

Η Ιστοριογραφική της Φωτοσύνθεσης

300 π.Χ. - 2012 μ.Χ.



1450

Nicholas of Cusa

Προτείνει (αλλά δεν εκτελεί ποτέ) ένα πείραμα στο οποίο ένα φυτό ζυγίζεται και στη συνέχεια φυτεύεται σε δοχείο που περιέχει ζυγισμένη ποσότητα χώματος. Μετά από μερικούς μήνες, τα τελικά βάρη του φυτού και του χώματος, και το συνολικό βάρος του νερού που χρησιμοποιήθηκε, συγκρίνονται με τις αρχικές τιμές. Επιχειρώ να δείξω ότι η μάζα του φυτού προέρχεται μόνο από το νερό.

1648

Jean Baptiste van Helmont

Εκτελεί το πείραμα που προτάθηκε από τον Nicholas of Cusa, σχεδόν 200 χρόνια νωρίτερα. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι αλόκληρη η μάζα του φυτού προήλθε από το νερό.

1671

Marcello Malpighi

Στα πράσινα φύλλα παράγεται η τροφή των φυτών.

1679

Edme Mariotte

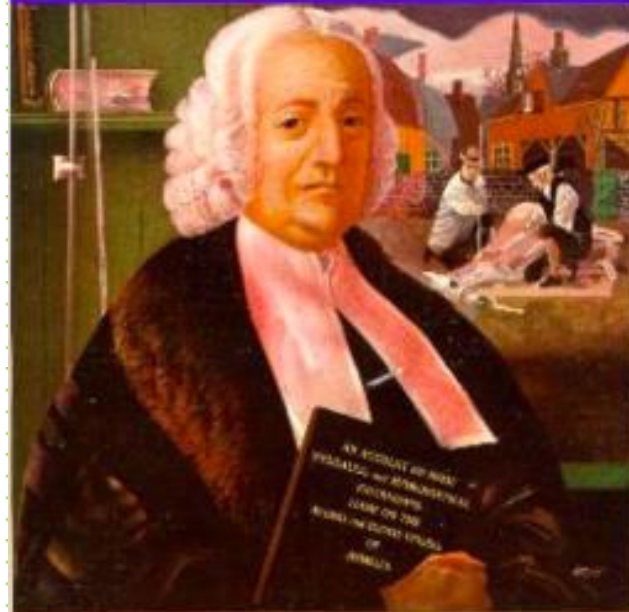
Τα φυτά αποκτούν μέρος της τροφής τους από την ατμόσφαιρα.

1699

John Woodward

Προσπαθεί να επιβεβαιώσει την υπόθεση του Van Helmont ότι στο νερό που καταναλώνουν τα φυτά οφείλεται η αύξηση της μάζας.

1727

Stephen Hales

Είναι "πολύ πιθανό" να παίρνει το φυτό τροφή από τον αέρα και ότι το φως μπορεί επίσης να εμπλέκεται.

1754

Charles Bonnet

Παρατηρεί εκπομπή φυσαλδών από φύλλο βυθισμένο στο νερό.

1771

Joseph Priestley

Τοποθέτησε ένα αναμμένο κερί σε ένα κλειστό γυάλινο δοχείο και παρατήρησε ότι έσβησε. Στη συνέχεια, τοποθέτησε στο δοχείο ένα μικρό φυτό, το άφησε μερικές μέρες και, ανάβοντας το κερί μέσα στο ίδιο δοχείο, παρατήρησε ότι έκαιγε. Συμπέρανε ότι τα φυτά απελευθερώνουν «αέριο που συντηρεί την καύση». Διαπίστωσε ότι ένα φυτό και ένα ζώο μπορούν να επιβιώσουν για μικρό χρονικό διάστημα μέσα στο ίδιο κλειστό γυάλινο δοχείο.

