ePublishing

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 2, Αρ. 1 (2022)

Τόμ. 2 Αρ. 1 (2022)

Η Αμφιγονική Αναπαραγωγή των Φυτών στο Σχολικό Εργαστήριο: Ανατομία Άνθους και in vitro ανάπτυξη Γυρεοσωλήνων

Άννα Παπαδοπούλου, Κωνσταντίνος Βενέτης

doi: 10.12681/riste.31210

Βιβλιογραφική αναφορά:

Παπαδοπούλου Ά., & Βενέτης Κ. (2022). Η Αμφιγονική Αναπαραγωγή των Φυτών στο Σχολικό Εργαστήριο: Ανατομία Άνθους και in vitro ανάπτυξη Γυρεοσωλήνων. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, *2*(1), 70–86. https://doi.org/10.12681/riste.31210

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία
(2022), Τόμος 2, Αρ. 1, σελ. 70-86

ΑΡΘΡΟ ΚΑΛΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ

Η Αμφιγονική Αναπαραγωγή των Φυτών στο Σχολικό Εργαστήριο: Ανατομία Άνθους και in vitro ανάπτυξη Γυρεοσωλήνων

Άννα Παπαδοπούλου[1], Κωνσταντίνος Βενέτης[2],
[1]2ο Γυμνάσιο Κορίνθου, Συνεργάτης Υπευθ. Ε.Κ.Φ.Ε. Κορινθίας,
[2]Υπεύθ. Ε.Κ.Φ.Ε. Κορινθίας
mail@ekfe.kor.sch.gr

Περίληψη

Η αναπαραγωγή στους φυτικούς οργανισμούς συνοδεύεται συχνά από σημαντικό αριθμό διαισθητικών ιδεών των μαθητών που ανιχνεύονται στο πεδίο της έρευνας διεθνώς. Πολλές διδακτικές προτάσεις που προτείνονται για την τροποποίηση αυτών των ιδεών περιορίζονται στη μακροσκοπική παρατήρηση ανθέων ή και τη χρήση κατάλληλου εποπτικού υλικού, προκειμένου οι μαθητές να αναγνωρίσουν την ικανότητα των φυτών για εγγενή πολλαπλασιασμό και να συσχετίσουν τον κύκλο γονιμοποίησης με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά τους. Με δεδομένο ότι στο Ελληνικό σχολείο εντοπίζεται πολύ μικρός αριθμός προτάσεων εργαστηριακής διδασκαλίας στο πεδίο αυτό, στο παρόν άρθρο αναπτύσσονται δύο εργαστηριακές δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τόσο τη μικροσκόπηση του άνθους του φυτού Λίλιουμ σε στερεοσκόπιο όσο και την in vitro εκβλάστηση γυρεόκοκκων των φυτών Ρόκα, Βιβούρνο και Σπάρτο.

Λέξεις Κλειδιά: ανατομία άνθους, γυρεοσωλήνες, γυρεόκοκκοι, στερεοσκόπιο

Abstract

Students develop a significant number of intuitive ideas regarding plant reproduction that are internationally detected by researchers. Many instructional methods that are proposed in order to modify these ideas are limited to the macroscopic observation of flowers, or the use of visual aids, in order for students to recognize that plants have the ability for sexual reproduction and relate their morphology to the fertilization cycle. Given the fact that in Greek schools there is a lack of practical activities in the field of plant reproduction, this article proposes two laboratory activities, which include observation with the stereoscopic microscopy of the Lilium flower and the in vitro pollen germination and pollen tubes growth of the plants Roca, Viburnum and Sparto.

Key words: flower anatomy, pollen tubes, pollen grains, stereoscope

Εισαγωγή

Η διδασκαλία της βιολογίας των φυτών στο σχολείο μπορεί να αποδειχθεί πρόκληση, καθώς πλήθος εμπειρικών ερευνών διεθνώς καταδεικνύει πως οι μαθητές τείνουν να παραγνωρίζουν τη σημασία των φυτικών οργανισμών στη βιόσφαιρα (Fančovičová & Prokop, 2010· Schussler & Olzak, 2008· Strgar, 2007). Συγκεκριμένα, οι μαθητές εμφανίζονται να συμμετέχουν στη μαθησιακή διαδικασία με μια εγγενή ανισότητα στις γνώσεις τους για το ζωικό και φυτικό βασίλειο (Schussler & Olzak, 2008). Το φαινόμενο αυτό, που συχνά αποδίδεται με τον όρο «τυφλότητα» απέναντι στα φυτά (plant blindness) (Μανέτας, 2011), σχετίζεται με μια σειρά αντιλήψεων και στάσεων των μαθητών, μεταξύ των οποίων η τάση να αντιμετωπίζουν τα φυτά ως απλό υπόβαθρο του ζωικού βασιλείου και η αδυναμία να ερμηνεύουν επιστημονικά βασικές λειτουργίες, όπως η πρόσληψη τροφής, η ανάπτυξη και η αναπαραγωγή τους (Wandersee & Schussler, 1999, 2001). Ο όρος χρησιμοποιείται επίσης για να περιγράψει τον περιορισμένο αριθμό βιωματικών εμπειριών που φαίνεται να έχουν οι μαθητές στην παρατήρηση, καλλιέργεια και αναγνώριση των φυτικών οργανισμών στο πεδίο (Wandersee & Schussler, 1999, 2001). Στην ενίσχυση του φαινομένου σημαντικό ρόλο φαίνεται να κατέχει και η ίδια η σχολική εκπαίδευση, αποτυγχάνοντας να αναδείξει τη σημασία των φυτών στη βιόσφαιρα, μέσα από τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (Amprazis & Papadopoulou, 2018). Έτσι, οι φυτικοί οργανισμοί παρατηρείται ότι υποεκπροσωπούνται και στα σχολικά εγχειρίδια (Link-Pérez et al., 2009· Schussler et al., 2010· Uno, 1994), σπάνια αξιοποιούνται ως εργαστηριακά αντικείμενα από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς (Uno, 2009), ενώ η γενικότερη σχολική εκπαίδευση σε θέματα βιολογίας συχνά επικρίνεται για τη «ζωοκεντρική» της εστίαση (Hershey, 1993, 1996).

Συγχρόνως, ένας σημαντικός αριθμός ερευνητών εστιάζει σε μία από τις πτυχές του φαινομένου, που σχετίζεται με το πλήθος των παρανοήσεων που αναπτύσσουν οι μαθητές για τους φυτικούς οργανισμούς. Οι παρανοήσεις αυτές φαίνεται να διατρέχουν διάφορα αντικείμενα της επιστήμης των φυτών, όπως η κυτταρική δομή, η φυσιολογία, το αναπαραγωγικό σύστημα και η γενετική (Wynn et al., 2017) και εκτείνονται ακόμη και στην αδυναμία των μαθητών να χαρακτηρίσουν τα φυτά ως ζωντανούς οργανισμούς (Amprazis et al., 2021). Ειδικότερα, η αναπαραγωγική λειτουργία αποτυπώνεται ως ένα εν γένει δυσνόητο αντικείμενο διδασκαλίας, ιδιαιτέρως όταν απαιτείται να συνδυαστεί με τα αναπτυξιακά στάδια του φυτού (Etobro & Fabinou, 2017· Lampert et al., 2019, 2020· Maskour et al., 2019). Αρκετοί μαθητές διαπιστώνεται, μεταξύ άλλων, να είναι αβέβαιοι για τον ρόλο του άνθους στην αναπαραγωγική διαδικασία (Helldén, 2000), να συγχέουν τις λειτουργίες της επικονίασης και της διασποράς των σπόρων ενός φυτού (Helldén, 2000· Lampert et al., 2019· Nyberg et al., 2005· Wynn et al., 2017), ενώ μετά βίας μπορούν να περιγράψουν τι συμβαίνει στη γύρη μετά τη μεταφορά της από τους ανθήρες στον ύπερο του άνθους (Lampert et al., 2020).

