

Οι νοητικές παραστάσεις των παιδιών ηλικίας 10 έως 14 ετών για τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση

*Βασιλική Ζόγκζα
Παναγιώτα Οικονομοπούλου*

Εισαγωγή

Η φωτοσύνθεση είναι η πιο σημαντική διαδικασία των οργανισμών, αφού μέσω αυτής παράγεται πρωτογενώς η οργανική ύλη και επομένως βάσει αυτής γίνεται η τροφική διαίρεση μεταξύ φυτών και ζώων σε αυτότροφα και ετερότροφα αντίστοιχα. Η διαδικασία όμως της φωτοσύνθεσης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, αφού έχει τέσσερις διαστάσεις, τη βιοχημική, τη φυσιολογική, την ενεργειακή και την οικολογική.

Ο προσδιορισμός των αντιλήψεων των παιδιών για τα επιστημονικά θέματα που διδάσκονται στα χρόνια της βασικής εκπαίδευσης είναι απαραίτητος προκειμένου να εντοπισθούν τα γνωστικά εμπόδια που παρεμβαίνουν στην κατανόηση και στη μάθηση συγκεκριμένων εννοιών. Το θέμα της φωτοσύνθεσης είναι ένα θέμα που διδάσκεται σε πολλές τάξεις στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, σε όλο τον κόσμο. Έχει λοιπόν από νωρίς συγκεντρώσει το ενδιαφέρον των ερευνητών που ασχολούνται με τον τρόπο κατανόησης και μάθησης θεμάτων που αποτελούν βασικά τμήματα της σχολικής διδακτέας ύλης. Από την υπάρχουσα διεθνή βιβλιογραφία, και συγκεκριμένα τις εργασίες που αφορούν τις αντιλήψεις των παιδιών για τη φωτοσύνθεση, προκύπτει ότι η φωτοσύνθεση αποτελεί ένα πολύ δύσκολο θέμα για τους μαθητές (Smith and Anderson, 1984, Bell, 1985, Barker and Carr, 1989a, Eisen and Stavy, 1988). Η κύρια παρανόηση που ανιχνεύεται σε όλες αυτές τις εργασίες είναι ότι το φυτό χρησιμοποιεί για τροφή του τα συστατικά του εδάφους, δεν γίνεται δηλ. αντιληπτό ότι

η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία εκείνη με την οποία το φυτό παράγει την τροφή του. Αυτή η παρανόηση φαίνεται ότι είναι ιδιαίτερα σταθερή και είναι ανθεκτική στη διδασκαλία αφού συνεχίζει να εμφανίζεται και μετά από χρόνια διδασκαλίας του σχετικού θέματος, όπως επισημαίνουν οι ερευνητές αυτοί.

Στην Ελλάδα δεν είναι γνωστή μια παρόμοια μελέτη για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το θέμα της φωτοσύνθεσης. Έχει όμως ιδιαίτερη σημασία το γεγονός ότι στην Ελλάδα, σε αντίθεση με άλλες χώρες, στις οποίες αναφέρονται οι παραπάνω εργασίες, το θέμα της φωτοσύνθεσης θίγεται πολύ νωρίτερα, για πρώτη φορά και με αρκετές λεπτομέρειες στη Ε' τάξη του δημοτικού σχολείου. Στα χρόνια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, η θρέψη των φυτών διδάσκεται στην Ε' τάξη του Δημοτικού και στην Α' και Γ' τάξη του Γυμνασίου.

Ένας σημαντικός παράγοντας για τη μάθηση επιστημονικών εννοιών είναι τα διδακτικά σχολικά βιβλία και ο τρόπος παρουσίασης των επιστημονικών εννοιών σε αυτά. Ο τρόπος παρουσίασης των βιολογικών εννοιών στα διδακτικά βιβλία ως πηγή παρανοήσεων για τους μαθητές είναι ένα θέμα που έχει απασχολήσει κατά καιρούς τους ερευνητές της διδακτικής εννοιών της βιολογίας (Barrass, 1984, Cho et al., 1985, Abimbola and Baba, 1996). Ο τρόπος παρουσίασης της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και των επιμέρους εννοιών που περιλαμβάνονται σε αυτή, στα ελληνικά σχολικά βιβλία της Ε' Δημοτικού και της Α' και Γ' τάξης του Γυμνασίου έχει σχολιασθεί (V. Zogza, 1996) και έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν διαφορές στον τρόπο παρουσίασης των επιμέρους εννοιών της φωτοσύνθεσης.

Οι σκοποί της μελέτης αυτής ήταν:

- 1) να προσδιορισθούν οι αντιλήψεις των μαθητών ηλικίας 10-14 ετών για τη θρέψη των φυτών και να διερευνηθεί αν αυτές οι παραστάσεις αλλάζουν με την ηλικία και τη διδασκαλία,
- 2) να ελεγχθεί ο βαθμός κατανόησης της όλης διαδικασίας της φωτοσύνθεσης,
- 3) να γίνει ανάλυση του περιεχομένου των κεφαλαίων της φωτοσύνθεσης και να συσχετισθούν οι παρανοήσεις των παιδιών της Ε' τάξης του Δημοτικού και της Α' και Γ' τάξης του Γυμνασίου με τον τρόπο παρουσίασης του θέματος της φωτοσύνθεσης στα σχολικά βιβλία των αντιστοι-

χων τάξεων.

Με την έρευνα αυτή ανιχνεύουμε μια σειρά παρανοήσεων που τα παιδιά έχουν σε σχέση με το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης και συγκεκριμένα με τη θρέψη των φυτών. Αρκετές από αυτές ταυτίζονται με παρανοήσεις που έχουν εντοπιστεί και σε άλλες χώρες. Στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων και στη συζήτηση τα ευρήματα αυτά σχολιάζονται και προτείνονται ορισμένες ερμηνείες.

Μεθοδολογία

Εννοιολογική ανάλυση του διδακτικού αντικειμένου της φωτοσύνθεσης

Η φωτοσύνθεση είναι η βασικότερη λειτουργία των φυτών. Ως έννοια είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη αφού περιγράφει μια πολύ σύνθετη διαδικασία και περιέχει πολλές άλλες έννοιες. Συνοπτικά η φωτοσύνθεση είναι η λειτουργία εκείνη των φυτών μέσω της οποίας τα ανόργανα υλικά διοξείδιο του άνθρακα και νερό (CO_2 και H_2O), που προσλαμβάνονται από το περιβάλλον μετατρέπονται στην οργανική ένωση γλυκόζη, που ανήκει στην κατηγορία των σακχάρων, και σε O_2 . Για να γίνει αυτή η διαδικασία τα φυτά δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια μέσω του μορίου της χλωροφύλλης και τη μετατρέπουν σε χημική. Το προϊόν της φωτοσύνθεσης, η γλυκόζη, είναι η πρώτη οργανική ένωση και τροφή του φυτού. Από αυτήν παράγονται στη συνέχεια άλλες οργανικές ενώσεις του φυτού με δομικό (π.χ. πρωτεΐνες) ή αποθηκευτικό (π.χ. άμυλο) ρόλο.

Συγκεκριμένα, η διαδικασία της φωτοσύνθεσης χαρακτηρίζεται από τη συνύπαρξη τεσσάρων διαστάσεων, της οικολογικής, της ενεργειακής, της χημικής και αυτής της φυσιολογίας. Κάθε μια από αυτές τις διαστάσεις περιλαμβάνει επιμέρους έννοιες.

