

**ΤΑΞΗ:** Γ΄ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ  
**ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ:** ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
**ΜΑΘΗΜΑ:** ΒΙΟΛΟΓΙΑ

**Ημερομηνία:** Τετάρτη 4 Μαΐου 2016

**Διάρκεια Εξέτασης:** 3 ώρες

### ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

#### ΘΕΜΑ Α

- A1. β
- A2. δ
- A3. α
- A4. β
- A5. δ

#### ΘΕΜΑ Β

- B1.** Σελίδα 32 - 33 σχ. βιβλ.: Από “ Κατά την έναρξη της μεταγραφής ..... όπως και η αντιγραφή”.  
Έτσι, το mRNA που συντίθεται είναι συμπληρωματικό και αντιπαράλληλο με την μεταγραφόμενη αλυσίδα και συνεπώς της ίδιας αλληλουχίας με την συμπληρωματική αλυσίδα του DNA (γονιδίου), η οποία ονομάζεται κωδική. Συνεπώς η κωδική αλυσίδα του γονιδίου ενώ δεν χρησιμοποιείται ως καλούπι για την σύνθεση του mRNA, δηλαδή δεν μεταγράφεται, η αλληλουχία των βάσεων της είναι αυτή που μεταφράζεται τελικά, μέσω του mRNA.
- B2.** Σελίδα 32 σχ. βιβλ.: Από “ Η μεταγραφή καταλύεται από ένα ένζυμο ..... αρχή κάθε γονιδίου”  
Σελίδα 41 σχ. βιβλ.: Από “ Στο επίπεδο της μεταγραφής. Ένας αριθμός ..... τη μεταγραφή ενός γονιδίου”.  
Συνεπώς, η μεταγραφή με τα ρυθμιστικά της στοιχεία (υποκινητές, μεταγραφικοί παράγοντες), καθορίζει ποια γονίδια θα εκφράζονται, σε ποιους ιστούς και σε ποια στάδια της ανάπτυξης, με αποτέλεσμα την κυτταρική διαφοροποίηση. (σελίδα 31 σχ. βιβλ.)
- B3. α.** Κατά την έναρξη της μετάφρασης το mRNA προσδένεται, μέσω μιας αλληλουχίας που υπάρχει στην 5' αμετάφραστη περιοχή του, με το

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2016**  
**Β' ΦΑΣΗ**

**E\_3.Bλ3Θ(α)**

ριβωσωμικό RNA της μικρής υπομονάδας του ριβοσώματος, σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας των βάσεων. Συνεπώς, κάποιο είδος μετάλλαξης, π.χ γονιδιακή μετάλλαξη έλλειψης βάσεων στην 5' αμετάφραστη περιοχή της κωδικής αλυσίδας του γονιδίου, έχει σαν αποτέλεσμα την αδυναμία του mRNA να προσδεθεί με την 5' αμ. περιοχή του στην μικρή υπομονάδα του ριβοσώματος ώστε να ξεκινήσει η μετάφρασή του.

- β.** Η RNA πολυμεράση, για να ξεκινήσει (σωστά) την μεταγραφή δηλαδή τη σύνθεση του mRNA, προσδέεται σε ειδικές περιοχές του DNA, που ονομάζονται υποκινητές, με τη βοήθεια πρωτεϊνών που ονομάζονται μεταγραφικοί παράγοντες. Συνεπώς, ένα είδος μετάλλαξης π.χ έλλειψη τμήματος του υποκινητή (δομική χρωμοσωμική ανωμαλία), που έχει σαν αποτέλεσμα την αδυναμία των μεταγραφικών παραγόντων και κατά συνέπεια της RNA πολυμεράσης να δεσμευτούν σ' αυτόν, δεν επιτρέπει την σύνθεση του mRNA.
- γ.** Μια γονιδιακή μετάλλαξη αντικατάστασης βάσης, σε κωδικοποιούσα περιοχή του γονιδίου (εξόνιο), που οδηγεί σε δημιουργία κωδικονίου που κωδικοποιεί διαφορετικό αμινοξύ, δεν αλλάζει τον αριθμό των αμινοξέων της πολυπεπτιδικής αλυσίδας αλλά μπορεί να προκαλέσει απώλεια της λειτουργικότητάς της, αν η αντικατάσταση του αμινοξέος οδηγεί σε αλλαγή της δομής της.
- δ.** Μια γονιδιακή μετάλλαξη αντικατάστασης βάσης μπορεί να μετατρέψει ένα κωδικόνιο, που κωδικοποιεί κάποιο αμινοξύ, σε ένα κωδικόνιο λήξης, με αποτέλεσμα τον πρόωρο τερματισμό της πολυπεπτιδικής αλυσίδας. Συνεπώς η αντικατάσταση μιας βάσης του 101<sup>ου</sup> κωδικονίου, που το μετατρέπει σε κωδικόνιο λήξης, έχει σαν αποτέλεσμα η μεταλλαγμένη πολυπεπτιδική αλυσίδα να αποτελείται από 100 αμινοξέα.