Εντούτοις, τα αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών επισημαίνουν πως κατάλληλα σχεδιασμένες και στοχευμένες εκπαιδευτικές δράσεις μπορούν σε κάποιο βαθμό να περιορίσουν

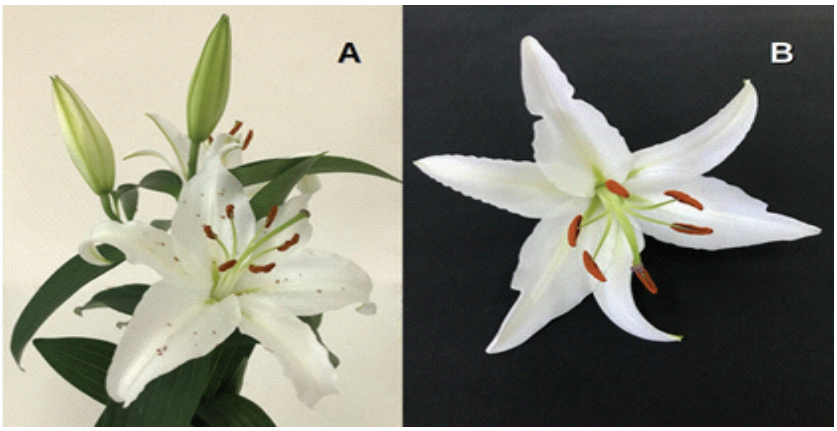
το φαινόμενο και να ενισχύσουν το ενδιαφέρον τον μαθητών για τους φυτικούς οργανισμούς (Amprazis & Papadopoulou, 2018). Ειδικότερα, θετικά αξιολογείται η αξιοποίηση της μικροσκοπίας στο σχολικό εργαστήριο για την τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Haşiloğlu & Eminoğlu, 2017· Koehler et al., 2020). Όντας μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος, η μικροσκοπία αφενός επιτρέπει άμεση πρόσβαση σε βιωματικές εμπειρίες με φυτικούς οργανισμούς και αφετέρου μπορεί να ενισχύσει οπτικά τις δομές τους, σε σχέση με την απλή απομνημόνευση των μερών και των λειτουργιών τους (Koehler et al., 2020). Ιδίως η μικροσκοπία σε στερεοσκόπιο αποδεικνύεται σημαντικά ωφέλιμη, όταν πρόκειται για τη μελέτη λεπτών βιολογικών δομών σε πραγματικό χρόνο (Ruščić et al., 2018).

Δεδομένου ότι η ελκυστικότητα ενός αντικειμένου διδασκαλίας μπορεί να αυξηθεί με την εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών τεχνικών (Jose et al., 2019· Strgar, 2007) και λαμβάνοντας υπόψη ότι οι εργαστηριακές δραστηριότητες με φυτά είναι συνήθως απλούστερες συγκριτικά με αυτές που περιλαμβάνουν ζώα ή μικροοργανισμούς (Koehler et al., 2020· Lally et al., 2007), στο παρόν άρθρο αναπτύσσονται δύο δραστηριότητες μικροσκοπίας, σχετικές με την αμφιγονική αναπαραγωγή των φυτών. Η πρώτη περιλαμβάνει τη μελέτη της μορφολογίας του άνθους του φυτού Λίλιουμ σε στερεοσκόπιο, ενώ στη δεύτερη γίνεται χρήση δύο τεχνικών *in vitro* ανάπτυξης γυρεοσωλήνων, σε γυρεόκοκκους των φυτών Ρόκα, Βιβούρνο και Σπάρτο. Οι περιγραφόμενες δραστηριότητες είναι συμβατές με τη σκοποθεσία (γενικούς και ειδικότερους σκοπούς) του γνωστικού αντικειμένου της Βιολογίας, όπως αυτή αποτυπώνεται στο νέο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, στη βαθμίδα του Γυμνασίου (Υ.Α. 141359/Δ2/2021). Ειδικότερα, μπορούν αμφότερες να αξιοποιηθούν για τη διδασκαλία της ενότητας Β6 «Η αναπαραγωγή στα φυτά» της Βιολογίας Β' Γυμνασίου. Επιπρόσθετα, μπορούν να αξιοποιηθούν και στη βαθμίδα του Λυκείου, είτε για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων στο φάσμα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, είτε στο πλαίσιο εκπαιδευτικών ομίλων πειραμάτων. Τέλος, προτείνεται η μετωπική εκτέλεση των δραστηριοτήτων αυτών στο σχολικό εργαστήριο, προκειμένου οι μαθητές να αναπτύξουν συγχρόνως και προχωρημένες δεξιότητες στη χρήση του μικροσκοπίου.

Μορφολογία του τέλειου άνθους του φυτού Λίλιουμ σε στερεοσκόπιο

Το *Lilium Oriental*, γνωστό και ως «Ασιατικός κρίνος» (Εικόνα 1), είναι ένα αγγειόσπερμο φυτό της οικογένειας των Λειριοειδών (Lilicae) που βρίσκεται σε ανθοφορία τόσο κατά την εποχή της άνοιξης όσο και το καλοκαίρι. Εξαιτίας της μορφολογίας τους τα μεγάλα τέλεια άνθη του φυτού προσφέρονται τόσο για μακροσκοπική παρατήρηση των δομικών μερών τους, όσο και για μικροσκόπηση των τελευταίων σε στερεοσκόπιο. Η διαδικασία που ακολουθείται περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια.

***Εικόνα 1 Α, Β**: Το άνθος του φυτού Lilium Oriental.*



Υλικά και Μέθοδοι

***Υλικά*:**

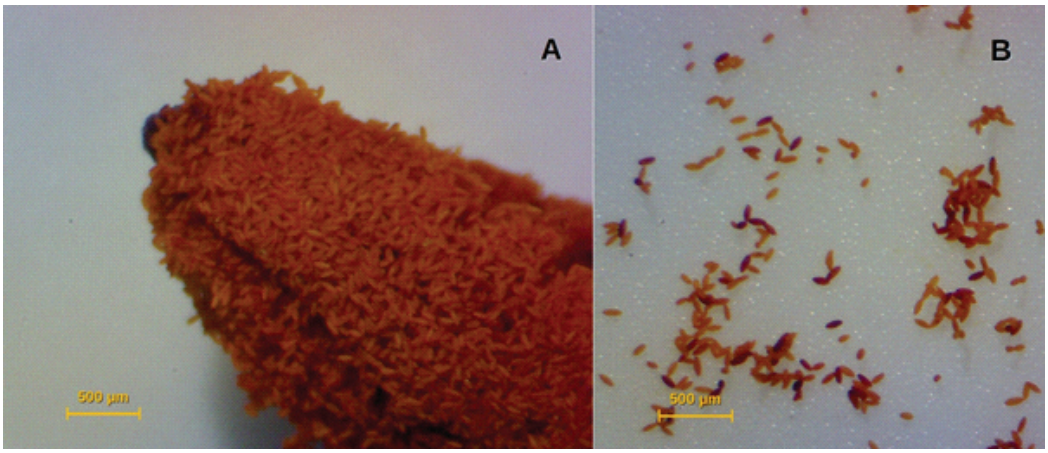
- Άνθη του φυτού *Lilium Oriental*
- Νυστέρι μικροσκοπίου
- Βελόνα μικροσκοπίου
- Στερεοσκόπιο Motic SMZ-140
- NXM-EP200 ψηφιακή κάμερα, προσαρμοσμένη στο στερεοσκόπιο.

Μέθοδος: Η περιγραφόμενη δραστηριότητα αφορά αρχικά στην επισκόπηση των ανατομικών χαρακτηριστικών του άνθους, το οποίο και αποδομείται με το χέρι προκειμένου να διαχωριστούν τα πέταλα από τους στήμονες και τον ύπερο. Μακροσκοπικά διακρίνονται πλήθος στημόνων (συνολικά έξι), αποτελούμενοι από ισάριθμα νήματα και ανθήρες, το στίγμα, ο στύλος του ύπερου και η ωοθήκη (Εικόνα 2).