1774

Antoine Lavoisier

Ανακαλύπτει το στοιχείο που ονομάζει «αξυγόνα». Αναγνωρίζει ότι αυτό καταναλώνεται τόσο στην αναπνοή των ζώων όσο και στην καύση. Καταρρίπτει τη θεωρία του «phlogiston», υποθετικής ουσίας που έως τότε πίστευαν ότι εκπέμπεται κατά τη διάρκεια της αναπνοής ή της καύσης. Θεμελιώνει τη σύγχρονη Χημεία

1779

Jan Ingenhousz

Μόνο τα πράσινα μέρη φυτών απελευθερώνουν αξυγόνα. Αυτά συμβαίνει μόνο όταν φωτίζονται από το ηλιακό φως.

1782

Jean Senebier

Τα αζυγάνο που παράγουν τα φυτά προέρχεται από το διαζυμίδιο του άνθρακα που απορροφούν. Έως τα μέσα του 20ού αι., που εφαρμόστηκε η σήμανση των ατόμων, η λαγυκαφανής πράξη του ήταν αποδοκίμ.

1791

Comparetti

Παρατηρεί πράσινα κοκκία σε φυτικούς ιστούς, τα οποία αργότερα αναγνωρίστηκαν ως χλωροπλάστες.

1804

Nicolas de Saussure

Αποδεικνύει ότι ο άνθρακας που απορροφάται και προέρχεται από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα δεν μπορεί να αποδώσει πλήρως την αύξηση του βάρους ενός φυτού. Υποθέτει ότι το πρόσθετο βάρος προέρχεται από νερό.

1818

P. J. Pelletier, J. B. Caventou

Ονομάζουν "χλωροφύλλη" την πράσινη χρωστική των φυτών.

1837

Rene Dutrochet

Συνδέει τη χλωροφύλλη και την ικανότητα των φυτών να αφομακύνουν το διοξείδιο του άνθρακα. Αναγνωρίζει τα στόματα των φύλλων.

1842

Matthias Schleiden

Το μόρια του νερού διασπάζεται στη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.

1844

Hugo von Mohl

Κάνει λεπτομερείς παρατηρήσεις στη δομή των χλωροπλάστων.

1845

Julius Robert von Mayer

Ο ήλιος είναι η πηγή ενέργειας για τους ζωντανούς οργανισμούς . Η φωτοσύνθεση είναι μετατροπή φωτεινής ενέργειας σε χημική.

1862

Julius von Sachs

Εντοπίζει σε χλωροπλάστες σχηματισμό αμύλου εξαρτώμενο από το φως. Καταλήγει στην: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{φωτεινή ενέργεια} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

1864

Jean Baptiste Boussingault

Κάνει ακριβείς ποσοτικές μετρήσεις της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα και της παραγωγής οξυγόνου και εξάγει μια ισοσταθμισμένη εξίσωση για τη φωτοσύνθεση: $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{φωτεινή ενέργεια} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

1873

Emil Godlewski

Ο C προέρχεται από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα. Ο σχηματισμός αμύλου σε φωτισμένα φύλλα εξαρτάται από την παρουσία διοξειδίου του άνθρακα.

1883

Theodor Wilhelm Engelmann

Φωτίζει τμήματα ενός φύκου με μονοχρωματικές ακτινοβολίες. Διαπιστώνει ότι τα αερόβια βακτήρια που είχαν δυνατότητα κίνησης συγκεντρώνονταν σε εκείνη την περιοχή του νηματίου που φωτιζόταν από την ερυθρή ακτινοβολία. Διαπίστωσε στη συνέχεια ότι η συγκέντρωση του αεζυγόνου σ' αυτή την περιοχή ήταν μεγαλύτερη. Συμπέρανε ότι η ερυθρή ακτινοβολία ήταν πιο αποτελεσματική για τη φωτοσύνθεση από την μπλε ακτινοβολία

1883

Arthur Meyer

Περιγράφει τους κόκκους των χλωροπλάστων.

1883

Charles Barnes

Η διαδικασία με την οποία τα φωτισμένα πράσινα φυτά παράγουν ανθρακούχες ενώσεις καλείται είτε "φωτοσύνθεση" είτε "φωτοσύνθεση". Πρoημά το πρώτο, αλλά η "φωτοσύνθεση" υιοθετείται.

