

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 εὐρέθη 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 ὄχι 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 φωτὸς, ὁ Slizynski (1942) ἀπέδωκεν εἰς τὴν παρουσίαν μικροϊσθίων ἑλλειμμάτων, τὰ ὁποῖα διεπίστωσε κατὰ τὴν κυτταρολογικὴν ἐξέτασιν τῶν χρωματοσωμάτων τῶν σιελογόνων ἀδένων. Ὁ Muller ἐν τούτοις ἀρνεῖται νὰ δεχθῆ ὅτι τὰ ὑπεριώδεις 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 ὕλικου σώματος ἀποσποῦν ἠλεκτρόνια ἀπὸ τὰ ἄτομα διὰ τῶν ὁποίων διέρχονται καὶ τὰ ἰονίζουν. Τὰ ἀποσπώμενα ἠλεκτρόνια λαμβάνουν ἐν μέρος μόνον ἢ σχεδὸν ὀλόκληρον τὸ ποσὸν τῆς ἀρχικῆς ἐνεργείας τοῦ προσπίπτοντος φωτονίου καὶ προκαλοῦν καὶ αὐτὰ κατὰ τὴν δίοδόν των νέους ἰονισμούς, μέχρις ὅτου χάσουν τὴν ἐνεργειάν των καὶ σταματήσουν. Τοιοῦτοτρόπως οἱ ἰονισμοὶ δὲν εὐρίσκονται ὁμοιομόρφως διεσπαρμένοι κατὰ μῆκος τῆς ὅλης τροχιᾶς, ἀλλὰ ἀποτελοῦν ὁμάδας, αἱ ὁποῖαι εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς τροχιᾶς ἀπέχουν πολὺ μεταξὺ των, ὅσον δὲ πλησιάζουν πρὸς τὸ τέλος τὸσον καὶ πλησιέστερον εὐρίσκονται καὶ ἀποτελοῦν ὄμαθόν.

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 ἴστού ὑφισταμένου ὁμοιομόρφως τὴν ἐπίδρασιν ἀκτινοβολίας, τὰ διεγερόμενα ἄτομα κατανέμονται τυχαίως χωρὶς νὰ συγκεντροῦνται. Ἴονισθέντα ἢ ἐν διεγέρσει ἄτομα διακρίνονται ἐκ τῆς ἰδιαίτερας ἱκανότητος τὴν ὁποίαν δεικνύουν, κυρίως τὰ πρῶτα, πρὸς ἀντίδρασιν.

Ἐκτὸς τούτου διὰ τὰς ἀκτῖνας Röntgen ὁ συντελεστής ἀπορροφῆσεως δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν τρόπον τῆς χημικῆς συνδέσεως τῶν ἀπορροφούντων ἀτόμων, ἀλλὰ ἀπὸ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν των. Τουναντίον διὰ τὸ ὑπεριώδες φῶς ὁ συντελεστής ἀπορροφῆσεως ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν δομὴν τοῦ μορίου καὶ εἶναι διάφορος διὰ τὸ νουκλεϊνικὸν δξὺν καὶ τὰς πρωτεΐνας. Ἐπομένως κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν ὑπεριώδους φωτὸς ἢ ἀπορροφουμένη ἐνέργεια δύναται νὰ εἶναι διάφορος ὄχι μόνον κατὰ τὰ διάφορα στάδια τοῦ κύκλου τῆς διαφύσεως, ἀλλὰ καὶ κατὰ μῆκος τοῦ ἀκτινοβολουμένου χρωματοσώματος, ἐξαρτώμενη ἀπὸ τὸν βαθμὸν συγκεντρώσεως τοῦ νουκλεϊνικοῦ δξέος 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 ἐπιτευχθοῦν εἰς τὴν Tradenscandia χρωματιδικὰ ρήγματα, ἤτοι ρῆξις κατὰ τὸ στάδιον τῆς προφάσεως τοῦ ἐνὸς ἐκ τῶν δύο ἀδελφικῶν χρωματιδίων, ὄχι ὅμως καὶ ἰσοχρωματιδικὰ ρήγματα, ἤτοι 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 ἀκτινοβολῆσιν 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 ἴστων, 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 περισσότερο, ἡ ἀπορρόφησης. Διὰ τοῦτο πρὸς πειραματισμὸν ἀντὶ κανονικῶν μυιῶν ἐχρησιμοποιήθη πρὸς ἀκτινοβολῆσιν καλλιέργεια, ἢ 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

ώρων, ἤτοι ἡ ἀκτινοβόλησις νὰ γίνεται, ἐφ' ὅσον ἀκόμη ἡ χιτίνη εἶναι μαλακὴ καὶ τὸ χρῶμα τοῦ σώματος πολὺ ἀνοιχτόν.