Εικόνα 2: Τα μέρη του άνθους του φυτού *Lilium Oriental.*

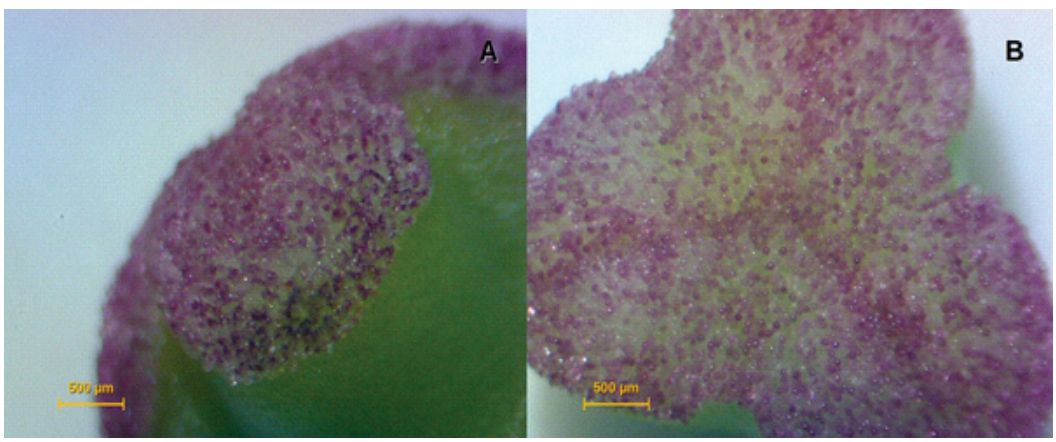
Στη συνέχεια ο στήμονας τοποθετείται σε στερεοσκόπιο για μικροσκόπηση. Σε κατάλληλη μεγέθυνση (x10) διακρίνεται η μεγάλη συλλογή γυρεόκοκκων στο γόνιμο μέρος του στή μονα, τον ανθήρα (Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Γυρεόκοκκοι του φυτού *Lilium Oriental* σε στερεοσκόπιο, όπως φαίνονται **Α.** στην άκρη του ανθήρα, **Β.** μεμονωμένοι, αφού αποσπαστούν από τον ανθήρα (Μεγέθυνση x10).



Ακολουθεί εγκάρσια τομή και διαχωρισμός του στίγματος του ύπερου από τον στύλο, με χρήση νυστεριού μικροσκοπίου. Στο στερεοσκόπιο αποκαλύπτεται με αυτόν τον τρόπο η μορφολογία της αδρής επιφάνειας του στίγματος, που βοηθάει τη σύλληψη των γυρεόκοκκων κατά την επικονίαση (Εικόνα 4).

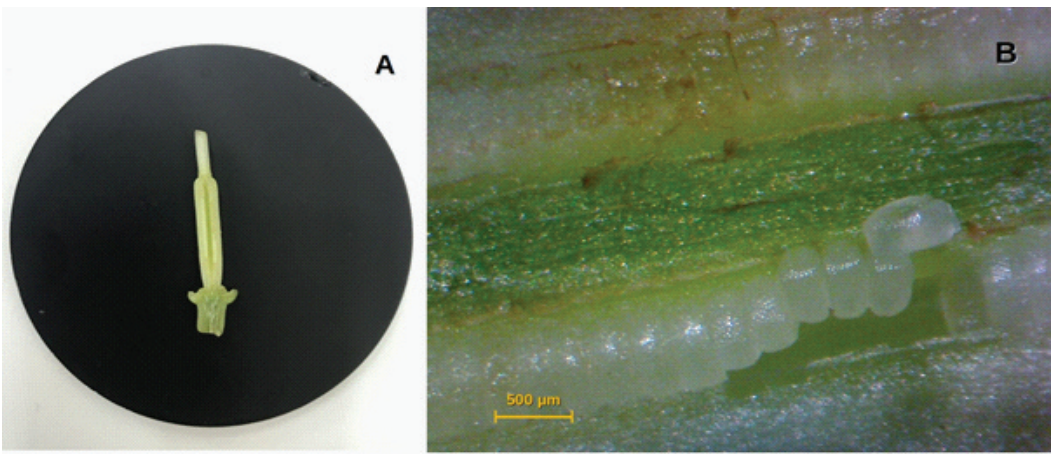
Εικόνα 4: Το στίγμα του ύπερου του φυτού *Lilium Oriental* σε στερεοσκόπιο **Α.** σε πλάγια όψη, **Β.** σε κάτοψη (Μεγέθυνση x10). Διακρίνεται η αδρή επιφάνεια σύλληψης των γυρεόκοκκων.



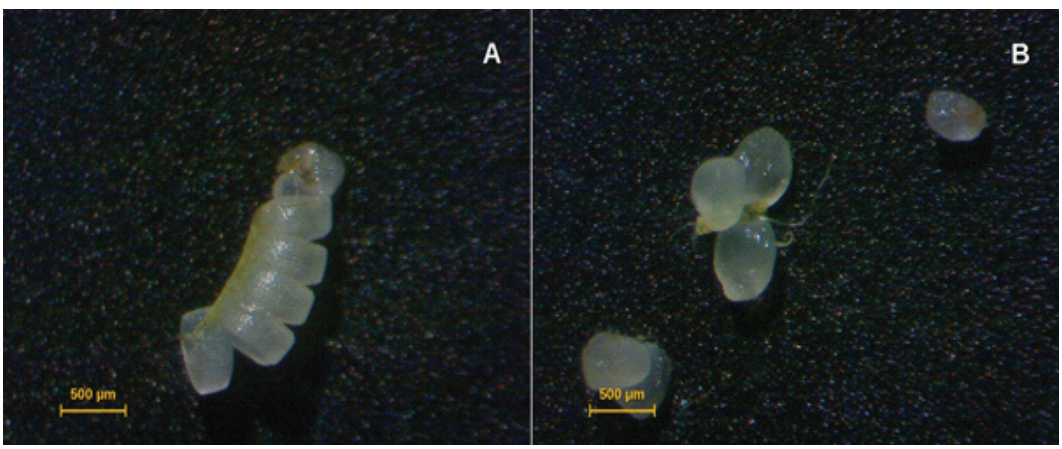
Τέλος, με χρήση νυστεριού μικροσκοπίου, προκαλείται διαμήκης τομή στην ωοθήκη, προκειμένου να αποκαλυφθούν οι σπερματικές βλάστες. Οι σπερματικές βλάστες, που καθίστανται ορατές με μικροσκόπηση κατά μήκος της τομής της ωοθήκης, μπορούν να απομονωθούν με τη βοήθεια βελόνας μικροσκοπίου για περαιτέρω διερεύνηση (Εικόνες 5, 6).

Σημειώνεται ότι η NXM-EP200 ψηφιακή κάμερα μπορεί να τοποθετηθεί στο στερεοσκόπιο Motic SMZ-140 στη θέση του προσοφθάλμιου φακού. Το γεγονός αυτό καθιστά αδύνατη τη διόφθαλμη παρατήρηση, που είναι και το βασικό πλεονέκτημα χρήσης του στερεοσκοπίου, αλλά δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης του στερεοσκοπίου με Η/Υ για τη λήψη φωτογραφιών.

Εικόνα 5: Σπερματικές βλάστες της ωοθήκης του φυτού *Lilium Oriental*
Α. μακροσκοπικά, **Β.** σε στερεοσκόπιο (Μεγέθυνση x10).



Εικόνα 6 Α, Β: Αποσπασμένες σπερματικές βλάστες της ωοθήκης
του φυτού *Lilium Oriental* σε στερεοσκόπιο (Μεγέθυνση x10).