1905

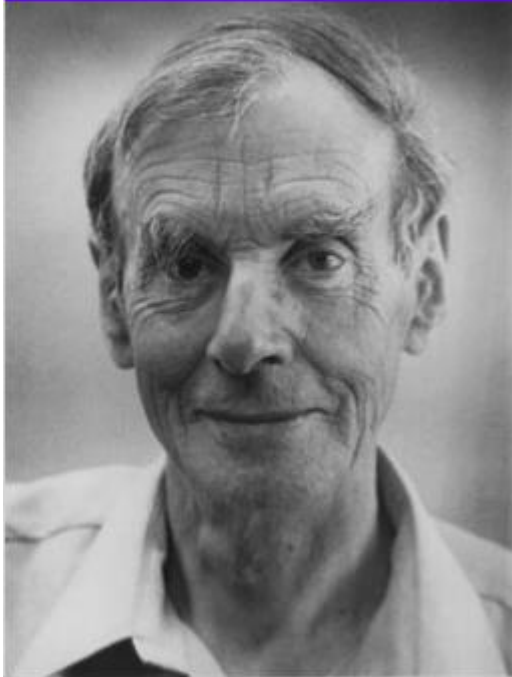
F. F. Blackman

1913

Richard Willstätter, Arthur Stoll

Δημοσιεύουν μελέτες σχετικά με τη δομή και τη χημεία της χλωροφύλλης. Στον Willstätter απονέμεται βραβείο Νόμπελ το 1915.

1837

Robert (Robin) Hill

Η απελευθέρωση οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση συμβαίνει μόνο παρουσία φωτός. Μπορεί να παραχθεί οξυγόνο ακόμα και αν δεν υπάρχει διαθέσιμο διοξείδιο του άνθρακα. Οι αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης που συμβαίνουν στο φως ονομάστηκαν "φωτεινές" ή "αντιδράσεις Hill".

1941

Samuel Ruben και Martin Kamen

Χρησιμοποιούν νερό εποσημασμένο με το βαρύ ισότοπο ^{18}O για να επιβεβαιώσουν ότι το οξυγόνο που παράγεται στη φωτοσύνθεση προέρχεται από το H_2O .

1941

Cornelis van Niel

Δείχνει ότι τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια που χρησιμοποιούν H_2S ως δότη ηλεκτρονίων παράγουν στοιχειακό S αντί για O_2 . Προτείνει κατ' αναλογία ότι το O_2 που απελευθερώνεται στη φυτική φωτοσύνθεση προέρχεται από το H_2O και όχι από το CO_2 .

1954

Daniel Arnon

Υπάρχει φωτο-εξαρτώμενος σχηματισμός ATP σε χλωροπλάστες. Χλωροπλάστες μπορούν να κάνουν πλήρη φωτοσύνθεση.

1956

Melvin Calvin και οι συνάδελφοί του

Με ραδιενεργά επισημασμένα $^{14}\text{C}\text{O}_2$ θα διαλευκανθεί η οδός αφομοίωσης C στη φωτοσύνθεση. Διερεύνηση της «σκοτεινής φάσης» της φωτοσύνθεσης. Οι σκοτεινές αντιδράσεις είναι κυκλική διαδικασία που ονομάστηκε "κύκλος του Calvin" και οδηγεί στη δέσμευση και αναγωγή του CO_2 . Βραβείο Νόμπελ το 1961

1957

Robert Emerson

Ανακαλύπτει ότι οι φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης αποτελούνται από δύο φωτοχημικά συστήματα

1960

Robin Hill & Fay Bendall

Μοντέλο "Z-scheme" για τις φωτοσυνθετικές αντιδράσεις φωτός.

1960

Robert Woodward

Συνθέσι χλωροφύλλη. Βραβείο Νόμπελ, 1965.

1981

Louis Duysens

Παρέχει στοιχεία για την υποστήριξη του "Z-scheme".

1968

Roderick Clayton

Απομονώνει τα κεντρικά σύμπλοκα των αντιδράσεων.