1. Οικολογική διάσταση: Εδώ η φωτοσύνθεση περιγράφεται ως η διαδικασία εκείνη μέσω της οποίας παράγεται πρωτογενώς η τροφή των φυτών, τα οποία χαρακτηρίζονται ως παραγωγοί και αποτελούν τη βάση των τροφικών αλυσίδων. Οι έννοιες που περιλαμβάνονται είναι η επισημονική έννοια της τροφής και της χρησιμότητάς της καθώς και η έννοια των φυτών ως παραγωγών.

2. Ενεργειακή διάσταση: Η φωτοσύνθεση περιγράφεται ως η διαδικασία μετατροπής της ηλιακής φωτεινής ενέργειας σε χημική ενέργεια που περιζεύεται αρχικά στο μόριο της γλυκόζης. Οι έννοιες που περι-

λαμβάνονται είναι η έννοια της ενέργειας στα έμβια όντα, δηλ. μορφές ενέργειας και μετατροπές από τη μια μορφή στην άλλη και αποθήκευση ενέργειας, σχέση ενέργειας και τροφής, καθώς και η διαδικασία της δέσμευσης της ηλιακής ενέργειας από ένα εξειδικευμένο μόριο, αυτό της χλωροφύλλης.

3. Χημική διάσταση: Η χημική διάσταση της φωτοσύνθεσης, η φωτοσύνθεση ως βασική βιοχημική αντίδραση με την οποία παράγονται οργανικές ενώσεις από ανόργανες, η διαδικασία κατήλωσης του άνθρακα που υπάρχει στο αέριο διοξείδιο του άνθρακα σε οργανική ένωση, τη γλυκόζη.

4. Διάσταση φυσιολογίας: Η φωτοσύνθεση ως λειτουργία του φυτικού οργανισμού ελεγχόμενη και ρυθμιζόμενη από πολλούς παράγοντες, ενδογενείς και εξωγενείς. Ειδικές δομές του φυτού που συμμετέχουν, όπως στόματα για τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και ξυλώδεις σωλήνες για τη μεταφορά του νερού σε όλα τα μέρη του φυτού.

Τα ερωτήματα της έρευνας

Τα ερωτήματα της έρευνας είναι:

1. Ποιες είναι οι απόψεις των παιδιών για τον τρόπο θρέψης των φυτών και αν τα παιδιά αντιλαμβάνονται το ρόλο της φωτοσύνθεσης στην παραγωγή της τροφής των φυτών.

2. Αν οι απόψεις αυτές αλλάζουν με την ηλικία και,

3. Αν συμβαδίζουν με τη σχολική επιστήμη και αν συσχετίζονται με τον τρόπο παρουσίασης του θέματος στα βιβλία.

Το δείγμα

Η διερεύνηση έγινε σε ένα δείγμα 310 συνολικά μαθητών ηλικίας 10-14 ετών, (164 μαθητές της Ε΄ τάξης του Δημοτικού-10 ετών, 97 μαθητές της Α΄ τάξης του Γυμνασίου-12 ετών και 109 μαθητές της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου-14 ετών). Οι μαθητές προέρχονταν στο σύνολό τους από τις αντίστοιχες τάξεις τριών δημόσιων Δημοτικών και τριών Δημόσιων Γυμνασίων της πόλης της Πάτρας. Οι μαθητές του δείγματος προέρχονταν από οικογένειες της ίδιας περίπου κοινωνικής και οικονομικής κατάστασης, με μόρφωση των γονέων που δεν υπερέβαινε τη δωδεκαετή διάρκεια. Σε όλα τα γυμνάσια όπου διεξήχθη η έρευνα τα μαθήματα της βιο-

λογίας διδάσκονταν από βιολόγο καθηγητή και ο ίδιος καθηγητής έκανε το μάθημα στην πρώτη και στην τρίτη τάξη. Με συνεντεύξεις με κάθε δάσκαλο ή καθηγητή, πήραμε τις παρακάτω πληροφορίες: σε καμία τάξη δεν έγινε κάποια εργαστηριακή άσκηση σχετική με το θέμα της φωτοσύνθεσης, οι δάσκαλοι και καθηγητές χρησιμοποίησαν τυπικές μεθόδους διδασκαλίας (διάλεξη-συζήτηση) για να παρουσιάσουν την έννοια της φωτοσύνθεσης στους μαθητές στις τάξεις τους με αναφορά πάντοτε στο βιβλίο και τις εικόνες του.

Η ερευνητική διαδικασία

Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών ανιχνεύθηκαν με δυο τρόπους: (1) με τη συμπλήρωση δύο θεμάτων πολλαπλής επιλογής, και (2) με τη λύση ενός προβλήματος, που ελέγχει την κατανόηση των εννοιών που εμπεριέχονται στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν στους μαθητές μια βδομάδα μετά τη διεξαγωγή του σχετικού μαθήματος. Όσον αφορά το τεστ πολλαπλής επιλογής επιλέξαμε να επικεντρωθούμε στην οικολογική πλευρά της φωτοσύνθεσης, δηλ. στην πρωτογενή παραγωγή τροφής - οργανικής ύλης-, ενώ με το πρόβλημα μπορούσαμε να ελέγξουμε την κατανόηση της όλης διαδικασίας (Simpson and Marek, 1988).

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων του τεστ επιλογής με τα αποτελέσματα του προβλήματος πιστεύαμε ότι θα μπορούσε να μας δώσει πληροφορίες για το βαθμό κατανόησης του θέματος. Ειδικότερα επιχειρήσαμε μια σύγκριση μεταξύ Α' και Γ' τάξης του Γυμνασίου, όπου υπάρχει διαφορά στον τρόπο παρουσίασης της θέματος της φωτοσύνθεσης στα αντίστοιχα βιβλία. Αυτή η σύγκριση έγινε για να συσχετίσει την εμφάνιση παρανοήσεων των μαθητών με τον τρόπο παρουσίασης του θέματος στα βιβλία και ήταν δυνατή επειδή στο κάθε σχολείο ο ίδιος καθηγητής έκανε το μάθημα σε Α' και Γ' τάξη, συνεπώς είχαμε μια σταθερή μεταβλητή, δηλ. τον δάσκαλο.

(α) Α' μέρος: Ερωτηματολόγια

Τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν αναφέρονται στο παράρτημα. Ήταν τα ίδια για το Δημοτικό και το Γυμνάσιο. Στα ερωτηματολόγια υπήρχαν δυο μέρη. Στο πρώτο μέρος δόθηκαν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

με δυνατότητα όμως εξήγησης της μιας και μόνης επιτρεπόμενης επιλογής, για να ελαχιστοποιείται ο παράγοντας τύχη στην επιλογή (Tamir, 1989). Οι δυο ερωτήσεις του ερωτηματολογίου συνδέονται έτσι ώστε να επιτρέπουν τον προσδιορισμό λανθασμένων παραστάσεων τόσο για τον τρόπο παραγωγής της τροφής όσο και για την έννοια της τροφής. Έτσι, στην πρώτη ερώτηση ζητάμε "ποια είναι η τροφή των φυτών" και στη δεύτερη "από πού προέρχεται η τροφή των φυτών". Αν ένα παιδί έχει καταλάβει τι παράγεται με τη φωτοσύνθεση, τότε θα πρέπει να δώσει την απάντηση δ στην πρώτη ερώτηση (τροφή των φυτών είναι η γλυκόζη-ζάχαρο) και γ στη δεύτερη ερώτηση (τα φυτά φτιάχνουν μόνα τους την τροφή τους). Όποιες άλλες αντιστοιχίες μεταξύ των απαντήσεων των δυο ερωτήσεων επιτρέπουν την αναγνώριση παρανοήσεων.