In vitro ανάπτυξη γυρεοσωλήνων σε γυρεόκοκκους των φυτών Ρόκα, Βιβούρνο και Σπάρτο στο σχολικό εργαστήριο

Θεωρητικό υπόβαθρο

Η διαδικασία της αμφιγονικής αναπαραγωγής στα ανθόφυτα ξεκινά με την εναπόθεση γυρεόκοκκων, που περιέχουν τους αρσενικούς γαμέτες, στο στίγμα του ύπερου. Αν η αλληλεπίδραση αυτή είναι συμβατή, τότε ο γυρεόκοκκος ενυδατώνεται και αναπτύσσει γυρεοσωλήνα (με συχνά εντυπωσιακό βαθμό επιμήκυνσης), προκειμένου να εξυπηρετηθεί η κίνηση του σπέρματος προς το ωάριο που βρίσκεται στην ωοθήκη (Krichevsky et al., 2007). Καθώς η *in vivo* έρευνα των βιοχημικών παραγόντων που επιδρούν στην εκβλάστηση των γυρεόκοκκων και την ανάπτυξη γυρεοσωλήνων αποδεικνύεται δύσκολο έργο, ένας μεγάλος όγκος πληροφοριών για την επιστήμη που βρίσκεται στη βάση αυτών των διεργασιών προέρχεται από την *in vitro* μελέτη τους (Verma et al., 2017). Ως εκ τούτου, η *in vitro* εκβλάστηση γυρεόκοκκων έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς ως μέθοδος από μεγάλο αριθμό ερευνητών και για πλήθος ανθόφυτων (Verma et al., 2017). Η διαδικασία περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές εκβλάστησης και χρήση ποικίλων διαλυμάτων-μέσων, τα οποία «μιμούμενα» χημικά το περιβάλλον του στίγματος διασφαλίζουν την επιθυμητή ανάπτυξη γυρεοσωλήνων. Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας αποκαλύπτει πως τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα συστατικά για την παρασκευή αυτών των μέσων είναι η σακχαρόζη, το βορικό οξύ, τα ιόντα Ca^{2+}, Mg^{2+} και K^{+}, ενώ αρκετοί ερευνητές τονίζουν και τον ρόλο του pH στην αποτελεσματικότητα του διαλύματος (Tushabe & Rosbakh, 2021). Δεδομένου ότι η μέθοδος δε χαρακτηρίζεται από υψηλό δείκτη περιπλοκότητας, μπορεί να αξιοποιηθεί και στο σχολικό εργαστήριο για τον σχεδιασμό βιωματικών δραστηριοτήτων στο πεδίο της αμφιγονικής αναπαραγωγής των φυτών.

Το πρωτόκολλο ανάπτυξης γυρεοσωλήνων του Science and Plants for Schools (SAPS)

Το Science and Plants for Schools (SAPS) είναι ένα εγχείρημα που ξεκίνησε το 1990 στην Αγγλία, με σκοπό την υποστήριξη της διδασκαλίας της επιστήμης των φυτών, σε μαθητές διαφόρων βαθμίδων εκπαίδευσης (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και μεταλυκειακή εκπαίδευση). Βασική επιδίωξη του είναι η ενεργοποίηση εκπαιδευτικών και επιστημόνων στην κατεύθυνση ενίσχυσης της θέσης της επιστήμης των φυτών στην εκπαίδευση. Πέρα από τη σύναψη συνεργασιών με υπευθύνους ανάπτυξης προγραμμάτων σπουδών, το SAPS είναι υπεύθυνο και για την παραγωγή πλήθους εκπαιδευτικών πόρων προς διάχυση στην εκπαιδευτική κοινότητα.

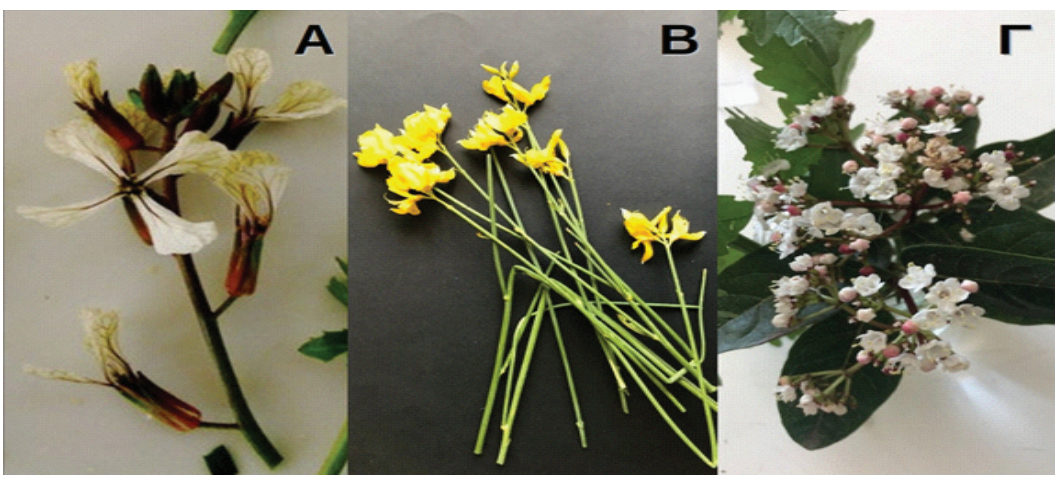
Στο πλαίσιο αυτό, για την υλοποίηση της παρούσας δραστηριότητας αξιοποιήθηκαν υποστηρικτικά εκπαιδευτικοί πόροι (πρωτόκολλο και τεχνική ανάπτυξης γυρεοσωλήνων) που είναι δημοσιευμένοι στην ιστοσελίδα του SAPS (“Student Sheet 4 – Pollen Tube Growth”, n.d.). Το πρωτόκολλο εφαρμόστηκε για πρώτη φορά σε σχολικό εργαστήριο, σε γυρεόκοκκους διαφόρων φυτών της τοπικής χλωρίδας. Τα φυτά που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία (Ρόκα, Βιβούρνο και Σπάρτο) επιλέχθηκαν με κριτήριο τον πληθυσμό τους στην περιοχή, την περίοδο

ανθοφορίας τους και την ευκολία συλλογής δείγματος από τους ανθήρες. Αξιολογήθηκαν η αξιοπιστία της μεθόδου, καθώς και η ευκολία υλοποίησης της στο σχολικό εργαστήριο, στο πλαίσιο διδασκαλίας του μαθήματος της Βιολογίας.

Συλλογή δείγματος, μέσο εκβλάστησης και τεχνικές ανάπτυξης γυρεοσωλήνων

Το δείγμα. Στην προτεινόμενη δραστηριότητα το δείγμα αποτέλεσαν τρία διαφορετικά είδη γυρεόκοκκων των κοινών στην Ελλάδα αγγειόσπερμων φυτών Βιβούρνο, άγρια Ρόκα και Σπάρτο, κατά την περίοδο πλήρους ανθοφορίας τους. Η άγρια ρόκα (*Eruca vesicaria*) είναι αυτοφυές φυτό της οικογένειας των Σταυρανθών (Brassicaceae), που εντοπίζεται στη Μεσόγειο και ανθίζει από τον Μάρτιο έως και τον Ιούνιο (Εικόνα 7Α). Αντίστοιχα το Σπάρτο ή Σπάρτος (*Spartium junceum*) (Εικόνα 7Β) είναι αυτοφυές θαμνώδες φυτό της οικογένειας των Κυαμοειδών (Fabacae) με Μεσογειακή επίσης καταγωγή, που εντοπίζεται διάσπαρτα σε πεδινές και ημιορεινές περιοχές, κυρίως κατά μήκος του οδικού δικτύου. Πρόκειται για ένα από τα πιο κοινά θαμνώδη φυτά στην Ελλάδα που βρίσκεται σε ανθοφορία από τον Απρίλιο έως και τα μέσα περίπου Ιουνίου. Τέλος, το φυτό Βιβούρνο (*Viburnum tinus*) (Εικόνα 7Γ) της οικογένειας Adoxaceae είναι ένας καλλωπιστικός θάμνος, που εντοπίζεται κυρίως σε φράχτες σπιτιών και ανθοφορεί περίπου από τα τέλη του χειμώνα και μέχρι τα τέλη του Απριλίου, παράγοντας μικρά λευκά άνθη. Καθώς πρόκειται για τρία από τα πιο κοινά φυτά της τοπικής χλωρίδας με παρατεταμένη περίοδο ανθοφορίας, η συλλογή του δείγματος των παραπάνω λουλουδιών μπορεί να πραγματοποιηθεί με ευκολία. Ειδικότερα, για τα φυτά Βιβούρνο και άγρια Ρόκα συνιστάται συλλογή γυρεόκοκκων μέσα με τέλη Μαρτίου, εφόσον τότε τα φυτά βρίσκονται σε πλήρη ανθοφορία, ενώ για το Σπάρτο η ενδεδειγμένη περίοδος λήψης δείγματος τοποθετείται στα τέλη Απριλίου με αρχές Μαΐου.