- B4. α)** (Σελίδα 13 σχ. βιβλ.) Αποικία είναι ένα σύνολο μικροοργανισμών, που έχουν προέλθει από διαδοχικές διαιρέσεις ενός κυττάρου, όταν αυτό αναπτύσσεται σε στερεό θρεπτικό υλικό και φαίνονται με γυμνό οφθαλμό. Οι αποικίες που σχηματίστηκαν, όπως φαίνεται στο σχήμα, είναι 26. Συνεπώς, 26 βακτήρια από τα 10<sup>6</sup>, που είχαμε τοποθετήσει στο θρεπτικό υλικό κατόρθωσαν να επιζήσουν απουσία μεθειονίνης και να σχηματίσουν αποικίες.

**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2016**  
**Β' ΦΑΣΗ**

**E\_3.Βλ3Θ(α)**

- β) Εφόσον, η μοναδική αλλαγή στην καλλιέργεια των βακτηρίων είναι η προσθήκη στο θρεπτικό υλικό των κυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων του καπνού, σημαίνει ότι οι ουσίες αυτές πρέπει να προκάλεσαν μεταλλάξεις στο DNA των βακτηρίων. Σε μερικά βακτήρια (26), μία μετάλλαξη, μετέτρεψε το μεταλλαγμένο γονίδιο για την σύνθεση της μεθειονίνης στο φυσιολογικό και έτσι τα βακτήρια αυτά μπόρεσαν να συνθέσουν μεθειονίνη και ανέπτυξαν αποικίες. Συνεπώς, οι κυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες συνιστούν μεταλλαξογόνους παράγοντες.
- γ) (Σελίδα 101 σχ. βιβλ.) Υπάρχουν δύο τύποι γονιδίων που σχετίζονται με την καρκινογένεση. Τα πρωτο-ογκογονίδια και τα ογκοκατασταλτικά. Η μετατροπή των πρωτο-ογκογονιδίων σε ογκογονίδια μπορεί να είναι αποτέλεσμα γονιδιακής μετάλλαξης ή μια χρωμοσωμικής ανωμαλίας, συνηθέστερα μετατόπισης. Η αναστολή (της δράσης των ογκοκατασταλτικών είναι αποτέλεσμα μετάλλαξης, κυρίως έλλειψης γονιδίου, αφαιρεί από το κύτταρο τη δυνατότητα ελέγχου του πολλαπλασιασμού και οδηγεί σε καρκινογένεση. Σχετικές έρευνες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο καρκίνος σε γενετικό επίπεδο είναι το αποτέλεσμα των μεταλλάξεων των παραπάνω γονιδίων, οι οποίες προκαλούνται από διαφορετικούς μεταλλαξογόνους παράγοντες όπως η ακτινοβολία ή χημικές ουσίες, που μπορεί να είναι και οι κυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες του καπνού, όπως απέδειξε το πείραμα.

**ΘΕΜΑ Γ**

- Γ1. α. Το ζυγωτό, των ανώτερων οργανισμών, δημιουργείται από την γονιμοποίηση ενός θηλυκού γαμέτη από ένα αρσενικό. Οι γαμέτες διαθέτουν ένα αντίγραφο του γονιδιώματος που περιλαμβάνει, μια σειρά αυτοσωμικών χρωμοσωμάτων (συμβολίζονται με A) που είναι ίδια στα αρσενικά και στα θηλυκά άτομα του είδους και ένα φυλετικό χρωμόσωμα, που μπορεί να είναι το X ή το Y. Στον Χιμπαντζή το φύλο καθορίζεται όπως και στον άνθρωπο, δηλαδή η παρουσία του Y καθορίζει το αρσενικό άτομο, ενώ η απουσία του το θηλυκό.