(β) Β' μέρος: Πρόβλημα

Στο δεύτερο μέρος δόθηκε ένα πρόβλημα, του οποίου η απάντηση επέτρεπε την εκτίμηση της κατανόησης της έννοιας της φωτοσύνθεσης συνολικά. Στο πρόβλημα αυτό παρουσιάζεται στην πραγματικότητα ένα πείραμα αντίστοιχο με το πρώτο πείραμα που απέδειξε τη σημασία της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης στην αύξηση ενός φυτού, και έγινε από τον van Helmont (1577-1644) (Morton, 1981). Στο πρόβλημα αυτό δίνονται στοιχεία για τις ανάγκες του φυτού προκειμένου αυτό να επιβιώσει και να αναπτυχθεί και η σωστή απάντηση προϋποθέτει κατανόηση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, χωρίς όμως να κατονομάζεται η έννοια. Ο μαθητής πρέπει να προσδιορίσει και να εξηγήσει την έννοια από την πληροφορία που του δίνεται. Το πρόβλημα αυτό απαιτεί τη δυνατότητα χρήσης τυπικού συλλογισμού από τα παιδιά και κατά συνέπεια δεν δόθηκε στα παιδιά του Δημοτικού. Για να εξασφαλισθεί η εξισορρόπηση του δείγματος, στα μισά παιδιά δόθηκε πρώτα το πρώτο μέρος και στα άλλα μισά δόθηκε πρώτα το δεύτερο μέρος.

Αποτελέσματα

Α. Η παρουσίαση της φωτοσύνθεσης στα σχολικά βιβλία Ε' Δημοτικού και Α' και Γ' τάξης Γυμνασίου

Στο βιβλίο της Ε' Δημοτικού το θέμα εισάγεται σε συνδυασμό με το

ηλιακό φως. Ο πρώτος ορισμός που δίνεται για τη φωτοσύνθεση είναι ότι αυτή είναι μια πορεία μέσω της οποίας τα φυτά παρασκευάζουν την τροφή τους (σε αντίθεση με τα ζώα που παίρνουν έτοιμη την τροφή τους από την κατανάλωση άλλων οργανισμών), δηλ. δίνεται έμφαση στην οικολογική πλευρά της φωτοσύνθεσης. Η βιοχημική πλευρά της φωτοσύνθεσης καλύπτεται στην απλούστερη δυνατή μορφή, χωρίς να δίνονται χημικοί τύποι στη χημική αντίδραση. Χημικοί τύποι των ενώσεων που περιλαμβάνονται στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης δίνονται μέσα στις πολλές εικόνες που συνοδεύουν το κείμενο. Στο κείμενο γίνεται συζήτηση για τη συμμετοχή της χλωροφύλλης στη φωτοσύνθεση. Πολύ καλές εικόνες που δείχνουν τις δομές του φυτού που συμμετέχουν στην πορεία της φωτοσύνθεσης, βοηθούν στην κατανόηση του πολύπλοκου θέματος της φωτοσύνθεσης.

Στο βιβλίο της *Α' Γυμνασίου*, η φωτοσύνθεση εισάγεται ως μια πορεία μέσω της οποίας ανόργανες ενώσεις μετατρέπονται σε οργανικές, ενώ παράλληλα η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια. Έτσι η έμφαση δίνεται στη χημική και ενεργειακή πλευρά της φωτοσύνθεσης. Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης περιγράφεται μόνο με λέξεις, δεν δίνεται ούτε η χημική αντίδραση, ούτε χημικοί τύποι των ουσιών που παίρνουν μέρος στη φωτοσύνθεση. Παραδείγματος χάρη: "τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης είναι οξυγόνο και ζάχαρα". Η λέξη γλυκόζη δεν αναφέρεται πουθενά στο σχετικό κεφάλαιο. Στο τέλος του κεφαλαίου που αφορά όλες τις λειτουργίες των φυτών, μετά την αναπνοή και τη διαπνοή, συζητείται ο ρόλος των φυτών ως παραγωγών, δηλαδή η οικολογική διάσταση του θέματος. Υπάρχει μόνο μια εικόνα, χαμηλής ποιότητας, που συνοδεύει το σχετικό κείμενο. Η εικόνα παρουσιάζει τις διαδικασίες αναπνοής και φωτοσύνθεσης μαζί. Γενικώς το θέμα της φωτοσύνθεσης στο βιβλίο της *Α' Γυμνασίου* παρουσιάζεται σε επίπεδο χαμηλότερο από εκείνο του βιβλίου της *Ε' Δημοτικού*. Ακόμη λανθασμένες δηλώσεις σχετικά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης υπάρχουν στο κείμενο (δες παρακάτω).

Στο βιβλίο της *Γ' τάξης του Γυμνασίου* η φωτοσύνθεση εισάγεται ως μια πορεία μέσω της οποίας τα φυτά μπορούν να δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και να τη μετατρέπουν σε χημική ενέργεια και να παρασκευάζουν οργανικά μόρια από τις ανόργανες ενώσεις CO_2 και H_2O . Ακολουθεί μια πλήρης περιγραφή της βιοχημικής πορείας, με τον ακριβή ρόλο της χλωροφύλλης στη χημική αντίδραση, με παρουσίαση όλων των

χημικών τύπων και αναφορά και στη σύνθεση της βασικής για την αποθήκευση ενέργειας ένωσης, του ΑΤΡ. Η έμφαση συνεπώς δίνεται στη βιοχημική αλλά και στην ενεργειακή πλευρά της φωτοσύνθεσης. Στο τέλος του κεφαλαίου, συζητείται η οικολογική σημασία της φωτοσύνθεσης. Γενικά το θέμα καλύπτεται ικανοποιητικά, αλλά πιθανώς η βιοχημική πλευρά του θέματος δίνεται σε επίπεδο ανώτερο αυτού των παιδιών της Γ' Γυμνασίου, εφ' όσον δε συμβαδίζει με κάλυψη εννοιών αντίστοιχου επιπέδου στο μάθημα της χημείας της ίδιας τάξης.

Στα βιβλία της Ε' Δημοτικού και της Α' Γυμνασίου υπάρχουν ορισμένες λανθασμένες δηλώσεις σε σχέση με τα υλικά που παίρνουν μέρος στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Ως γνωστόν, οι ουσίες που αντιδρούν για τη σύνθεση της γλυκόζης στην πορεία της φωτοσύνθεσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό. Τα συστατικά του εδάφους δεν παίρνουν μέρος στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης (χημική αντίδραση), όπως αυτή δίνεται στα σχολικά βιβλία και όπως είναι γνωστό επιστημονικά. Στις εικόνες των βιβλίων της Ε' Δημοτικού και της Α' Γυμνασίου παρουσιάζεται ένα δένδρο που με τις ρίζες του απορροφά νερό και διαλυτά άλατα από το χώμα και τα μεταφέρει στα υπέργεια μέρη του φυτού. Στο κείμενο του βιβλίου της Ε' Δημ. υπάρχει η εξής φράση: "*Τα φυτά δεσμεύουν το ηλιακό φως και με νερό, άλατα, και διοξείδιο του άνθρακα φτιάχνουν μόνα τους τις τροφές τους, δηλ. φωτοσυνθέτουν*". Στο κείμενο του βιβλίου της Α' Γυμνασίου υπάρχει η φράση: "*Τα φυτά έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν απλές ανόργανες ενώσεις (νερό, διοξείδιο του άνθρακα, κ.ά.) σε οργανικές με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας*", και πάνω στην εικόνα η φράση: "*Η φωτοσύνθεση επιτελείται μόνο στο ηλιακό φως, προκαλεί δε την ένωση των στοιχείων που παραλαμβάνονται από τον αέρα, με το νερό και τα διάφορα μεταλλικά άλατα για τη σύνθεση ενός απλού ζαχάρου, βασικής τροφής για όλα τα ζώντα είδη*". (Όλες οι υπογραμμίσεις δικές μας). Στην πραγματικότητα όμως, τα συστατικά του εδάφους που μεταφέρει το νερό (άλατα) χρησιμοποιούνται από το φυτό σε άλλες διαδικασίες (δες συζήτηση).