Εικόνα 7: Άνθη των φυτών **Α.** άγρια Ρόκα, **Β.** Σπάρτο και **Γ.** Βιβούρνο.



Το μέσο εκβλάστησης των γυρεόκοκκων. Κάθε *in vitro* τεχνική εκβλάστησης γυρεόκοκκων συνεπάγεται την ανάπτυξη γυρεοσωλήνων μέσα σε κατάλληλο διάλυμα-μέσο, η επιλογή του οποίου παίζει καθοριστικό ρόλο στην αξιοπιστία της μεθόδου. Για την παρασκευή του μέσου εκβλάστησης στην περιγραφόμενη δραστηριότητα προκρίθηκε η αξιοποίηση των δύο διαλυμάτων (ένα διάλυμα αλάτων και ένα διάλυμα ζάχαρης) που απαντώνται στο πρωτόκολλο του SAPS. Η παρασκευή των επιμέρους διαλυμάτων περιγράφεται αναλυτικά στη συνέχεια:

α) Διάλυμα 1 (Διάλυμα αλάτων). Για την παρασκευή 1L διαλύματος αλάτων διαλύουμε τις παρακάτω χημικές ουσίες σε απιονισμένο νερό:

- 0,417g $Ca(NO_3)_2$
- 0,200g H_3BO_3
- 0,101g KNO_3
- 0,217g $MgSO_4.7H_2O$
- 3,5 ml διαλύματος 1.0M NH_4OH

Σημειώνεται ότι οι διαλυμένες ουσίες που αξιοποιήθηκαν για την παρασκευή του παραπάνω διαλύματος είναι διαθέσιμες σε ένα τυπικό σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών, όμως, καθώς οι συγκεντρώσεις τους στο διάλυμα είναι πολύ μικρές, προτείνεται η παρασκευή διαλύματος μεγαλύτερης συγκέντρωσης και η αραίωση του πριν τη χρήση.

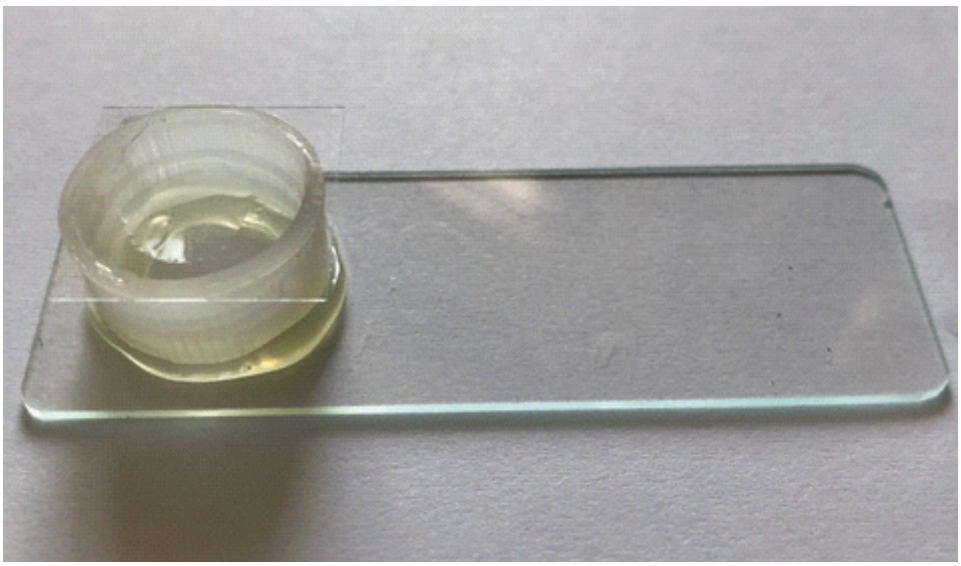
β) Διάλυμα 2 (Διάλυμα σουκρόζης 1,2M). Για την παρασκευή του διαλύματος σουκρόζης διαλύονται 41g ζάχαρης σε νερό, με τελικό όγκο διαλύματος 100ml.

γ) Μέσο εκβλάστησης γυρεόκοκκων. Το μέσο εκβλάστησης των γυρεόκοκκων είναι ένα διάλυμα που αποτελείται από ίσους όγκους των διαλυμάτων 1 και 2 και πρέπει να έχει pH κοντά στο 8,8, συνθήκη που μπορεί να διασφαλιστεί με προσαρμογή της ποσότητας του υδροξειδίου του αμμωνίου.

Οι τεχνικές ανάπτυξης των γυρεοσωλήνων. Για την εκβλάστηση των κόκκων γύρης του δείγματος εφαρμόστηκαν δύο επιμέρους τεχνικές. Η πρώτη τεχνική (στην οποία αξιοποιήθηκε υποστηρικτικά το πρωτόκολλο του SAPS με μικρές προσαρμογές) επιτρέπει την παρατήρηση της ανάπτυξης γυρεοσωλήνων αρκετά λεπτά έως και ώρες από την εναπόθεση γυρεόκοκκων στο μέσο. Το ποσοστό εκβλάστησης με αυτή την τεχνική εξαρτάται σημαντικά από το δείγμα και το μέσο ανάπτυξης, ενώ αρκετοί γυρεοσωλήνες παρουσιάζουν μικρή ανάπτυξη ή και διάρρηξη των τοιχωμάτων τους λόγω ωσμωτικών φαινομένων. Ποιοτικότερη ανάπτυξη γυρεοσωλήνων και μεγαλύτερος βαθμός επιμήκυνσης διασφαλίζονται με την εφαρμογή της δεύτερης τεχνικής, η οποία όμως δε δίνει τη δυνατότητα άμεσης παρατήρησης, αλλά προϋποθέτει προετοιμασία του δείγματος και παρατήρηση την επόμενη ημέρα. Οι δύο τεχνικές περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