1970

Bessel Kok

Bessel Kok

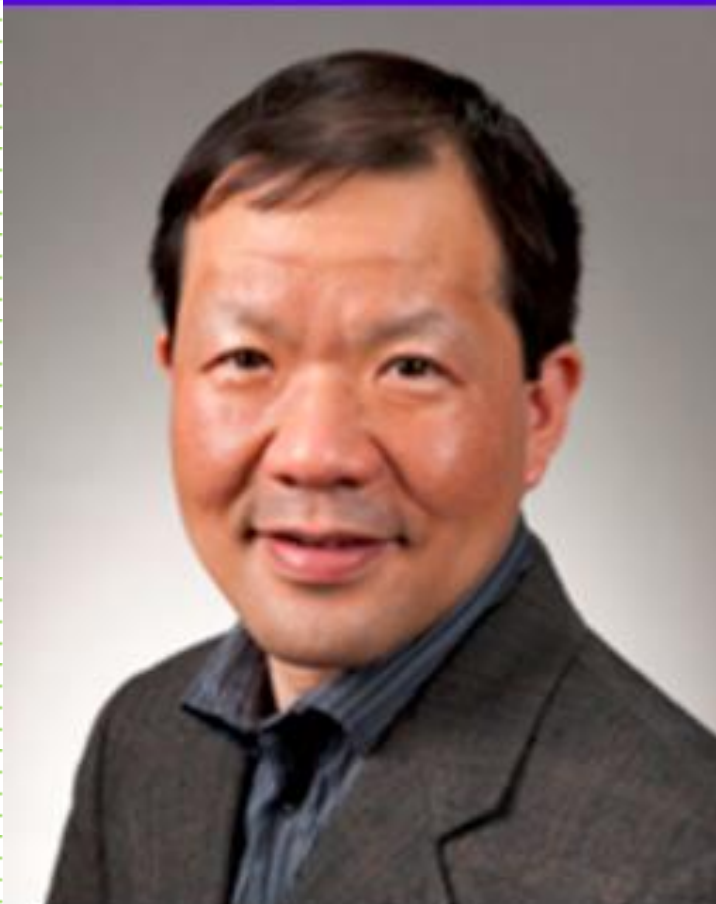
Προτείνει το μοντέλο "S-States" για να εξηγήσει την σταδιακή αξείδωση του H_2O και την απελευθέρωση του O_2 .

1984

Hans Deisenhofer, Hartmut Michel, Robert Huber

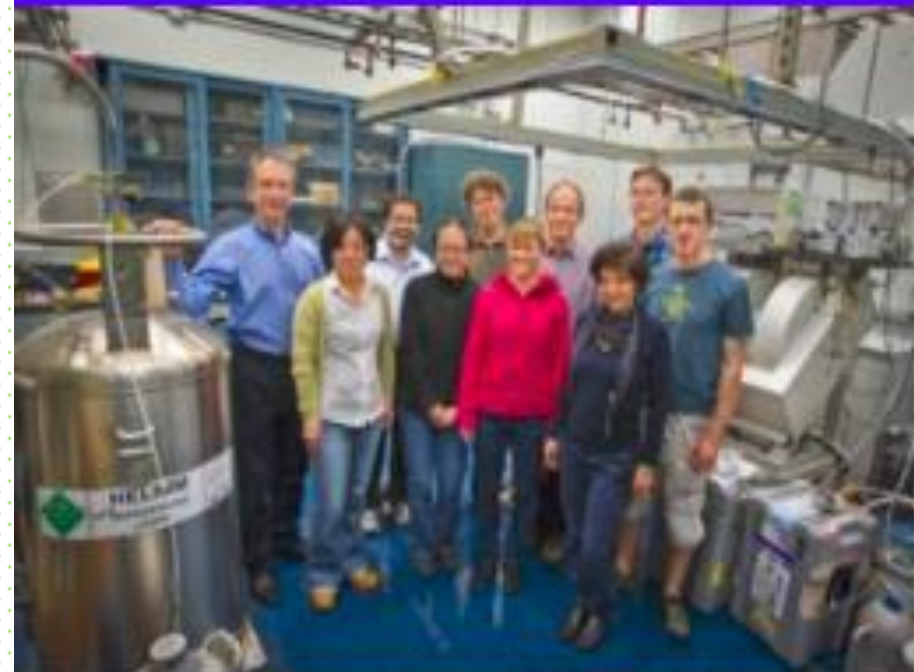
Κρυσταλλώνουν το κέντρο της φωτoσυνθετικής αντίδρασης από ένα παρφυρό βακτήριο και χρησιμοποιούν τεχνικές περίθλασης ακτίνων X για τον προσδιορισμό της λεπτομερούς δομής του. Βραβείο Νόμπελ, 1988.