Β1. Ανάλυση των απαντήσεων στις ερωτήσεις του Α' μέρους του ερωτηματολογίου

Από τα στοιχεία του Πίνακα 1 (1η ερώτηση), παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο ποσοστό (64,4%) των παιδιών στην Ε' Δημοτικού δίνουν ως τρο-

φή του φυτού τη γλυκόζη, τη συμβατή δηλ. με την επιστήμη άποψη. Είναι περίεργο που το ποσοστό αυτό πέφτει στην Α' τάξη του Γυμνασίου στο 40,2%, και γίνεται 45,9% στη Γ' τάξη του Γυμνασίου. Τα συστατικά του εδάφους θεωρούνται τροφή του φυτού από το 14,4% της Ε' τάξης του Δημοτικού, από το 39,2% της Α' και από το 27,5% της Γ' τάξης του Γυμνασίου. Το νερό θεωρείται ως τροφή από το 14,4% της Ε' Δημοτικού, από το 18,6% της Α' τάξης του Γυμνασίου και από το 19,3% της Γ' τάξης του Γυμνασίου. Η απάντηση ότι τροφή είναι το νερό δεν μπορεί να θεωρηθεί ως εξ ολοκλήρου λανθασμένη άποψη αφού πράγματι το νερό είναι ένα από τα αντιδρώντα στοιχεία στην χημική αντίδραση της φωτοσύνθεσης. Κάτι όμως που αξίζει να τονισθεί είναι ότι το διοξείδιο του άνθρακα δεν αναφέρεται ως τροφή από τα παιδιά, αν και θα μπορούσε, κατ'αντιστοιχία με το νερό, αφού και αυτό παίρνει μέρος στην αντίδραση της φωτοσύνθεσης. Το στοιχείο αυτό ερμηνεύεται πιθανόν από το γεγονός ότι το διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο και δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό από τις αισθήσεις.

Συμπεραίνουμε ακόμη ότι υπάρχει μια σύγχυση για την έννοια της τροφής, όπως έχει αναφερθεί και από άλλους ερευνητές (Barker and Carr, 1989a). Πολλοί μαθητές χρησιμοποιούν τον όρο τροφή τόσο για τη γλυκόζη όσο και για τα θρεπτικά συστατικά, άλατα, νερό, αέρας. Αυτό είναι πάντως αναμενόμενο αφού δεν υπάρχει σαφής διάκριση ή ορισμός της τροφής στα βιβλία τους.

Από τον Πίνακα 2, όπου παρουσιάζονται οι απαντήσεις στην ερώτηση "Από πού προέρχεται η τροφή των φυτών", φαίνεται ότι το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ("τ'γ φτιάχνουν μόνα τους") ανεβαίνει με την ηλικία. Εξακολουθεί όμως να υπάρχει ένα υψηλό ποσοστό παιδιών που δίνουν ως σωστή την απάντηση: "από τα συστατικά του εδάφους", ποσοστό, το οποίο πέφτει με την ηλικία. Τα αποτελέσματα του πίνακα 1 και του πίνακα 2 έρχονται σε αντίθεση. Έτσι, στην 1η ερώτηση το ποσοστό της σωστής απάντησης (δ) στο Δημοτικό είναι το υψηλότερο ενώ στη 2η ερώτηση το ποσοστό της σωστής απάντησης είναι το χαμηλότερο για το Δημοτικό, στοιχείο που δείχνει ότι τα παιδιά της Ε' Δημ. που απαντούν ότι η τροφή του φυτού είναι η γλυκόζη δεν έχουν αντιληφθεί ότι αυτή η ουσία παράγεται από τα ίδια τα φυτά. Η αντίστροφη ακριβώς αλλαγή παρατηρείται στα παιδιά του Γυμνασίου, όπου το ποσοστό των σωστών απαντήσεων αυξάνει στη 2η ερώτηση. Σε αυτό το σημείο έχει σημασία η σύγκριση μεταξύ απαντήσεων στην 1η και στη 2η ερώτηση.

Πίνακας 1 Συχνότητες απαντήσεων στην ερώτηση 1:

"Ποια είναι η τροφή των φυτών"

Απαντήσεις	Ηλικία 10 (n=104)			Ηλικία 12 (n=97)			Ηλικία 14 (n=109)		
	Σχ.	Συχν.	%	Σχ.	Συχν.	%	Σχ.	Συχν.	%
η γλυκόζη	67		64,4	39		40,2	50		45,9
τα συστατικά του εδάφους	11		10,6	38		39,2	30		27,5
το νερό	15		14,4	18		18,6	21		19,3
το διοξείδιο του άνθρακα	7		6,7	-		-	2		1,8
το οξυγόνο	3		2,9	1		1,0	1		0,9
Δεν απάντησαν	1		1,0	1		1,0	1		0,9

Θα περιμέναμε, σε περίπτωση πλήρους κατανήσης του αντικειμένου ή λογικής εκτίμησης από μέρους των μαθητών της συνάφειας των απαντήσεων που θα έπρεπε να δώσουν στις δυο ερωτήσεις, μια συμφωνία μεταξύ των απαντήσεων στις ερωτήσεις 1 και 2. Θα περιμέναμε δηλαδή στην ιδανική αυτή περίπτωση να έχουμε τις εξής αντιστοιχίες: 1(α):2(δ), 1(β): 2(α), 1(γ): 2(β), 1(δ): 2(γ), 1(ε): 2(β). Η σωστή είναι η 1(δ): 2(γ), δηλ. "η τροφή των φυτών είναι η γλυκόζη (που) τα φυτά την φτιάχνουν μόνα τους". Οι άλλες αντιστοιχίες καθώς και οι παρεκκλίσεις των παιδιών από αυτές μας δείχνουν ακριβώς τα είδη των παρανοήσεων που έχουμε (Πίνακας 3). Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι αυτή η αντιστοιχία δεν τηρείται. Έτσι, για τα περισσότερα παιδιά (όλων των τάξεων) είναι πιο εύκολο να θυμηθούν τη φράση "τα φυτά φτιάχνουν μόνα τους την τροφή τους", μια φράση που επαναλαμβάνεται στα βιβλία και συσχετίζεται με την αυτότροφη φύση των φυτών, από το να σκεφθούν ότι η γλυκόζη που παράγεται με την αντίδραση της φωτοσύνθεσης είναι η τροφή, - αλλά είναι άγνωστο στα παιδιά ότι η γλυκόζη που παράγεται στη φωτοσύνθεση είναι τροφή ψι' αυτά.- Αυτό δείχνει επίσης ότι ο τρόπος που τίθεται η ερώτηση επηρεάζει το αποτέλεσμα (όπως είναι βεβαίως γνωστό) και ότι η χρήση μιας μόνο από αυτές τις ερωτήσεις θα οδηγούσε σε εσφαλμένα συμπεράσματα.