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 ἐλαττοῦται 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 ὁποῖου ἀνελύετο διὰ δευτέραν φοράν. Ἐκ τοῦ νέου οὕτω λαμβανομένου φάσματος ἀπεμονοῦτο τελικῶς διὰ στενῆς σχισμῆς λεπτοτάτης δέσμη μήκους κύματος 3640 Å. Τοιοῦτοτρόπως ἡ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία προήρχετο ἐκ τοῦ μονοχρωμάτορος, πρακτικῶς δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἦτο τελείως ἀπηλλαγμένη ξένων ἀκτινοβολιῶν.

Οἱ λόγοι διὰ τοὺς ὁποίους ἐπιρριμαθῆναι ἡ γραμμὴ αὕτη τοῦ φάσματος ἦσαν οἱ ἑξῆς : Πρῶτον διότι εἶναι ἑξαιρετικῶς ἔντονος, δεύτερον 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 Houghan 1941), οὕτως ὥστε ἀρκετὸν ποσὸν ἐκ τοῦ προσπίπτοντος φωτός φθάνει εἰς τὰς γονάδας.

Τὰ πρὸς ἀκτινοβόλησιν ζῶα ἐτοποθετοῦντο κυκλικῶς ἐντὸς μικρᾶς κάψης μὲ τὴν ῥαχίν πρὸς τὰ κάτω καὶ ἐπιέζοντο εἰς τὴν θέσιν ταύτην διὰ μιᾶς λεπτῆς πλακὸς ἐκ χαλαζίου, τῆς ὁποίας ἡ ἀπορρόφησης ἦτο γνωστὴ. Διὰ τῆς τεχνικῆς ταύτης αἱ γονάδες ἐφέροντο πλησιέστερον πρὸς τὴν κοιλιακὴν ἐπιφάνειαν τοῦ σώματος, ἡ ὁποία καὶ ἐξετίθετο εἰς τὴν ἀκτινοβόλησιν. Τοιοῦτοτρόπως ἐφθάνεν 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 ὄφειλετο εἰς ἀνομοιογένειαν τοῦ πεδίου.

Ἡ μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῆς χρησιμοποιουμένης δέσμης τοῦ ὑπεριώδους φωτός, πολὺ μικρᾶς ὡς 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 περιεχοῦσης τὰ πρὸς ἀκτινοβολήσιν ζῶα.

Τὰ ἀκτινοβοληθέντα ἄτομα, τῆς γενετυπικῆς συστάσεως $ywfa^{no}$ (*) διεσταυροῦντο μετὰ διήμερον μετὰ θηλέων τῆς συστάσεως $C1B; cn; ss$ (*) 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 γενετυπικῆς συστάσεως $cn;ss$ καὶ εἰς τὴν F_2 γενεᾶν ἐξητάζοντο ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἐμφανιζομένων φαινοτύπων αἱ προκύψασαι μετατοπίσεις μεταξὺ τοῦ II καὶ III χρωματοσώματος, τὰ δὲ θήλεα διεσταυροῦντο μετὰ ἀρρένων τῆς γενετυπικῆς συστάσεως $ywfa^{no}$ καὶ ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἀρρένων καὶ θηλέων εἰς τὴν F_2 γενεᾶν διεπιστοῦτο ἡ παρουσία θνησιγενῶν μεταλλάξεων εἰς τὸ X χρωματώσωμα. 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 ἰσῶν τοῦ σώματος, δὲν ὑπάρχει ἕμμεσος 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 ἕμμεσον σύγκρισιν μὲ τὴν βοήθειαν τῶν διαπιστωθέντων ἀποτελεσμάτων, διότι μέρος τούτων δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς βιολογικὸς δείκτης.

Χρῆσις 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 σμηρίγγων εἰς τὸ νῶτον.

$C1B$ = καλλιέργεια τῆς ὁποίας τὰ ἄτομα ἔχουν νεφροειδεῖς ὀφθαλμούς ($B = Bar$) καὶ φέρουν τὸν θνησιγενῆ παράγοντα 1 καθὼς καὶ μίαν μακρὰν ἀναστροφήν (C), ἡ ὁποία ἐμποδίζει σχεδὸν τελείως τὴν ἀνταλλαγὴν γονιδίων εἰς τὸ X χρωματώσωμα.

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

Π Ι Ν Α Κ Ε 1.