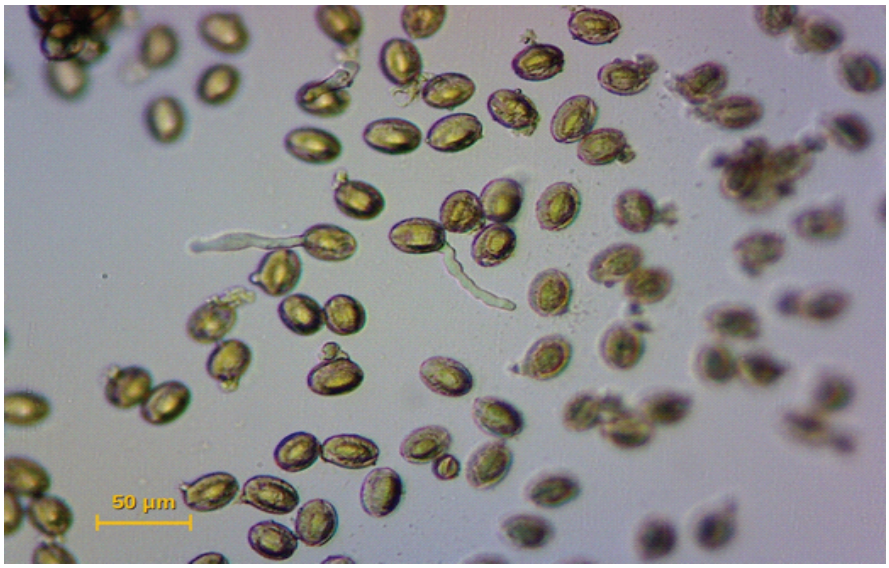
Α' Τεχνική. Αρχικά, παρασκευάζεται το μέσο εκβλάστησης σε μικρό ογκομετρικό δοχείο. Στη συνέχεια, με κόλλα σιλικόνης επικολλάται πλαστικό καπάκι σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Από το καπάκι έχει αφαιρεθεί εκ των προτέρων η βάση του, ώστε να σχηματιστεί ένας κυλινδρικός δακτύλιος ύψους λίγων εκατοστών. Στη βάση της κοιλότητας που δημιουργείται κατ' αυτόν τον τρόπο τοποθετούνται μερικές σταγόνες από το μέσο, ώστε να διατηρηθεί η απαιτούμενη για την εκβλάστηση υγρασία. Παράλληλα, με τη βοήθεια σταγονόμετρου, ρίχνεται σε καλυπτρίδα μια σταγόνα του μέσου εκβλάστησης. Η εναπόθεση των γυρεόκοκκων στην καλυπτρίδα επιτυγχάνεται είτε ακουμπώντας απευθείας τον ανθήρα στη σταγόνα, είτε διαταράσσοντάς τον ελαφρά με βελόνα μικροσκοπίου. Αφού εναποτεθεί επαρκής ποσότητα γυρεόκοκκων στη σταγόνα, η καλυπτρίδα τοποθετείται αντεστραμμένη πάνω στον κύλινδρο σχηματίζοντας έναν κλειστό υγρό θάλαμο (Εικόνα 8).

Εικόνα 8: Α' Τεχνική εκβλάστησης γυρεοσωλήνων.



Μεταφέροντας την αντικειμενοφόρο πλάκα σε οπτικό μικροσκόπιο μπορεί να παρατηρηθεί η ανάπτυξη των γυρεοσωλήνων με την πάροδο του χρόνου. Συνήθως οι γυρεοσωλήνες καθίστανται ορατοί αρκετά λεπτά έως και ώρες μετά την εναπόθεση της γύρης στο μέσο (Εικόνες 9, 10).

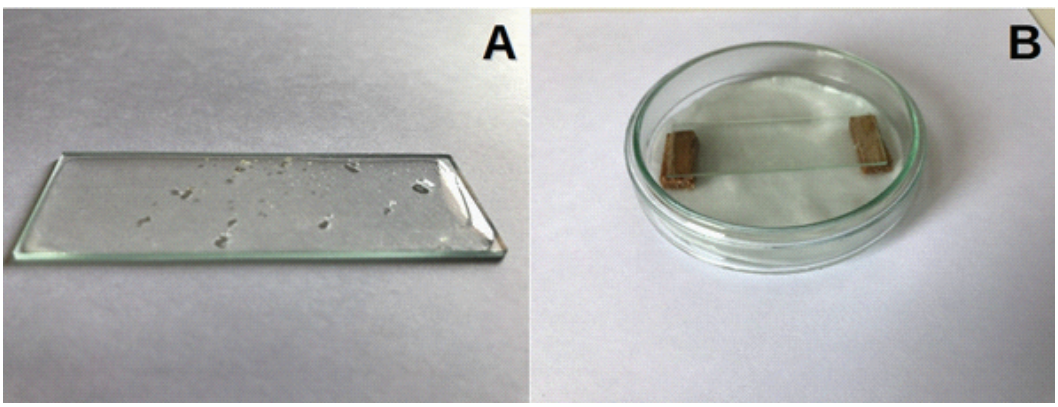
Εικόνα 9: Ανεπτυγμένοι γυρεοσωλήνες των γυρεόκοκκων άγριας Ρόκας, σε οπτικό μικροσκόπιο (Μεγέθυνση x100).



Εικόνα 10: Πλήθος γυρεοσωλήνων των γυρεόκοκκων του Σπάρτου σε οπτικό μικροσκόπιο (Μεγέθυνση x40).

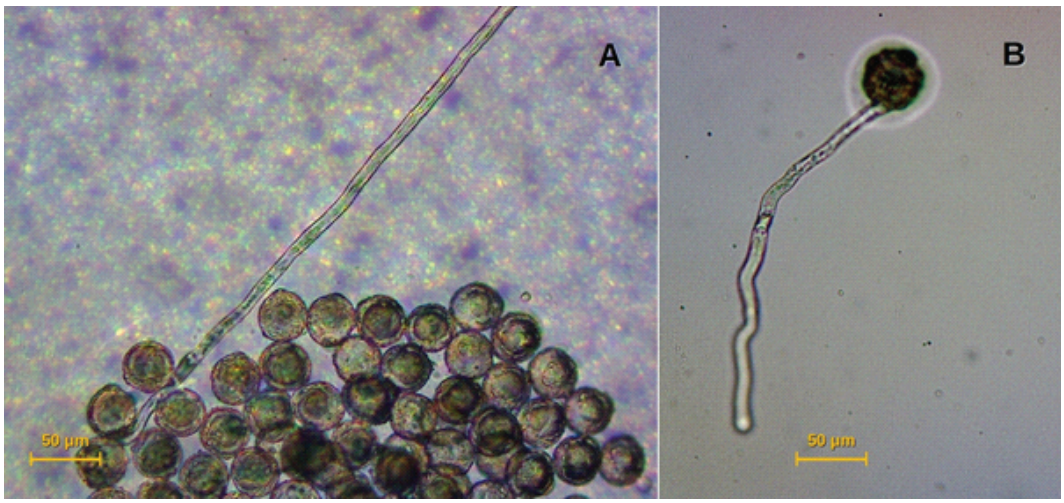
Β' Τεχνική. Αρχικά, αναμειγνύονται ίσοι όγκοι των διαλυμάτων 1 και 2 και στο διάλυμα που προκύπτει πραγματοποιείται προσθήκη μικρής ποσότητας άγαρ (0,5g σε 100ml διαλύματος). Το διάλυμα θερμαίνεται και βράζει μέχρι την πλήρη διάλυση του άγαρ, ενώ το τελικό προϊόν, όσο είναι ακόμη θερμό και πριν στερεοποιηθεί, τοποθετείται με σταγονόμετρο σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Στην επιφάνεια του πηκτώματος που έχει δημιουργηθεί με αυτόν τον τρόπο εναποτίθεται το δείγμα γυρεόκοκκων, μετά από ελαφριά διατάραξη των ανθήρων με βελόνα μικροσκοπίου (Εικόνα 11Α). Αφού διασφαλιστεί διασπορά επαρκούς ποσότητας γυρεόκοκκων στο μέσο, η αντικειμενοφόρος πλάκα τοποθετείται αντεστραμμένη σε τρυβλίο Petri, σε μικρή απόσταση από τη βάση (Εικόνα 11Β). Εκεί έχει τοποθετηθεί εκ των προτέρων διηθητικό χαρτί βρεγμένο με απιονισμένο νερό, καθώς και στηρίγματα για την τοποθέτηση της πλάκας. Ο υγρός θάλαμος που προκύπτει κλείνεται με το γυάλινο καπάκι του τρυβλίου και το δείγμα αφήνεται σε θερμοκρασία δωματίου για ένα 24ωρο.