Πίνακας 2 Συχνότητες απαντήσεων στην ερώτηση 2

"Από πού προέρχεται η τροφή των φυτών"

Απαντήσεις	Ηλικία 10 (n=104)		Ηλικία 12 (n=97)		Ηλικία 14 (n=109)	
	Σχ.	Συχν. %	Σχ.	Συχν. %	Σχ.	Συχν. %
τη φτιάχνουν μόνο τους	61	58,7	59	59,0	74	67,9
από τα συστατικά του εδάφους	23	28,0	32	33,0	26	23,9
από τα συστατικά του νερού	7	6,7	3	3,0	7	6,4
από τα συστατικά του αέρα	-	-	2	2,0	1	0,9
Δεν απάντησαν	3	2,9	1	1,0	1	0,9

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 βλέπουμε ότι το σωστό ζεύγος απαντήσεων δ(1ης) → γ(2ης), παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό στην Ε΄ Δημοτικού, το χαμηλότερο στην Α΄ Γυμνασίου και ένα ενδιάμεσο στη Γ΄ Γυμνασίου. Τα ζεύγη των απαντήσεων που παρουσιάζουν τα αμέσως χαμηλότερα ποσοστά δείχνουν την ύπαρξη των εξής παρανοήσεων κατά σειρά:

1. ανάμειξη διαισθητικής και επιστημονικής γνώσης

δ→α: Τροφή είναι η γλυκόζη, προέρχεται από τα συστατικά του εδάφους.

α→γ: Τροφή είναι το νερό, τη φτιάχνουν μόνο τους.

β→γ: Τροφή είναι τα συστατικά του εδάφους, τη φτιάχνουν μόνο τους.

γ→γ: Τροφή είναι το διοξείδιο του άνθρακα, τη φτιάχνουν μόνο τους.

2. διαισθητική γνώση, που δεν ταυτίζεται με την επιστημονική αλήθεια

α→α: Τροφή είναι το νερό, προέρχεται από τα συστατικά του εδάφους.

β→α: Τροφή είναι τα συστατικά του εδάφους, προέρχεται από τα συστατικά του εδάφους.

β→δ: Τροφή είναι τα συστατικά του εδάφους, προέρχεται από τα συστατικά του νερού.

Πίνακας 3 Αντιστοιχίες απαντήσεων στις ερωτήσεις 1 και 2

"Η τροφή είναι..., προέρχεται από...."

Ζεύγη απαντήσεων	Ηλικία 10 (n=104)		Ηλικία 12 (n=97)		Ηλικία 14 (n=109)	
	Σχ.	Συχν.	%	Σχ.	Συχν.	%
δ (γ	51		49,0	31	31,9	
β (γ	1		1,0	22	22,7	
β (α	4		3,8	17	17,5	
δ (α	17		16,3	8	8,2	
α (γ	4		3,8	6	6,2	
α (α	5		4,8	7	7,2	
β (δ	4		3,8	-	-	
γ (γ	4		3,8	-	-	
διάφορα	10		10,4	6	6,2	

Στα λανθασμένα ζεύγη απαντήσεων έχει ενδιαφέρον η δικαιολόγηση που δίνεται, δηλ. γιατί διάλεξαν τη συγκεκριμένη απάντηση. Έτσι, η δ→α δίνεται με την εξήγηση ότι "τα συστατικά του εδάφους χρησιμοποιούνται από τα φυτά για να φτιάχνουν την τροφή τους, τα ζάχαρα". Το α→α δίνεται με την εξήγηση "το νερό είναι η πιο καλή τροφή γιατί μεταφέρει τα συστατικά του εδάφους"- δεν γίνεται δηλ. καμμία συσχέτιση με την πορεία της φωτοσύνθεσης. Το α→γ με τις απαντήσεις "τροφή (είναι) το νερό γιατί με το νερό το φυτό αναπτύσσεται σωστά και εκτελεί τις λειτουργίες του" και "τη φτιάχνουν μόνο τους γιατί είναι αυτότροφα". Το ζεύγος β→α είναι ταιριαστό, φυσικά λάθος. Το β→γ, το γ→γ, και το β→δ είναι με πλήρως παράλογες και αντικρουόμενες εξηγήσεις. Πάντως όλες αυτές οι εξηγήσεις που τα παιδιά χρησιμοποιούν, δείχνουν ότι δεν γίνεται από μέρους τους κάποια συσχέτιση με την πορεία της φωτοσύνθεσης.

B2. Ανάλυση απαντήσεων στο Β μέρος του ερωτηματολογίου

Το Β μέρος του ερωτηματολογίου δόθηκε μόνο σε παιδιά του Γυμνασίου, που περιμέναμε ότι θα είναι σε θέση να διαπραγματευτούν το πρόβλημα. Οι Lawson και Renner (1975) έχουν δείξει ότι οι έννοιες που δι-

δάσκονται πρέπει να αντιστοιχούν στο αναπτυξιακό επίπεδο του μαθητή ώστε να είναι δυνατή η κατανόησή τους. Με πιαζετικούς όρους, αυτοί που έχουν συγκεκριμένη σκέψη μπορούν να κατανοήσουν συγκεκριμένες έννοιες, ενώ αυτοί που έχουν τυπική σκέψη μπορούν να κατανοήσουν και συγκεκριμένες και τυπικές έννοιες. Οι συγκεκριμένες έννοιες γίνονται κατανοητές μέσω των άμεσων εμπειριών με αντικείμενα, γεγονότα ή καταστάσεις οι οποίες παράγουν στοιχεία από τα οποία μπορεί να σχηματισθεί η έννοια. Οι μαθητές με συγκεκριμένη σκέψη είναι σε θέση να ασχολούνται με μια πλευρά μιας έννοιας κάθε φορά (Muuss, 1982).

Η πλήρης κατανόηση της έννοιας της παραγωγής της τροφής στα φυτά απαιτεί τυπικές λειτουργίες επειδή οι μαθητές πρέπει να διαχωρίσουν, να ελέγξουν, και να αποκλείσουν μεταβλητές για να κατανοήσουν ότι πρέπει να υπάρχουν το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το φως, και η χλωροφύλλη, ώστε το φυτό να είναι σε θέση να παράγει την τροφή του. Ο διαχωρισμός και ο έλεγχος των μεταβλητών είναι ένα χαρακτηριστικό της τυπικής σκέψης.

Η απουσία οποιασδήποτε εργαστηριακής άσκησης (που θα έδειχνε π.χ. ότι το διοξείδιο του άνθρακα, το φως, το νερό και η χλωροφύλλη συνεισφέρουν στη διαδικασία της παραγωγής τροφής), μας οδηγεί να περιμένουμε σωστές απαντήσεις κυρίως από παιδιά που έχουν ανεπτυγμένη τυπική σκέψη μάλλον. Συνεπώς, η μερική κατανόηση αυτής της έννοιας θα παρουσιάζεται από μαθητές που χρησιμοποιούν ακόμη τη συγκεκριμένη σκέψη.

Πρέπει να τονισθεί ότι η ιδέα που ελέγχεται με το πρόβλημα είναι ότι τα φυτά χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό παρουσία φωτός και χλωροφύλλης για να παράγουν τροφή και ότι τα συστατικά του εδάφους δεν χρησιμοποιούνται στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Αυτό το πρόβλημα δεν επιχειρεί να μετρήσει την κατανόηση από τους μαθητές των χημικών αντιδράσεων της φωτοσύνθεσης, που γίνονται την ημέρα (φωτεινές αντιδράσεις) και τη νύκτα (σκοτεινές αντιδράσεις).

