. Radu* (1943). Ueber den Einfluss des Alters, bestrahlter Spermien auf die Rate röntgeninduzierter Translokationen bei *Drosophila melanogaster*. *Naturwiss.*, **31**, 392.
- Catsch A., A. Kanellis, G. Radu und P. Welt* (1944). Ueber die Auslösung von Chromosomenmutationen bei *Drosophila melanogaster* mit Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge. *Naturwiss.*, **32**, 228.
- Catsch A., G. Radu und A. Kanellis* (1943). Die Dosisproportionalität der durch Röntgenbestrahlung ausgelösten Translokationen zwischen II. und III. Chromosom bei *Drosophila melanogaster*. *Naturwiss.*, **31**, 368.
- Demerec M., A. Hollaender, M. B. Houlahan and M. Bishop* (1942). Effect of monochromatic ultra - violet radiation on *Drosophila melanogaster*. *Genetics*, **27**, 139.
- Durand E., A. Hollaender and M. B. Houlahan* (1941). Ultraviolet absorption spectrum of the abdominal wall of *Drosophila melanogaster*. *J. Heredity*, **32**, 51.
- Gray L. H., J. C. Mothram, J. Read and F. G. Spear* (1940). Some experiments upon the biological effects of fast neutrons. *Brit. J. Radiol.*, **13**, 371.
- Hollaender A., E. R. Sansome, E. Zimmer and M. Demerec* (1945). Quantitative irradiation experiments with *Neurospora crassa*. II. Ultraviolet irradiation. *Amer. J. Bot.*, **32**, 226.
- Κανέλλης Α.* (1947). Πειραματική πρόκλησις γονιδιακών μεταλλάξεων δι' υπεριώδους φωτός. Πρακτικά Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν, **22**, 255.
- Latarjet R.* (1943). Actions primaires des rayons X et ultraviolettes sur le bacille paratyphérique Y6R. *Ann. Inst. Pasteur*, **69**, 205.

- Mackenzie K. and H. J. Muller* (1940). Mutation effects of ultraviolet light on *Drosophila*. Proc. Roy. Soc. London, Ser. B, **129**, 491.
- Muller H. J.* (1941). Induced mutations in *Drosophila*. Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol., **9**, 151.
- Muller H. J.* (1941). Resumé and perspectives of the symposium on genes and chromosomes. Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol., **9**, 290.
- Muller H. J. and K. Mackenzie* (1939). Discriminatory effect of ultraviolet rays on mutation in *Drosophila*. Nature, **143**, 83.
- Packard C.* (1931). The biological effects of short radiations. Quart. Rev. Biol., **6**, 253.
- Slizynski B. M.* (1942). Deficiency effect of ultraviolet light on *Drosophila melanogaster*. Proc. Roy. Soc. Edin., B, **61**, 297.
- Stadler L. J.* (1941). The comparison of ultraviolet and X-ray effects on mutation. Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol., **9**, 168.
- Swanson C. P.* (1940). A comparison of chromosomal aberrations induced by X-ray and ultra-violet radiation. Proc. Nat. Acad. Wash., **26**, 366.
- Swanson C. P.* (1942). The effects of ultraviolet and X-ray treatment on the pollen tube chromosomes of *Tradescantia*. Genetics, **27**, 491.
-