Εικόνα 11 Α, Β: Β' Τεχνική εκβλάστησης γυρεόκοκκων σε υγρό θάλαμο

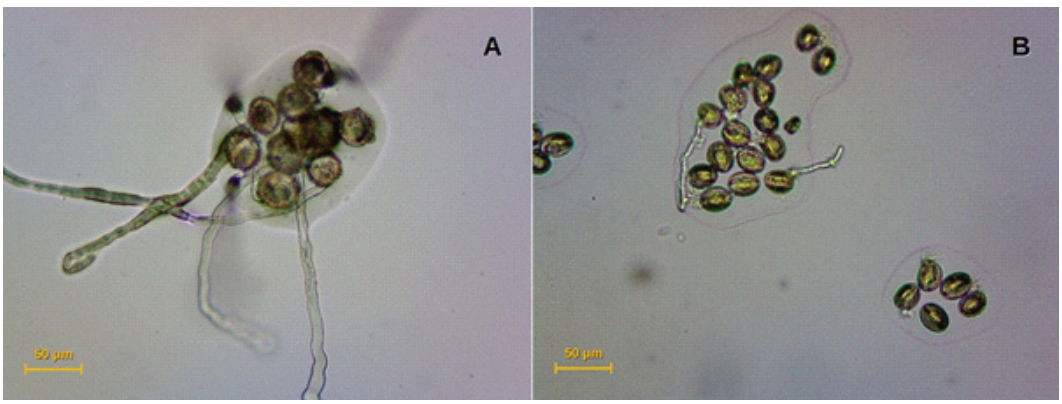


Μετά την πάροδο του 24ώρου είναι ορατή η ανάπτυξη των γυρεοσωλήνων με μικροσκόπηση της αντικειμενοφόρου πλάκας σε οπτικό μικροσκόπιο (Εικόνες 12,13).

Εικόνα 12 Α, Β: Ανεπτυγμένοι γυρεοσωλήνες σε γυρεόκοκκους Βιβούρνου, σε οπτικό μικροσκόπιο (Μεγέθυνση x100).



Εικόνα 13 Α, Β: Ανεπτυγμένοι γυρεοσωλήνες σε γυρεόκοκκους **Α**. Βιβούρνου και **Β.** άγριας Ρόκας σε οπτικό μικροσκόπιο (Μεγέθυνση x100)



Η παρατήρηση των γυρεόκοκκων έγινε σε μικροσκόπιο Serico XSP-121A, με την ψηφιακή κάμερα NXM-EP200. Όπως στο στερεοσκόπιο, έτσι και στην περίπτωση του μικροσκοπίου η κάμερα προσαρμόστηκε στη θέση του προσοφθάλμιου φακού. Σημειώνεται ότι, σε ό,τι αφορά τον εξοπλισμό των σχολικών εργαστηρίων με μικροσκόπια Serico XSP-121A, ένας αριθμός από αυτά είναι διπλής παρατήρησης, με δύο προσοφθάλμιους φακούς σε κατάλληλη διάταξη. Σε αυτή την περίπτωση, ο ένας φακός μπορεί να αντικατασταθεί από την κάμερα, επιτρέποντας την παράλληλη παρατήρηση του παρασκευάσματος και μέσα από τον προσοφθάλμιο φακό, για πιο εύκολη εστίαση.

Συμπεράσματα

Κατά την εφαρμογή των δύο τεχνικών *in vitro* ανάπτυξης γυρεοσωλήνων στους κόκκους γύρης κοινών φυτών της τοπικής χλωρίδας παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στα ποσοστά εκβλάστησης των γυρεόκοκκων και την αποτελεσματικότητα των τεχνικών, εξαρτώμενες τόσο από το μέσο ανάπτυξης, όσο και από την ποιότητα του δείγματος. Καθώς σημειώθηκε δυσκολία στη συλλογή γύρης από τα άνθη του φυτού Βιβούρνο κοντά στο τέλος της περιόδου ανθοφορίας του, προτείνεται εκτέλεση του πειράματος μέσα με τέλη Μαρτίου, προκειμένου να είναι δυνατή η λήψη επαρκούς ποσότητας γυρεόκοκκων. Μεγαλύτερη αξιοπιστία ως προς την πιθανότητα εκβλάστησης με την Α' τεχνική εμφάνισε το φυτό άγρια Ρόκα, ενώ στο Βιβούρνο παρατηρήθηκε μεγαλύτερος βαθμός επιμήκυνσης γυρεοσωλήνων με τη Β' τεχνική. Τέλος, κατά την εφαρμογή της Α' Τεχνικής στο φυτό Σπάρτο παρατηρήθηκε πολύ μεγάλο ποσοστό εκβλάστησης γυρεόκοκκων και εκβλάστηση σε συντομότερο χρονικό διάστημα συγκριτικά με τα αλλά δύο φυτά.

Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκαν δύο βιωματικές δραστηριότητες για τη μελέτη της αναπαραγωγικής λειτουργίας των φυτικών οργανισμών στο σχολικό εργαστήριο. Στην πρώτη δραστηριότητα έγινε χρήση στερεοσκοπίου, με σκοπό τη διερεύνηση των ανατομικών χαρακτηριστικών ενός τέλειου άνθους, ενώ στη δεύτερη αξιοποιήθηκαν επιτυχώς στην τοπική χλωρίδα πρωτόκολλα *in vitro* ανάπτυξης γυρεοσωλήνων, με σκοπό τη ανάδυση του ρόλου των γυρεόκκοκων στην αμφιγονική αναπαραγωγή. Καθώς πολλοί ερευνητές επισημαίνουν ότι η άμεση εμπλοκή των μαθητών με τους φυτικούς οργανισμούς μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον τους για τα φυτά (Jose et al., 2019· Lally et al., 2007· Nyberg & Sanders, 2013· Strgar, 2007) και δεδομένης της ουσιαστικής συμβολής κατάλληλα σχεδιασμένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων στον περιορισμό φαινομένων «τυφλότητας» απέναντι σε αυτά (Amprazis & Papadopoulou, 2018), προτείνεται η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων των παραπάνω δραστηριοτήτων στον σχεδιασμό διδακτικών προτάσεων, σχετικών με την αναπαραγωγική λειτουργία των φυτών.

Συγχρόνως, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως παρότι καμία από τις δύο δραστηριότητες δεν προϋποθέτει ανεπτυγμένες εργαστηριακές δεξιότητες, η χρήση στερεοσκοπίου ως τεχνική συχνά αποδεικνύεται απαιτητική για τους μαθητές και επομένως απαιτεί κάποιο επίπεδο πρότερης εξοικείωσης. Επιπροσθέτως, η αποτελεσματικότητα της *in vitro* εκβλάστησης γυρεόκοκκων εμφανίζει μεγάλη εξάρτηση από το διάλυμα-μέσο και το δείγμα, συνεπώς σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να αποδειχθεί αναξιόπιστη. Σημειώνεται επίσης ότι, στην προτεινόμενη εργαστηριακή δραστηριότητα δεν αξιολογήθηκε η επίδραση άλλων παραγόντων, όπως για παράδειγμα της θερμοκρασίας, στην ανάπτυξη των γυρεοσωλήνων και δεν τροποποιήθηκε το μέσο ανάπτυξης σε εκείνες τις περιπτώσεις που τα ποσοστά εκβλάστησης ήταν μικρά. Τέλος, κρίνεται πως η δραστηριότητα μπορεί να επεκταθεί και σε άλλα

φυτά της τοπικής χλωρίδας και συνεπώς να εμπλουτιστεί με μεγαλύτερη ποικιλία φυτικών οργανισμών καθώς και μέσων εκβλάστησης.

Βιβλιογραφία

Μανέτας, Γ. (2011). *Τι θα έβλεπε η Αλίκη στη χώρα των φυτών*. Ηράκλειο: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Κρήτης. ISBN 978-960-524-299-2

Υ.Α. 141359/Δ2/2021, Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος της Βιολογίας των Α΄, Β΄ και Γ΄ τάξεων Γυμνασίου, Εφημερίδα της Κυβέρνησης της Ελληνικής Δημοκρατίας (ΦΕΚ 5286/Β/12-11-2021).