Από τις γραπτές απαντήσεις των παιδιών στο Β' μέρος, προσδιορίστηκε το επίπεδο της κατανόησης της έννοιας. Προσδιορίστηκαν πέντε επίπεδα κατανόησης: πλήρης κατανόηση, μερική κατανόηση, μερική κατανόηση με παρανοήσεις, πλήρης παρανόηση, και καμία απάντηση. Παράθετουμε την εξήγηση των κατηγοριών και τον τρόπο ταξινόμησης των απαντήσεων των παιδιών σε αυτές τις κατηγορίες:

Α. Πλήρης κατανόηση. Από πληροφορίες που ελήφθησαν από βιολογικά κείμενα (Sinnott and Wilson, 1963, Raven et al., 1986, Gottfried, 1993, Enger et al., 1994), αναπτύχθηκε η σωστή απάντηση που αντιπροσωπεύει την πλήρη κατανόηση της έννοιας της φωτοσύνθεσης. Η απάντηση αυτή είναι:

Το χόμα θα ξυγίζει ελαφρώς λιγότερο από 1.000 γραμμάρια μετά την περίοδο των έξι εβδομάδων. Το φυτό μπορούσε να αναπτυχθεί και να κάνει τη δικιά του τροφή παρουσία του ηλιακού φωτός και της χλωροφύλλης προσλαμβάνοντας διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και νερό από το έδαφος (με το πότισμα). Επίσης απειροελάχιστες ποσότητες μεταλλικών στοιχείων προσελήφθηκαν από το χόμα. Αυτό εξηγεί γιατί το χόμα θα ξυγίζει ελαφρώς λιγότερο από τα 1.000 γραμμάρια.

Πίνακας 4. Συχνότητες των απαντήσεων στο πρόβλημα Β'

Απαντήσεις	Ηλικία 12 (n=97)		Ηλικία 14 (n=109)	
	Σχ. Συχν.	%	Σχ. Συχν.	%
Δ: Πλήρης παρανόηση	67	69,1	53	48,6
Γ: Μερική κατανόηση με παρανόηση	14	14,4	27	24,8
Β: Μερική κατανόηση	2	2,0	5	4,6
Α: Πλήρης κατανόηση	-	-	1	0,9
Ε: Καμία απάντηση	14	14,4	23	21,1

Β. Μερική κατανόηση. Οι απαντήσεις που έδειχναν μερική κατανόηση της έννοιας χαρακτηρίζονται από το ότι ο μαθητής αναφέρει τουλάχιστον ένα, αλλά όχι όλα τα στοιχεία της έγκυρης απάντησης που αντιπροσωπεύει την πλήρη κατανόηση του θέματος.

Γ. Μερική κατανόηση με παρανοήσεις. Σε αυτή την κατηγορία των απαντήσεων υπήρχε κάποια κατανόηση της έννοιας, αλλά υπήρχε επίσης και κάποια πρόταση που έδειχνε μια παρανόηση του θέματος. Ακόμη μερικές απαντήσεις ανέφεραν όλα τα στοιχεία της έγκυρης απάντησης αλλά περιείχαν επίσης και πληροφορίες που έδειχναν παρανόηση της έννοιας.

Δ. Πλήρης παρανόηση. Δεν υπήρχε κανένα στοιχείο της έγκυρης απάντησης για πλήρη κατανόηση. Γινόταν μια προσπάθεια να εξηγήσουν το θέμα όμως αυτές οι εξηγήσεις ήταν παρανοήσεις και όχι οι απόψεις

που έχουν οι επιστήμονες και παρουσιάζονται στα βιβλία.

Ε. Καμία απάντηση. Αυτές οι απαντήσεις περιείχαν ένα από τα παρακάτω: Ο μαθητής απλώς επαναλάμβανε την ερώτηση. Ο μαθητής έδινε μια άσχετη απάντηση. Ο μαθητής απαντούσε "δεν ξέρω" ή δεν δινόταν καμιά απάντηση.

Δεδομένης της απουσίας του όποιου σχετικού εργαστηρίου, περιμέναμε εξ αρχής λίγες απαντήσεις Α και λίγο περισσότερες Β. Τα αποτελέσματά μας, που αναφέρονται στον Πίνακα 4, δείχνουν μια εντελώς απογοητευτική εικόνα. Από τον Πίνακα 4 φαίνεται ότι κανένα παιδί στην Α΄ Γυμνασίου και μόνο ένα παιδί στη Γ΄ Γυμνασίου κατανοεί πλήρως το θέμα της φωτοσύνθεσης. Η Γ΄ τάξη φαίνεται να έχει αντιληφθεί καλύτερα την έννοια αφού οι απαντήσεις Β και Γ ανεβαίνουν σε σχέση με την Α΄ τάξη. Πλήρης παρανόηση σε ποσοστό 69,1 % στην Α΄ Γυμνασίου που πέφτει στο 48,6 στη Γ΄. Αρκετά μεγάλο είναι και το ποσοστό των παιδιών που δεν απαντούν ή δίνουν άσχετες απαντήσεις. Στα είδη των λανθασμένων απαντήσεων που δίνουν ανιχνεύεται κυρίως η ιδέα ότι όσο βάρος παίρνει το φυτό τόσο χάνει το χρώμα, η ίδια δηλ. ιδέα που ανιχνεύεται και με τις ερωτήσεις του Α΄ μέρους.

Η συσχέτιση απαντήσεων στο Α΄ και Β΄ μέρος μας δίνει μια πληρέστερη εικόνα για το βαθμό κατανόησης της έννοιας της φωτοσύνθεσης (τουλάχιστον για τα παιδιά της Α΄ και Γ΄ γυμνασίου που είχαν τον ίδιο καθηγητή). Η συσχέτιση των σωστών δ→γ του Α΄ μέρους με το είδος των απαντήσεων στο Β΄ μέρος φαίνεται στον Πίνακα 5 και είναι απογοητευτική επίσης, και δεν χρειάζεται σχόλια.

Πίνακας 5 Αντιστοιχίσεις σωστών απαντήσεων Α΄ μέρους (δ→γ) με απαντήσεις Β΄ μέρους

Απαντήσεις	Ηλικία 12 (n=31)*		Ηλικία 14 (n=44)*	
	Σχ. Συχν.	%	Σχ. Συχν.	%
Δ: Πλήρης παρανόηση	19	61,3	11	25,0
Γ: Μερική κατανόηση με παρανόηση	6	19,4	17	38,6
Β: Μερική κατανόηση	2	6,5	4	9,1
Α: Πλήρης παρανόηση	-	-	1	2,3
Ε: Καμία απάντηση	4	12,9	11	25,0