Χρωμοσωμική σύσταση ζυγωτού θηλυκού χιμπαντζή:

$$46 A + XX \text{ ή } 23 AA + XX$$

Χρωμοσωμική σύσταση ζυγωτού αρσενικού χιμπαντζή:

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2016  
Β' ΦΑΣΗ

E\_3.Bλ3Θ(α)

46 A + XY ή 23 AA + XY

Χρωμοσωμική σύσταση θηλυκού γαμέτη (ωάριο):

23 A + X

Χρωμοσωμική σύσταση αρσενικού γαμέτη (σπερμ/ριο):

(1/2) 23 A + X και (1/2) 23 A + Y

β. Κύτταρο χιμπαντζή στην αρχή της μεσόφασης:

48 χρωμοσώματα και 48 μόρια DNA

Κύτταρο χιμπαντζή στη μετάφαση μίτωσης:

48 χρωμοσώματα και 96 μόρια DNA

Κύτταρο χιμπαντζή στο τέλος της 1<sup>ης</sup> μειωτικής διαίρεσης:

24 χρωμοσώματα και 48 μόρια DNA

Γ2.

	Στήλη I Ανιχνευτής	Στήλη II Γονιδιωματική βιβλιοθήκη ανθρώπου	Στήλη III cDNA βιβλιοθήκη πρόδρομου ερυθροκυττάρου
1	Γονιδίου της RNA πολυμεράσης	+	+
2	Γονιδίου αλυσίδων - $\beta$ HbA	+	+
3	Γονιδίου σύνθεσης του αντιγόνου A (ανθρώπου με ομάδα αίματος A)	+	+
4	1 <sup>ο</sup> εσωνίου γονιδίου αλυσίδων - $\alpha$ της HbA	+	-
5	Υποκινητή γονιδίου αλυσίδων - $\beta$ της HbA	+	-
6	Αλληλουχίας λήξης μεταγραφής του γονιδίου αλυσίδων - $\beta$ της HbA	+	-
7	5' αμετάφραστης περιοχής γονιδίου μιας ιστόνης	+	+
8	Γονιδίου του tRNA σερίνης	+	-
9	Γονιδίου tRNA μικρής υπομονάδας ριβοσώματος	+	-
10	Γονιδίου της βακτηριακής RNA πολυμεράσης	+	+

Γ3.

P<sub>1</sub>:

♀

αραιό τριχ.

X

♂

πυκνό τριχ.



F<sub>1</sub>:

1 αραιό τριχ.

:

1 πυκνό τριχ.

## ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2016

Β' ΦΑΣΗ

**E\_3.Bλ3Θ(α)**

**P<sub>2</sub>:**       ♀   αραιό τριχ.                          X                          ♂   αραιό τριχ.

↓

**F<sub>1</sub>:**                          2 αραιό τριχ.                          :                          1 πυκνό τριχ.

Στην διασταύρωση **P<sub>2</sub>** παρατηρούμε ότι από τη διασταύρωση δύο ατόμων με όμοιο φαινότυπο (αραιό τρ. X αραιό τρ.), εμφανίζονται απόγονοι με διαφορετικό φαινότυπο (πυκνό τρ.). Επειδή σύμφωνα με τον 1<sup>ο</sup> νόμο του Μέντελ, κάθε απόγονος παίρνει ένα αλληλόμορφο, για ένα χαρακτήρα, από κάθε γονέα, το αλληλόμορφο για το φαινότυπο «πυκνό» που εμφανίζεται στους απογόνους υπάρχει στους γονείς χωρίς να εκδηλώνεται, και συνεπώς είναι το υπολειπόμενο.

Έτσι συμβολίζουμε:                      αραιό τρίχωμα: **A** (αυτοσώμικο)  
    πυκνό τρίχωμα: **a**

Οι απόγονοι της διασταύρωσης **P<sub>1</sub>**, με πυκνό τρίχωμα έχουν γονότυπο **aa**, αφού μια υπολειπόμενη ιδιότητα εκδηλώνεται μόνο σε ομόζυγο γονότυπο για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο. Ομοίως και ο ♂ γονέας της **P<sub>1</sub>** με φαινότυπο πυκνό τρίχωμα έχει γονότυπο **aa**. Ο ♀ γονέας της **P<sub>1</sub>** με αραιό τρίχωμα έχει γονότυπο **Aa**, επειδή υπάρχουν απόγονοι με πυκνό τρίχωμα και κάθε ένας από αυτούς παίρνει ένα αλληλόμορφο από κάθε γονέα.