Amprazis, A., & Papadopoulou, P. (2018). Primary school curriculum contributing to plant blindness: Assessment through the biodiversity perspective. *Advances in Ecological and Environmental Research, 3*(11), 238-256. Ανακτήθηκε στις 10/7/2022 από: http://www.ss-pub.org/wp-content/uploads/2018/11/AEER2018082101.pdf

Amprazis, A., Papadopoulou, P., & Malandrakis, G. (2021). Plant blindness and children's recognition of plants as living things: a research in the primary schools context. *Journal of Biological Education, 55*(2), 139-154. https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1667406

Etobro, A. B., & Fabinu, O. E. (2017). Students' perceptions of difficult concepts in biology in senior secondary schools in Lagos State. *Global Journal of Educational Research, 16*(2), 139-147. https://doi.org/10.4314/gjedr.v16i2.8

Fančovičová, J., & Prokop, P. (2010). Development and Initial Psychometric Assessment of the Plant Attitude Questionnaire. *Journal of Science Education and Technology, 19*(5), 415–421. https://doi.org/10.1007/s10956-010-9207-x

Haşiloğlu, M.A, & Eminoğlu, S. (2017). Identifying Cell-related Misconceptions among Fifth Graders and Removing Misconceptions Using a Microscope. *Universal Journal of Educational Research, 5*(12B), 42–50. https://doi.org/10.13189/ujer.2017.051405

Helldén, G. (2000). A Longitudinal Study of Pupils' Conceptualisation of the Role of the Flower in Plant Reproduction. Στο: B. Andersson, U. Harms, G. Helldén, & M. Sjöbeck (Eds*), Research in Didaktik of Biology: Proceedings of the Second Conference of European Researchers in Didaktik of Biology (ERIDOB)* (47-59). University of Göteborg. Ανακτήθηκε στις 10/7/2022 από: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:320095/FULLTEXT01.pdf

Hershey, D. R. (1993). Plant neglect in biology education. *BioScience*, *43*(7), 418–418. https://doi.org/10.2307/1311898

Hershey, D. R. (1996). A Historical Perspective on Problems in Botany Teaching. *The American Biology Teacher, 58* (6), 340-347. https://doi.org/10.2307/4450174

Jose, S.B., Wu, C., & Kamoun, S. (2019). Overcoming plant blindness in science, education, and society. *Plants People Planet 1*(3), 169-172. https://doi.org/10.1002/ppp3.51

Koehler, A.M., Larkin, M.T., & Shew, D.H. (2020). Under the Scope: Microscopy Techniques to Visualize Plant Anatomy & Measure Structures. *The American Biology Teacher*, *82* (4): 257–260. https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.4.257

Krichevsky, A., Kozlovsky, S.V., Tian, G., Chen, M., Zaltsman, A., & Citovsky, V. (2007). How pollen tubes grow. *Developmental Biology*, *303* (2), 405-420. https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2006.12.003

Lally, D., Brooks, E., Tax, F. E., & Dolan, E. L. (2007). Sowing the seeds of dialogue: Public engagement through plant science. *The Plant Cell*, *19*(8), 2311-2319. https://doi.org/10.1105/tpc.107.053587

Lampert, P., Scheuch, M., Pany, P., Müllner, B., & Kiehn, M. (2019). Understanding students' conceptions of plant reproduction to better teach plant biology in schools. *Plants, People, Planet*, *1*(3), 248-260. https://doi.org/10.1002/ppp3.52

Lampert, P., Scheuch, M., Pany, P., Müllner, B., & Kiehn, M. (2020). Students' conceptions of plant reproduction processes This paper was presented at the ERIDOB conference 2020. *Journal of Biological Education*, *54*(2), 213-223. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1739424

Link-Pérez, M.A., Dollo, V.H., Weber, K.M., & Schussler, E.E. (2009). What's in a name: Differential labeling of plant and animal photographs in two nationally syndicated elementary science textbook series. *International Journal of Science Education, 32*(9), 1227–1242. https://doi.org/10.1080/09500690903002818

Maskour, L., Alami, A., Zaki, M., & Agorram, B. (2019). Plant classification knowledge and misconceptions among university students in Morocco. *Education Sciences*, *9*(1), 48-68. https://doi.org/10.3390/educsci9010048

Nyberg, E., & Sanders, D. (2013). Drawing attention to 'the green side of life'. *Journal of biological education 48*(3), 142-153. https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849282.

Nyberg, E., B. Andersson, B., & Leach, J. T. (2005). Elementary School Students Understanding of Life Cycles. In: M. Ergazaki, J. Lewis & V. Zogza (Eds), *Trends in biology education research in the new biology era. Proceedings of the Vth Conference of European Researchers in Didactics of Biology* (ERIDOB), 27-41. Patras, Greece. Ανακτήθηκε στις 10/7/2022 από: http://150.140.160.61:8000/static/book/2020/11/24/Ergazaki_Lewis_Zogza_Eds_Volume_of_selected_papers_from_the_ERIDOB_2004.pdf

Ruščić, M., Vidović, A., Kovačević, G., & Sirovina, D. (2018). The Use of Microscope in School Biology Teaching. *Resolution and Discovery*, 3(1), 13-16. https://doi.org/10.1556/2051.2018.00054

Schussler, E. E., & Olzak, L. A. (2008). It's not easy being green: Student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education, 42*(3), 112–119. https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656123

Schussler, E. E., Link□Pérez, M. A., Weber, K. M., & Dollo, V. H. (2010). Exploring plant and animal content in elementary science textbooks. *Journal of Biological Education*, *44*(3), 123–128. https://doi.org/10.1080/00219266.2010.9656208

Strgar, J. (2007). Increasing the interest of students in plants. *Journal of Biological Education, 42*(1), 19-23. https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656102

Student Sheet 4 – Pollen Tube Growth. (n.d.). Στο *Science and Plants for Schools* https://www.saps.org.uk/teaching-resources/resources/222/student-sheet-4-pollen-tube-growth/

Tushabe, D., & Rosbakh, S. (2021). A Compendium of in vitro Germination Media for Pollen Research. *Frontiers in Plant Science, 12*. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.709945

Uno, G. E. (1994). The State of Precollege Botanical Education. *The American Biology Teacher, 56*(5), 263–267. https://doi.org/10.2307/4449818

Uno, G. E. (2009). Botanical Literacy: What and How Should Students Learn about Plants? *American Journal of Botany*, *96*(10), 1753–1759. https://doi.org/10.3732/ajb.0900025

Verma, K., Urfan, M., & Tiwari, P. (2017). In Vitro Pollen Germination, Tube Growth and Pollen Viability of Some Angiospermic Taxa from Srinagar Valley (Garhwal Himalya). *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, *12*(4), 345-353. Ανακτήθηκε στις 2/7/2022 από: https://www.researchgate.net/publication/348019873_In_Vitro_Pollen_Germination_Tube_Growth_and_Pollen_Viability_of_Some_Angiospermic_Taxa_from_Srinagar_Valley

Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (1999). Preventing Plant Blindness. *The American Biology Teacher 61* (2), 82–86. https://doi.org/10.2307/4450624

Wandersee, J. H., & Schussler, E. E. (2001). Toward a Theory of Plant Blindness. *Plant Science Bulletin*, *47* (1), 2–9. Ανακτήθηκε στις 10/7/2022 από: https://cms.botany.org/userdata/IssueArchive/issues/originalfile/PSB_2001_47_1.pdf

Wynn, A.N., Pan, I.L., Rueschhoff, E.E., Herman, M.A., & Archer, E.K. (2017). Student Misconceptions about Plants - A First Step in Building a Teaching Resource. *Journal of Microbiology & Biology Education*, *18*(1), 1-4. https://doi.org/10.1128/jmbe.v18i1.1253