2000

Koichi Kobayashi

Προσδιόρισε με ακρίβεια τον ρόλο της χλωροφύλλης στη φωτοσύνθεση.

2006

Junko Yano, Vittal Yachandra et.al

Καθορίζουν τη δομή του συμπλέγματος διαχωρισμού μαγγανίου-σβαστίου.

2012

David Tiede



Μελετά την επίδραση των φωτονίων στη φωτοσύνθεση.

Η έρευνα συνεχίζεται ...



Photosynthesis



-300 BCE

Αριστοτέλης

Τα φυτά, όπως και τα ζώα, απαιτούν τροφή.



-300 BCE

Θεόφραστος

Τα φυτά αποκτούν την τροφή τους μέσω των ριζών.



1450

Nicholas of Cusa

Προτείνει (αλλά δεν εκτελεί ποτέ) ένα πείραμα στο οποίο ένα φυτό ζυγίζεται και στη συνέχεια φυτεύεται σε δοχείο που περιέχει ζυγισμένη ποσότητα χώματος. Μετά από μερικούς μήνες, τα τελικά βάρη του φυτού και του χώματος, και το συνολικό βάρος του νερού που χρησιμοποιήθηκε, συγκρίνονται με τις αρχικές τιμές. Επιχειρεί να δείξει ότι η μάζα του φυτού προέρχεται μόνο από το νερό.



1648

Jean Baptiste van Helmont

Εκτελεί το πείραμα που προτάθηκε από τον Nicholas of Cusa, σχεδόν 200 χρόνια νωρίτερα. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ολόκληρη η μάζα του φυτού προήλθε από το νερό.



1671

Marcello Malpighi

Στα πράσινα φύλλα παράγεται η τροφή των φυτών.



1679

Edme Mariotte

Τα φυτά αποκτούν μέρος της τροφής τους από την ατμόσφαιρα.



1699

John Woodward

Προσπαθεί να επιβεβαιώσει την υπόθεση του Van Helmont ότι στο νερό που καταναλώνουν τα φυτά οφείλεται η αύξηση της μάζας.



1727

Stephen Hales

Είναι "πολύ πιθανό" να παίρνει το φυτό τροφή από τον αέρα και ότι το φως μπορεί επίσης να εμπλέκεται.



1754

Charles Bonnet

Παρατηρεί εκπομπή φυσαλίδων από φύλλο βυθισμένο στο νερό.



1771

Joseph Priestley

Τοποθέτησε ένα αναμμένο κερί σε ένα κλειστό γυάλινο δοχείο και παρατήρησε ότι έσβησε. Στη συνέχεια, τοποθέτησε στο δοχείο ένα μικρό φυτό, το άφησε μερικές μέρες και, ανάβοντας το κερί μέσα στο ίδιο δοχείο, παρατήρησε ότι έκαιγε. Συμπέρανε ότι τα φυτά απελευθερώνουν «αέριο που συντηρεί την καύση». Διαπίστωσε ότι ένα φυτό και ένα ζώο μπορούν να επιβιώσουν για μικρό χρονικό διάστημα μέσα στο ίδιο κλειστό γυάλινο δοχείο.