Ο 1<sup>ος</sup> νόμος του Μέντελ (νόμος του διαχωρισμού των αλληλόμορφων γονιδίων), αναφέρει ότι «τα δύο αλληλόμορφα γονίδια, ενός χαρακτήρα, διαχωρίζονται κατά την διάρκεια της μείωσης, γιατί διαχωρίζονται τα ομόλογα χρωμοσώματα πάνω στα οποία βρίσκονται. Έτσι κάθε γαμέτης να έχει ένα αλληλόμορφο για κάθε χαρακτήρα και οι απόγονοι είναι αποτέλεσμα του τυχαίου συνδυασμού των γαμετών.»

Η διασταύρωση **P<sub>1</sub>** συνεπώς είναι:

<b>P:</b>	♀   Aa	x	♂   aa	
<b>Γαμέτες:</b>	A, a		a	<b>Γ.Α:</b> 1/2 Aa:                  1/2 aa

**Φ.Α:**   1/2 αραιό τρ.:   1/2 πυκνό τρ.

**F<sub>1</sub>:**                          AA,    aa

Αφού στην  $P_2$  διασταύρωση προκύπτουν απόγονοι με πυκνό τρίχωμα (αα), οι γονείς με αραιό τρίχωμα θα έχουν γονότυπο Αα (ετερόζυγοι). Έτσι η διασταύρωση είναι:



Γαμέτες:  $A, a$   $A, a$  **Γ.Α:**  $1/4$  **ΑΑ:**  $2/4$  **Αα:**  $1/4$  **αα**

**Φ.Α:**  $3/4$  αραιό τρ.:  $1/4$  πυκνό τρ.

**F<sub>1</sub>:**  $AA, Aa, Aa, aa$

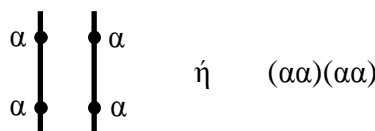
Παρατηρούμε ενώ ότι η αναμενόμενη Φ.Α είναι 3 αραιό τρ.: 1 πυκνό τρ., η Φ.Α που δίνεται στην είναι 2 αραιό: 1 πυκνό. Αυτό σημαίνει ότι το  $1/3$  των απογόνων με αραιό τρίχωμα πεθαίνει. Ένα άτομο πεθαίνει όταν φέρει θνησιγόνο αλληλόμορφο γονίδιο σε ομόζυγη κατάσταση. Συνεπώς οι απόγονοι στην  $F_1$  με φαινότυπο αραιό τρίχωμα και γονότυπο ΑΑ, πεθαίνουν. Το αλληλόμορφο Α σε ομόζυγη κατάσταση είναι θνησιγόνο, ενώ σε ετερόζυγη οδηγεί σε αραιό τρίχωμα. Οι αναλογίες των απογόνων γίνονται:

**Γ.Α:**  $2/3$  **Αα:**  $1/3$  **αα**

**Φ.Α:**  $2/3$  αραιό τρ.:  $1/3$  πυκνό τρ.

**Προσοχή!** Το πρόβλημα λύνεται επίσης και με δεύτερο τρόπο, θεωρώντας ότι τα άτομα με πυκνό τρίχωμα έχουν γονότυπο ΑΑ, τα άτομα με αραιό τρίχωμα έχουν γονότυπο Αα ενώ μη βιώσιμα είναι τα άτομα με γονότυπο αα.

**Γ4.** Ένα άτομο φυσιολογικά, διαθέτει τέσσερα γονίδια που κωδικοποιούν τις αλυσίδες α των αιμοσφαιρινών του, στο  $16^{\circ}$  (σύμφωνα με την εκφώνηση) ζευγάρι ομολόγων χρωμοσωμάτων. Ο γονότυπος ενός τέτοιου ατόμου θα μπορούσε να συμβολιστεί:



Αφού η γυναίκα είναι φορέας της α – θαλασσαιμίας, (διαθέτει στο  $16^{\circ}$  ζευγάρι ομολόγων χρωμοσωμάτων της δύο γονίδια α, ο γονότυπός της θα εξαρτάται