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

Χρησιμοποιηθεῖσα δόσις	Ἀριθμὸς ἕξετασθέντων γαμετῶν	Παρατηρηθεῖσαι μεταλλάξεις	% μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς φυσικῆς μεταλλαξιότητος	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 ἕξετασθέντων 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 χρωματωμικῶν 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 ὁποῖον 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 δυνατὸν 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 ὁποία 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 ἀκτίνιας Röntgen	Προκαλούμεναι μετατοπίσεις ¹	ἐξετασθέντες γαμέται	Ἀναμενόμεναι μετατοπίσεις	Παρατηρηθεῖσαι μετατοπίσεις
100 r	0,1%	508	0,5	0
733 r	0,8%	1438	165	0
1150 r	1,6%	978	15,65	0
Σύνολον		2924		

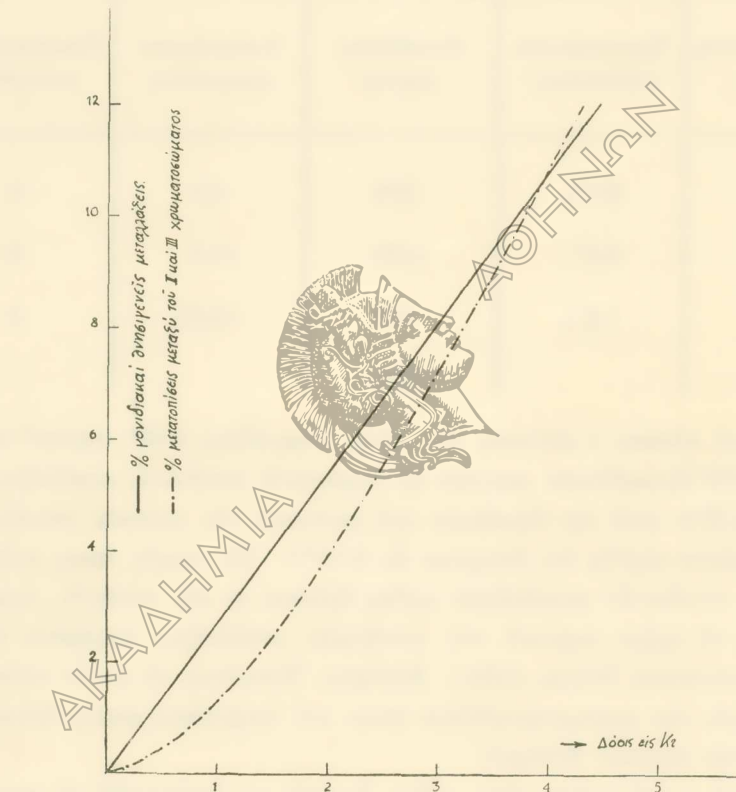
Ἐκ τοῦ πίνακος 1 φαίνεται ὅτι δόσις ὑπεριώδους $3 \cdot 10^6$ erg/cm² προεκάλεσεν ἐπὶ 1296 ἐξετασθέντων γαμετῶν 42 θνησιγενεῖς γονιδιακὰς μεταλλάξεις, ἧτοι 3,24% ἢ 3,10% μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ ποσοστοῦ τῆς φυσικῆς μεταλλακτικότητος, τὸ ὁποῖον εὐρέθη ὅτι ἀνερχεται εἰς 0,14%. Τὸ ποσὸν ὁμῶς τοῦτο τῶν θνησιγενῶν γονιδιακῶν μεταλλάξεων καθὼς ἐξάγεται ἐκ τῆς συνεχοῦς καμπύλης, ἢ 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 δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ποσὸν τῶν μετατοπίσεων, αἱ ὁποῖαι ὄφειλον νὰ ἐμφανίζωνται. Διὰ τὰς μεταξὺ τοῦ II καὶ τοῦ III χρωματοσώματος παραγομένας μετατοπίσεις εὐρέθη (Catsch, Radu, Kannelis, 1943) ὅτι ἡ ἐξάρτησις τούτων ἐκ τῆς δόσεως ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς ἐκθετικῆς συναρτήσεως $T = cD^{1,5}$. Ἡ καμπύλη ἢ παριστῶσα τὴν ἐξίσωσιν ταύτην ἀπεικονίζεται εἰς τὸ σχῆμα διὰ διακεκομμένων γραμμῶν. Ἐκ τῆς δόσεως τῶν ἀκτίνων Röntgen ἢ 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% ἢτοι 15,65 μετατοπίσεις.

Ἡ παρατηρουμένη ἐπομένως ἀπουσία χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων δὲν δύναται νὰ ἀποδοθῇ εἰς ἀνεπάρκειαν τῆς χρησιμοποιηθείσης δόσεως ἀλλὰ πρέπει ἀλλοῦ 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 $E = h\nu$. Συνεπῶς ἡ ἀπουσία χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων κατὰ τὴν χρησιμοποιήσιν τοῦ ὑπεριώδους φωτὸς δύναται νὰ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὰ προσπίπτοντα φωτόνια, ἐπειδὴ περικλείουν μικροτέραν ἐνέργειαν, δύναται 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.