1774

Antoine Lavoisier

Ανακαλύπτει το στοιχείο που ονομάζει «οξυγόνο». Αναγνωρίζει ότι αυτό καταναλώνεται τόσο στην αναπνοή των ζώων όσο και στην καύση. Καταρρίπτει τη θεωρία του «phlogiston», υποθετικής ουσίας που έως τότε πίστευαν ότι εκπέμπεται κατά τη διάρκεια της αναπνοής ή της καύσης. Θεμελιώνει τη σύγχρονη Χημεία



1779

Jan Ingenhousz

Μόνο τα πράσινα μέρη φυτών απελευθερώνουν οξυγόνο . Αυτό συμβαίνει μόνο όταν φωτίζονται από το ηλιακό φως.



1782

Jean Senebier

Το οξυγόνο που παράγουν τα φυτά προέρχεται από το διοξείδιο του άνθρακα που απορροφούν. Έως τα μισά του 20ού αι., που εφαρμόστηκε η σήμανση των ατόμων, η λογικοφανής πρότασή του ήταν αποδεκτή.



1791

Comparetti

Παρατηρεί πράσινα κοκκία σε φυτικούς ιστούς, τα οποία αργότερα αναγνωρίστηκαν ως χλωροπλάστες.



1804

Nicolas de Saussure

Αποδεικνύει ότι ο άνθρακας που απορροφάται και προέρχεται από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα δεν μπορεί να αποδώσει πλήρως την αύξηση του βάρους ενός φυτού. Υποθέτει ότι το πρόσθετο βάρος προέρχεται από νερό.



1818

P. J. Pelletier, J. B. Caventou

Ονομάζουν "χλωροφύλλη" την πράσινη χρωστική των φυτών.



1837

Rene Dutrochet

Συνδέει τη χλωροφύλλη και την ικανότητα των φυτών να αφομοιώνουν το διοξείδιο του άνθρακα. Αναγνωρίζει τα στόματα των φύλλων.



1842

Matthias Schleiden

Το μόριο του νερού διασπάται στη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.



1844

Hugo von Mohl

Κάνει λεπτομερείς παρατηρήσεις στη δομή των χλωροπλάστων.



1845

Julius Robert von Mayer

Ο ήλιος είναι η πηγή ενέργειας για τους ζωντανούς οργανισμούς . Η φωτοσύνθεση είναι μετατροπή φωτεινής ενέργειας σε χημική.



1862

Julius von Sachs

Εντοπίζει σε χλωροπλάστες σχηματισμό αμύλου εξαρτώμενο από το φως. Καταλήγει στην: $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{φωτεινή ενέργεια} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

1864



Jean Baptiste Boussingault

Κάνει ακριβείς ποσοτικές μετρήσεις της πρόσληψης διοξειδίου του άνθρακα και της παραγωγής οξυγόνου και εξάγει μια ισοσταθμισμένη εξίσωση για τη φωτοσύνθεση: $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} + \text{φωτεινή ενέργεια} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

1873



Emil Godlewski

Ο C προέρχεται από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα. Ο σχηματισμός αμύλου σε φωτισμένα φύλλα εξαρτάται από την παρουσία διοξειδίου του άνθρακα.

1883



Theodor Wilhelm Engelmann

Φωτίζει τμήματα ενός φύλλου με μονοχρωματικές ακτινοβολίες. Διαπιστώνει ότι τα αερόβια βακτήρια που είχαν δυνατότητα κίνησης συγκεντρώνονταν σε εκείνη την περιοχή του νηματίου που φωτιζόταν από την ερυθρή ακτινοβολία. Διαπίστωσε στη συνέχεια ότι η συγκέντρωση του οξυγόνου σ' αυτή την περιοχή ήταν μεγαλύτερη. Συμπεράνει ότι η ερυθρή ακτινοβολία ήταν πιο αποτελεσματική για τη φωτοσύνθεση από την μπλε ακτινοβολία

1883



Arthur Meyer

Περιγράφει τους κόκκους των χλωροπλάστων.

1893



Charles Barnes

Η διαδικασία με την οποία τα φωτισμένα πράσινα φυτά παράγουν ανθρακούχες ενώσεις καλείται είτε "φωτοσύνταξη" είτε "φωτοσύνθεση". Προτιμά το πρώτο, αλλά η "φωτοσύνθεση" υιοθετείται.