από αν λείπουν, και τα δύο α γονίδια από το ένα ομόλογο χρωμόσωμα ή λείπει ένα από το ένα ομόλογο και ένα από το άλλο. Έτσι, ο γονότυπός της θα είναι: (αα)(- -) ή (α -)(α -). Ο γονότυπος του άνδρα θα είναι (αα)(α -). Οι πιθανές διασταυρώσεις θα είναι:

$$P_1: \quad \text{♀ (αα)(- -)} \quad \times \quad \text{♂ (αα)(α -)}$$

$$\text{Γαμέτες:} \quad (αα), (- -) \quad (αα), (α -)$$

$$F_1: \quad (αα)(αα), (αα)(α -), (αα)(- -), (α -)(- -)$$

$$\text{Γ.Α:} \quad 1/4 (αα)(αα): \quad 1/4 (αα)(α -): \quad 1/4 (αα)(- -): \quad 1/4 (α -)(- -)$$

$$P_2: \quad \text{♀ (α -)(α -)} \quad \times \quad \text{♂ (αα)(α -)}$$

$$\text{Γαμέτες:} \quad (α -), (α -) \quad (αα), (α -)$$

$$F_1: \quad (αα)(α -), (α -)(α -)$$

$$\text{Γ.Α:} \quad 1/2 (αα)(α -): \quad 1/2 (α -)(α -)$$

Σημείωση: Για την εύρεση των γαμετών πραγματοποιούμε τις κατάλληλες μειωτικές διαιρέσεις.

### ΘΕΜΑ Δ

**Δ1.** Το τμήμα DNA, που περιέχει το γονίδιο της τοξίνης Bt, έχει κοπεί με δύο περιοριστικές ενδονουκλεάσες, μια από τις οποίες είναι η EcoRI. Η EcoRI αναγνωρίζει την αλληλουχία



και την κόβει μεταξύ G και A, με προσανατολισμό 5' – 3'. Αυτό σημαίνει ότι τα μονόκλινα άκρα που προκύπτουν από τη δράση της έχουν ελεύθερη φωσφορική ομάδα, δηλαδή συνιστούν 5' άκρα.



Συνεπώς ο προσανατολισμός του τμήματος DNA που κόπηκε από το βακτήριο *Bacillus thuringiensis* είναι:



**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2016**  
Β' ΦΑΣΗ

**E\_3.Bλ3Θ(α)**

Η περιοριστική ενδονουκλεάση Hind συνεπώς αναγνωρίζει την αλληλουχία 6 ζευγών βάσεων:

**5' – AAGCTT – 3'**

**3' – TTCGAA – 5'** και κόβει μεταξύ των A με προσανατολισμό 5' - 3'

5' – A – 3'

5' – AGCTT – 3'

3' – TTCGA – 5'

3' – A – 5'

**Δ2.** Για την δημιουργία διαγονιδιακών φυτών, τα βήματα είναι:

1. Καλλιέργεια, στο εργαστήριο, κυττάρων του φυτού που θέλουμε να τροποποιήσουμε.
2. Απομόνωση του γονιδίου με την επιθυμητή ιδιότητα.
3. Απομόνωση του πλασμιδίου  $\Delta$ Ti από το βακτήριο *Agrobacterium tumefaciens* και κόψιμο με περιοριστική ενδονουκλεάση, στο γονίδιο που δημιουργεί όγκους στα φυτά.
4. Δημιουργία ανασυνδιασμένων πλασμιδίων Ti, με την βοήθεια της DNA δεσμάσης.
5. Εισαγωγή των ανασυνδιασμένων πλασμιδίων Ti στα κύτταρα της κυτταροκαλλιέργειας και ανάπτυξη διαγονιδιακού φυτού.

Οι ποικιλίες των γενετικά τροποποιημένων φυτών με το γονίδιο της τοξίνης Bt, ονομάζονται ποικιλίες φυτών Bt.

**Δ3.** Ο υποκινητής είναι μια αλληλουχία βάσεων πριν την αρχή κάθε γονιδίου στην οποία προ σδένεται η RNA πολυμεράση. Η RNA πολυμεράση ξεκινάει την μεταγραφή, με κατεύθυνση από τον υποκινητή προς το τέλος του γονιδίου (αλληλουχίες λήξης της μεταγραφής).

Χρησιμοποιώντας τη μία αλυσίδα του γονιδίου (μεταγραφόμενη), συνθέτει το mRNA με προσανατολισμό 5'— 3', σύμφωνα με τον κανόνα της συμπληρωματικότητας. Έτσι το mRNA είναι αντιπαράλληλο και συμπληρωματικό με την μεταγραφόμενη αλυσίδα και συνεπώς η αλληλουχία του υποκινητή βρίσκεται στο 3' άκρο της μεταγραφόμενης αλυσίδας και διαβάζεται από την RNA πολυμεράση από το 3' προς το 5' άκρο της. Η άλλη αλυσίδα του γονιδίου αφού είναι, συμπλ/κή και αντιπαράλληλη με την μεταγραφόμενη, έχει ίδια αλληλουχία βάσεων και ίδια φορά προσανατολισμού 5'— 3' με το mRNA. Συνεπώς φέρει την πληροφορία για την σύνθεση της πρωτεΐνης (κωδική αλυσίδα) και ο υποκινητής βρίσκεται στο 5' άκρο της. Συνεπώς, η κωδική αλυσίδα του ογκογονιδίου του πλασμιδίου Ti είναι η εξωτερική, του εικονιζόμενου πλασμιδίου αφού ο υποκινητής βρίσκεται στο 5' άκρο της.