Ἡ ἀπουσία χρωματοσωμικῶν μεταλλάξεων κατὰ τὴν χρησιμοποιήσιν τοῦ ὑπεριώδους φωτὸς δύναται νὰ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὰ προσπίπτοντα φωτόνια, ἐπειδὴ περικλείουν μικροτέραν ἐνέργειαν, δύναται 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.

Ἐάν γίνῃ δεκτὴ ἡ ἐκδοχὴ ὅτι ἀρκεῖ ἓν μόνον κβάντομ ὑπεριώδους φωτὸς

διὰ τὴν προκαλέσθη μίαν γονιδιακὴν μεταλλάξιν, εἶναι δυνατόν νὰ ὑπολογισθῇ ἡ πιθανότης μὲ τὴν ὁποίαν ἐν φωτόνιον παράγει τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο ὡς ἀκολουθῶς: $3 \cdot 10^6$ erg/cm² παράγουν 3,1 μεταλλάξεις ἀνὰ 100 ἄτομα. Ἡ ἐνέργεια ἐνὸς φωτονίου ὑπεριώδους φωτός, μήκους κύματος 3640 Å, ὑπολογιζομένη ἐκ τῆς ἐξίσωσης $E = h\nu$, εὐρίσκεται ἴση πρὸς $5,44 \cdot 10^{-12}$ ergs. Διὰ τὴν παραγωγὴν ἐπομένως μιᾶς μεταλλάξεως εἰς ἓν ἄτομον ἀπαιτοῦνται τοῦλάχιστον $1,77 \cdot 10^{19}$ φωτόνια. Ἐξ αὐτῶν ἐν μόνον χρησιμεύει διὰ τὴν πρόκλησιν τῆς μεταλλάξεως, ὅλα δὲ τὰ ὑπόλοιπα ἀπορροφηθέντα φωτόνια παραμένουν ἀδρανῆ. Ἡ ἀπορρόφησης ἐπομένως ἐνὸς φωτονίου ὑπὸ τοῦ ἀτόμου τῆς Δροσόφιλου προκαλεῖ μὲ πιθανότητα $\frac{1}{1,77 \cdot 10^{19}} = 5,65 \cdot 10^{-20}$ μίαν μεταλλάξιν. Ἐπειδὴ εἰς τὴν Δροσόφιλον ἐπαρκεῖ διὰ τὴν πρόκλησιν μιᾶς γονιδιακῆς μεταλλάξεως ἡ ἀπορρόφησης ἐνὸς φωτονίου ὑπεριώδους φωτός, πρέπει νὰ γίνῃ δεκτὸν ὅτι ἡ προσαγωγὴ ἐνεργείας $5,44 \cdot 10^{-12}$ erg/cm² = 3,41 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 παρετήρησε πρᾶγματι 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 εὑρεν ὅτι προκειμένου μὲν περὶ ἀκτίνων Röntgen εἶναι αὕτη εὐθύγραμμος συνάρτησις, ἐνῶ διὰ τὸ ὑπεριώδες ἐκθετικὴ εἰς τὴν ἕκτην δύναμιν. Τοῦτο φαίνεται ὅτι δὲν συμβαίνει εἰς τὴν Δροσόφιλον. Δὲν ἀποκλείεται ἐν τούτοις καὶ ἡ ἀπορρόφησης ἐνὸς φωτονίου ὑπεριώδους, ἥτοι προσαγωγὴ ἐνεργείας 3,41 eV νὰ μὴ ἐπαρκεῖ διὰ τὴν παραγωγὴν μιᾶς γονιδιακῆς μεταλλάξεως, ἀλλ' αὕτη νὰ συμβαίη δευτερογενῶς συνεπιεία μεταφορᾶς ἐνεργείας ἀπὸ τὸ νουκλεϊνικὸν ὄξυ 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 Å. Dans ce but les ventres de *ywfa*^{no} mouches mâles furent pressés sous une plaque de quartz, irradiés à une dose de 1,5 — 4,5 10⁶ erg/cm² 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 F₁ génération avec des *cns* femelles nous avons constaté, à la F₂ génération, les translocations parues entre le deuxième et le troisième chromosome et provoquées par l'irradiation, tandis qu'en croisant les femelles de la F₁ 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 3.10⁶ erg/cm² 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, 11,6 % 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 3.10⁶ erg/cm² 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 Å pour la production d'une mutation on a besoin au moins de 1,77.10¹⁰ photons et que l'énergie nécessaire est de 5,44.10⁻¹² erg/cm² = 3,41 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 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 Drosophile. D'ailleurs il n'est pas exclus que même 3,41 eV ne suffisent pas pour provoquer une mutation léthale 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 F. 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 γονιδιακῶν μεταλλάξεων δι' υπεριώδους φωτός. Πρακτικὰ 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.