* = ο αριθμός των μαθητών που έδωσαν το σωστό συνδυασμό απαντήσεων στο Α΄ μέρος

Συζήτηση

Κοινές παρανοήσεις σε διαφορετικές ηλικίες και διδακτικά βιβλία

Σε όλες τις εξετασθείσες ηλικίες η κύρια παρανόηση που εντοπίστηκε αφορά την αυτότροφη φύση των φυτών. Έτσι, η τροφή των φυτών θεωρείται ότι είναι τα θρεπτικά συστατικά που ένα φυτό παίρνει από το περιβάλλον και πρωτίστως τα συστατικά του εδάφους, δευτερευόντως το νερό και στο τέλος ο αέρας. Η ίδια αυτή παρανόηση έχει ανιχνευθεί και σε άλλες χώρες και φαίνεται ότι έχει βαθιές ρίζες και είναι ιδιαίτερα ανθεκτική στη διδασκαλία (Smith and Anderson 1984, Bell, 1985, Barker and Carr, 1989a, Eisen and Stavvy, 1988). Η σταθερή εμφάνιση της ίδιας παρανόησης σχετικά με τη θρέψη των φυτών σε πολλές χώρες και μετά την πάροδο χρόνων διδασκαλίας, δείχνει ότι αυτή η παρανόηση βασίζεται πιθανόν σε μια απλοϊκή θεωρία που τα παιδιά έχουν οικοδομήσει νωρίτερα. Υποθέτουμε ότι αυτή η παρανόηση είναι διαισθητική και βασίζεται στον ανιμιστικό και ανθρωπομορφικό τρόπο σκέψης, που συναντάται στα μικρά παιδιά αλλά παραμένει και σε μεγαλύτερες ηλικίες, όπως πιστεύουν και οι Watts and Bentley (1994). Η εμπειρία από τα ζώα και τον άνθρωπο οδηγεί τα παιδιά στη γενίκευση και στο σχηματισμό μιας απλοϊκής θεωρίας που υποστηρίζει ότι ένας οργανισμός παίρνει την τροφή του από το περιβάλλον. Εφαρμόζοντας αυτή τη θεωρία και στα φυτά οδηγούνται στην ιδέα ότι το φυτό "ρουφάει" την τροφή με τις ρίζες του (στις εικόνες των βιβλίων άλλωστε το νερό ανεβαίνει τους σωλήνες κουβαλώντας τα συστατικά του εδάφους). Ακόμη θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι ο όρος "στόματα", για τις δομές του φύλλου μέσα από τις οποίες γίνεται η ανταλλαγή αερίων του φυτού, ενισχύει ίσως αυτήν την αντίληψη ενός φυτού που παίρνει την τροφή του μέσω των στομάτων. Ο όρος "στόματα" (stomata) είναι διεθνής, αλλά προφανώς δεν σημαίνει τίποτε για όσους αγνοούν τη σημασία της λέξης στα ελληνικά.

Η συχνότητα αυτής της παρανόησης είναι μεγαλύτερη στην Α΄ Γυμνασίου και όχι όπως θα περίμενε κανείς στην Ε΄ Δημοτικού. Ακόμη από το συνδυασμό των απαντήσεων στην 1η και 2η ερώτηση προκύπτει ότι το Δημοτικό δίνει καλύτερα αποτελέσματα από το Γυμνάσιο, ενώ μέσα στο Γυμνάσιο παρατηρείται μια αύξηση των σωιστών απαντήσεων με την ηλικία. Αυτό είναι πιθανόν αποτέλεσμα της έμφασης που δίνεται στην οικολογική πλευρά της φωτοσύνθεσης στο βιβλίο του Δημοτικού, κάτι που δεν συμβαίνει στα βιβλία της Α΄ και Γ΄ Γυμνασίου. Άλλωστε το Α΄ μέρος

του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την έρευνα εστιάζεται στην οικολογική πλευρά του θέματος. Επιπλέον στο βιβλίο της Α΄ Γυμνασίου περισσότερο και λιγότερο σε αυτό της Ε΄ Δημοτικού η παρανόηση αυτή ενισχύεται στο σχετικό κείμενο (βλ. σελ. 8 του άρθρου). Πάντως η παρακολούθηση των ίδιων παιδιών στην πορεία τους από το Δημοτικό στο Γυμνάσιο θα έδινε ίσως μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για τον τρόπο ανάπτυξης των νοητικών αναπαραστάσεων των παιδιών για το θέμα αυτό.

Η έννοια της τροφής είναι μια άλλη αιτία σύγχυσης, επειδή ο ορισμός της τροφής, ως μόρια που παράγουν ενέργεια, δεν είναι σαφής στα σχολικά βιβλία και/ή δεν τονίζεται από το δάσκαλο. Μερικές φορές τα άλατα μεταλλικών στοιχείων και οι βιταμίνες θεωρούνται επίσης ως τροφή (Barker, 1985). Ο ορισμός της τροφής θα πρέπει να προηγείται του μαθήματος της φωτοσύνθεσης, και αυτός ο ορισμός θα πρέπει να δίνει έμφαση στο ότι τα μόρια της τροφής δίνουν ενέργεια και δομικά στοιχεία για την παραγωγή των δομικών υλικών ενός οργανισμού (αυτό γίνεται συνήθως στο κεφάλαιο της αναπνοής που ακολουθεί τη φωτοσύνθεση).

Ο σημαντικός ρόλος της φωτοσύνθεσης στην πρωτογενή παραγωγή οργανικής ύλης και στην ενσωμάτωση του C του CO₂ σε οργανικές ενώσεις, πρέπει να τονίζεται στο σημείο αυτό στα βιβλία (Eisen and Stavy, 1992). Θα μπορούσε ακόμη να τονίζεται η σύνδεση γλυκόζης με την κυτταρίνη (ξύλο), το πιο κοινό φυτικό υλικό, όπως έχει προταθεί από τους Barker και Carr (1989β) και όχι μόνο η σύνδεση γλυκόζης - αμύλου που γίνεται. Άλλωστε το άμυλο είναι αποθεματικό υλικό και η κυτταρίνη δομικό υλικό του φυτού.

Κατανόηση της όλης διαδικασίας της φωτοσύνθεσης

Τα αποτελέσματα του Β΄ μέρους του ερωτηματολογίου δείχνουν μη κατανόηση από την Α΄ τάξη. Όσον αφορά τη Γ΄ τάξη υπάρχει ένα μόνο παιδί με πλήρη κατανόηση και πολύ λίγα παιδιά με μερική κατανόηση. Πιθανές αιτίες αυτής της κατάστασης μπορεί να είναι ο τρόπος παρουσίασης του θέματος στα βιβλία (που ήδη σχολιάσθηκε), ο τρόπος διδασκαλίας (χωρίς σχετικό πείραμα) και το επίπεδο των παιδιών (συγκεκριμένη ή τυπική σκέψη). Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τα παιδιά μάλλον βρίσκονται στο επίπεδο της συγκεκριμένης σκέψης αν και θα περίμενε κανείς τα παιδιά της Γ΄ τάξης, που είναι στο μέσον της εφη-

βικής ηλικίας, να έχουν αναπτύξει τυπική σκέψη. Ο τρόπος όμως διεξαγωγής αυτής της έρευνας δεν μας επιτρέπει να ισχυρισθούμε κάτι τέτοιο με βεβαιότητα. Μπορούμε όμως να αντιληφθούμε ότι η έλλειψη κάποιου πειράματος είναι σημαντικός ανασταλτικός παράγοντας για την κατανόηση της φωτοσύνθεσης, αφού όπως αναφέρθηκε στη σελ. 12, τα παιδιά με συγκεκριμένη σκέψη μπορούν να συνδυάσουν στοιχεία και μεταβλητές, που εμπίπτουν στην άμεση εμπειρία τους.

Συμπερασματικά και με βάση τα προαναφερθέντα θα μπορούσαμε να προτείνουμε στα κεφάλαια που αφορούν το θέμα της φωτοσύνθεσης να λαμβάνεται υπόψη η προαναφερθείσα ανθεκτική παρανόηση και να παρουσιάζεται το θέμα της φωτοσύνθεσης στο κατάλληλο για κάθε τάξη επίπεδο. Πρέπει να δηλώνεται σαφώς ότι το νερό μεταφέρει στο φυτό απειροελάχιστα ποσότητες διαλυτών αλάτων στοιχείων (άζωτο, φωσφόρο), αλλά αυτά δεν χρησιμοποιούνται στη φωτοσύνθεση. Τα στοιχεία αυτά χρησιμοποιούνται στην παραγωγή από το φυτό των πρωτεϊνών και νουκλεϊνικών οξέων και συντελούν στην ανάπτυξη του φυτού, χωρίς να είναι υπεύθυνα για την αύξηση σε βάρος του φυτού. Επιπροσθέτως πιστεύουμε ότι πρέπει να γίνει μια προσπάθεια οργάνωσης και αξιολόγησης πρακτικών ασκήσεων -κατάλληλων πειραμάτων- που να καλύπτουν όλες τις πλευρές της φωτοσύνθεσης (Ζόγκζα, 1998), και να χρησιμοποιούν τις ιδέες των παιδιών ως βάση εκκίνησης (Barker et al, 1989a, 1989b).