1905



F. F. Blackman

1913



Richard Willstatter, Arthur Stoll

Δημοσιεύουν μελέτες σχετικά με τη δομή και τη χημεία της χλωροφύλλης. Στον Willstatter απονέμεται βραβείο Νόμπελ το 1915.

1937



Robert (Robin) Hill

Η απελευθέρωση οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση συμβαίνει μόνο παρουσία φωτός. Μπορεί να παραχθεί οξυγόνο ακόμα και αν δεν υπάρχει διαθέσιμο διοξείδιο του άνθρακα. Οι αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης που συμβαίνουν στο φως ονομάστηκαν "φωτεινές" ή "αντιδράσεις Hill".

1941



Cornelis van Niel

Δείχνει ότι τα φωτοσυνθετικά βακτηρίδια που χρησιμοποιούν H_2S ως δότη ηλεκτρονίων παράγουν στοιχειακό S αντί για O_2 . Προτείνει κατ'αναλογία ότι το O_2 που απελευθερώνεται στη φυτική φωτοσύνθεση προέρχεται από το H_2O και όχι από το CO_2 .

1941



Samuel Ruben και Martin Kamen

Χρησιμοποιούν νερό επισημασμένο με το βαρύ ισότοπο ^{18}O για να επιβεβαιώσουν ότι το οξυγόνο που παράγεται στη φωτοσύνθεση προέρχεται από το H_2O .

1954



Daniel Arnon



Υπάρχει φωτο-εξαρτώμενος σχηματισμός ATP σε χλωροπλάστες.
Χλωροπλάστες μπορούν να κάνουν πλήρη φωτοσύνθεση.

1956

● Melvin Calvin και οι συνάδελφοί του

Με ραδιενεργά επισημασμένο $^{14}\text{CO}_2$ θα διαλευκανθεί η οδός αφο-μοίωσης C στη φωτοσύνθεση. Διερεύνηση της «σκοτεινής φάσης» της φωτοσύνθεσης: Οι σκοτεινές αντιδράσεις είναι κυκλική διαδικασία που ονομάστηκε "κύκλος του Calvin" και οδηγεί στη δέσμευση και αναγωγή του CO_2 . Βραβείο Νόμπελ το 1961



1957

● Robert Emerson

Ανακαλύπτει ότι οι φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης αποτελούνται από δύο φωτοχημικά συστήματα



1960

● Robert Woodward

Συνθέτει χλωροφύλλη. Βραβείο Νόμπελ, 1965.



1960

● Robin Hill & Fay Bendall

Μοντέλο "Z-scheme" για τις φωτοσυνθετικές αντιδράσεις φωτός.



1961

● Louis Duysens

Παρέχει στοιχεία για την υποστήριξη του "Z-scheme".



1968

● Roderick Clayton

Απομονώνει τα κεντρικά σύμπλοκα των αντιδράσεων.



1970

● Bessel Kok

Προτείνει το μοντέλο "S-States" για να εξηγήσει την σταδιακή οξειδωση του H_2O και την απελευθέρωση του O_2 .



1984

● Hans Deisenhofer, Hartmut Michel, Robert Huber

Κρυσταλλώνουν το κέντρο της φωτοσυνθετικής αντίδρασης από ένα πορφυρό βακτήριο και χρησιμοποιούν τεχνικές περίθλασης ακτίνων X για τον προσδιορισμό της λεπτομερούς δομής του. Βραβείο Νόμπελ, 1988.



2000

● Koichi Kobayashi

Προσδιόρισε με ακρίβεια τον ρόλο της χλωροφύλλης στη φωτοσύνθεση.



2006

● Junko Yano, Vittal Yachandra et.al

Καθορίζουν τη δομή του συμπλέγματος διαχωρισμού μαγγανίου-ασβεστίου.



2012

● David Tiede

Μελετά την επίδραση των φωτονίων στη φωτοσύνθεση.