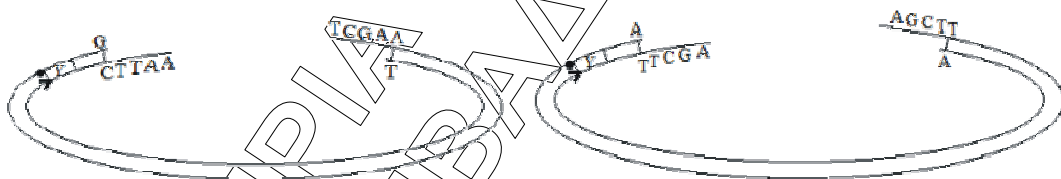
**ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ 2016**  
**Β' ΦΑΣΗ**

**E\_3.Bλ3Θ(α)**

Σε κάθε mRNA (χωρίς εσώνια, όπως των βακτηρίων), η κωδικοποιούσα περιοχή αρχίζει αμέσως μετά την 5' αμετάφραστη περιοχή με το κωδικόνιο έναρξης 5' – AUG – 3' και τελειώνει με ένα από τα κωδικόνια λήξης (UAA, UGA, UGA) στο 3' άκρο πριν την 3' αμετάφραστη περιοχή, αφού ο γενετικός κώδικας είναι κώδικας τριπλέτας, συνεχής και μη επικαλυπτόμενος. Τα ίδια ισχύ και για την κωδική αλυσίδα του γονιδίου (με κωδικόνιο έναρξης 5'-ATG-3').

Στο γονίδιο της τοξίνης Bt, στην κάτω αλυσίδα, όπως φαίνεται στο σχήμα, από το 5' άκρο της προς το 3', σχηματίζεται τριπλέτα 5'-ATG-3' (κωδικόνιο έναρξης) και προχωρώντας ανά τριάδες, τριπλέτα 5'-TAG-3' (κωδικόνιο λήξης). Συνεπώς αυτή είναι η κωδική αλυσίδα.

Για να εκφράζεται σωστά το γονίδιο της τοξίνης Bt, μετά την ενσωμάτωση του στο πλασμίδιο Ti, μέσα στα φυτικά κύτταρα θα πρέπει κατά την ενσωμάτωσή του η κωδική του αλυσίδα να συμπέσει με την κωδική του γονιδίου (ογκογονιδίου) του πλασμιδίου. Αυτό μπορεί να συμβεί μόνο αν χρησιμοποιηθεί το πλασμίδιο Ti (B) αφού η υβριδοποίηση των μονόκλωνων άκρων, που δημιουργούν οι δύο Η.Ε, τοποθετεί την κωδική αλυσίδα του γονιδίου της τοξίνης Bt, στη θέση της κωδικής αλυσίδας του ογκογονιδίου του πλασμιδίου.



- Δ4.** Σε κάθε φυτικό κύτταρο εισάγεται ένα μόνο ανασυνδιασμένο πλασμίδιο Ti, που ενσωματώνεται σε ένα χρωμόσωμα αλλά όχι και στο ομόλογό του. Έτσι ο γονότυπος ενός τέτοιου κυττάρου θα είναι, όσον αφορά το γονίδιο της τοξίνης Bt, (A0). Το κύτταρο αναπτύσσεται σε φυτό, με διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις, οπότε όλα τα κύτταρα του φυτού (συνεπώς και τα διπλοειδή γενετικά που με μείωση παράγουν γαμέτες) θα είναι γονοτυπικά (A0). Η αυτογονομοιοποίηση ενός τέτοιου φυτού δίνει:

**P:** A0 x A0

**Γαμέτες:** A, 0 A, 0

**F<sub>1</sub>:** AA, A0, A0, 00

**Φ.Α:** 3/4 ανθεκτικά: 1/4 χωρίς ανθεκτικότητα