Βιβλιογραφία

Abimbola, Isaak Olakanmi and Baba, Salihu. "Misconceptions and alternative conceptions in science textbooks: The role of teachers as filters", *The American Biology Teacher* 58 (1) (1996) p.p. 14-19.

Barker, Miles and Carr, Malcolm "Teaching and learning about: photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge", *International Journal of Science Education* 11 (1) (1989α) p.p. 49-56.

Barker, Miles and Carr Malcolm: "Teaching and learning about: photosynthesis. Part 2: A generative learning strategy", *International Journal of Science Education* 11(2) (1989β) p.p. 141-152.

Barrass, Robert. "Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology", *Journal of Biological Education* 18 (3) (1984) p.p. 201-205. Bell.

Beverly, "Students ideas about plant nutrition", *Journal of Biological Education* 19 (3)

(1985) p.p. 213-218.

Cho, HHee-Hyung, Kahle, Jane Butler and Nordland Floyd H. "An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics", *Journal of Research in Science Teaching* 69 (5) (1985) p.p. 707-719.

Eisen, Y. and Stavy, R. "Students' understanding of photosynthesis", *American Biology Teacher* 50 (4) (1988) p.p. 208-212.

Eisen, Y. and Stavy, R. "Material cycles in nature: A new approach to teaching photosynthesis in junior high school", *American Biology Teacher* 5 (6) (1992) p.p. 339-342.

Enger Eldon D. et al. *Concepts in Biology*.- 7th ed.-Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Publishers, 1994.-

Gottfried Sandra S. *Biology Today*.- St. Louis: Mosby- Year Book, Inc., 1993.-

Lawson Anton E. and Renner J.W. "The relationship of science subject matter and development levels of learners", *Journal of research in science teaching* 12(4) (1975) p.p.347-358.

Mayer, William V. "Biology education in the United States during the Twentieth century", *The Quarterly Review of Biology* 61 (4) (1986) p.p. 481-507.

Morton, A.G. *History of botanical science*.- London: Academic Press, 1981.-

Muus, R.E. *Theories of Adolescence*.- New York: Random House, Inc., 1982.-

Raven, P.H. et al. *Biology of Plants*.- 4th ed.- New York: Worth, 1986.-

Simpson William D. and Marek A. Edmund. "Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools", *Journal of Research in Science Teaching* 25 (5) (1988) p.p. 361-374.

Sinnot Edmund W. and Wilson Catherine S. *Botany: Principles and Problems*.- McGraw-Hill Book Co. Inc. 1963.-

Smith, Edward L. and Anderson, Charles W. "Plants as producers: A case study of elementary science teaching", *Journal of Research in Science Teaching* 21 (7) (1984) p.p. 685-698.

Solomon, Joan. *Teaching Children in the Laboratory*.- London: Croom Helm, 1980.-

Tamir Pinchas. "Some issues related to the use of justifications to multiple- choice answers", *Journal of Biological Education* 23(4) (1989) p.p. 285-292.

Waheed, Talaat and Lucas, A. M. "Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14+", *Journal of Biological Education* 26 (3) (1992) p.p.193-199.

Watts, Mike and Bentley,Di. "Humanizing and feminizing school science: reviving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education", *International Journal of Science Education* 16 (1) (1994) p.p. 83-87.

Zogza, V. "Biological Education in Greece: the presentation of biological concepts in the textbooks of primary and junior secondary education in Greece". Proceedings of the UNESCO conference on textbooks, Thessaloniki, 1996.-

Βότσης, Π.Γ., Τσώνου-Πολλάτου, Μ. *Βοτανική - Ζωολογία Α΄ Γυμνασίου του Οργανισμού Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων*.

Γκελπή-Δούνα, Ε., Παπαργιάς, Θ.Α., Αργίρης, Ι. *Βιολογία 1΄ Γυμνασίου, του*

Οργανισμού Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.

Δασκαλάκης, Δ., Ζηριδής, Μ., Θεοδοσιάδης, Α., Κώνστας, Κ., Λυμπεροπούλου, Στ. Σπηλιώτης, Μ. *Ερευνά το φυσικό κόσμο, Α' Μέρος*, Διδακτικό βιβλίο Ε' Δημοτικού, του Οργανισμού Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.

Abstract

The conceptions of children 10-14 years of age regarding the subject of plant nutrition and photosynthesis have been elicited by a questionnaire survey addressed to 310 students of Ε' grade primary and Α' and C' grade of junior high school. The determination of the conceptions and misconceptions was conducted by two techniques, a multiple choice test and the solution of a problem concerning photosynthesis, the results of which were compared. Our findings show that very few students understand the whole procedure of photosynthesis and its role in plant food production. The main misconception we found is that plants obtain their food from the soil. The possible influence of the textbooks on the development of relevant misconceptions is also discussed.

Παράρτημα

Όνομα (μόνο το μικρό):

Επάγγελμα πατέρα:

Επάγγελμα μητέρας:

Μόρφωση πατέρα:

Μόρφωση μητέρας:

Μέρος Α

1. Ποια είναι η τροφή των φυτών; Υπογραμμίστε την καλύτερη απάντηση (μια μόνο).

(α) το νερό, (β) τα συστατικά του εδάφους, (γ) το διοξείδιο του άνθρακα, (δ) η γλυκόζη (ζάχαρα), (ε) το οξυγόνο.

Εξηγείστε γιατί θεωρείτε καλή την απάντηση που υπογραμμίσατε:

2. Από πού προέρχεται η τροφή των φυτών; Υπογραμμίστε την καλύτερη απάντηση (μια μόνο).

(α) από τα συστατικά του εδάφους, (β) από τα συστατικά του αέρα, (γ) τη φτιάχνουν μόνα τους, (δ) από τα συστατικά του νερού.

Εξηγείστε γιατί θεωρείτε καλή την απάντηση που υπογραμμίσατε:

Όνομα (μόνο το μικρό)

Μέρος Β΄

Φυτεύουμε ένα φυτό που ζυγίζει 100 γραμμάρια σε μια γλάστρα γεμάτη με 1000 γραμμάρια χώμα χωρίς υγρασία. Το αφήνουμε να μεγαλώσει για έξι εβδομάδες. Στο διάστημα αυτό βάζουμε το φυτό σε θέση που να έχει ήλιο και αέρα. Το ποτίζουμε κάθε μέρα με την ίδια ποσότητα νερού πάντα.

Αφού περάσουν οι έξι εβδομάδες, ξεριζώνουμε προσεκτικά το φυτό, προσέχοντας να μη σπάσουμε τις ρίζες του. Ζυγίζουμε το φυτό και βρίσκουμε ότι το βάρος του τώρα είναι 230 γραμμάρια, δηλ. 130 γραμμάρια περισσότερο από τότε που το φυτέψαμε.

(α) Μπορείτε να μαντέψετε πόσο θα ζυγίζει το χώμα μετά το ξεριζώμα του φυτού;

(β) Γιατί και από τι αυξήθηκε το βάρος του φυτού κατά τη διάρκεια των έξι εβδομάδων;

Β. Ζύγκζα
Εργ. Πειρ. Ψυχολογίας και
Διδακτικής των Φυσ. Επιστημών
Τομέας Γνωστικής Ανάλυσης
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΡΙΟ, 26500 ΠΑΤΡΑ