Q. Give an account of Hatch and Slake pathway (C_4 cycle) in photosynthesis. What are the differences between C_3 and C_4 cycle.

Ans → कुछ पौधों में normal calvin cycle के अतिरिक्त एक दूसरा pathway भी पाया जाता है जिसे M.D. Hatch and C.R. Slack (1966) ने कुछ monocots, eg- sugarcane, corn, sorghum, Zea mays, Panicum maximum, Atriplex spongiosa, Cyperus rotundus, Amaranthus आदि में खोज किया। Tulipa gesneriana और Commelina communis के epidermal guard cells में भी C_4 cycle पाया जाता है। इस प्रकार यह cycle न केवल Gnaminae member बल्कि कुछ Cyperaceae एवं कुछ dicots जैसे - Amaranthaceae, Euphorbiaceae, chenopodiaceae इत्यादि में भी पाए जाते हैं। Carbon fixation के इस alternate pathway को Hatch & Slake cycle अथवा C_4 cycle के नाम से भी जाना जाता है। इस चक्र में CO_2, Phosphoenolpyruvic acid (PEP) द्वारा accept किया जाता है तथा पहला स्थायी पदार्थ 4c - compound (oxaloacetate या malate) होता है। इसी कारण इसे C_4 cycle तथा इन पौधों को C_4 plant के नाम से जाना जाता है। C_4 plants में C_4 cycle के अलावा calvin cycle भी पाया जाता है। इन पौधों में CO_2 fixation, high light intensities एवं low CO_2 concen. में भी होता रहता है और इन्हें efficient group of plants कहते हैं। ये पौधे जल की कम मात्रा में भी जीवन व्यतीत कर सकते हैं।

• or Co-operative photosynthesis or Di-carboxylic acid cycle

C_4 Cycle →

M.D. Hatch एवं C.R. Slack (1966) ने sugarcane पर शोध करते हुए पाया कि Photosynthesis में सबसे पहला stable product 4-c compound है। उन्होंने कुछ पौधों में C_3 Cycle के अतिरिक्त CO_2 fixation के एक alternate path way की पुष्टि की जिसमें 4c-comp. सबसे पहला stable product के रूप में होता है। efficient group of plants के पौधे प्राय: tropical तथा subtropical zone में xerophytic condition में पाये जाते हैं। C_4 plant के पत्ती में karanzanatomy पाया जाता है जिसमें mesophyll tissues, vascular bundles के चारों ओर concentric arrangement में लगे होते हैं।

Bundle sheath तथा mesophyll cells दोनों में chloroplast पाया जाता है। Mesophyll cells में grana काफी

8688

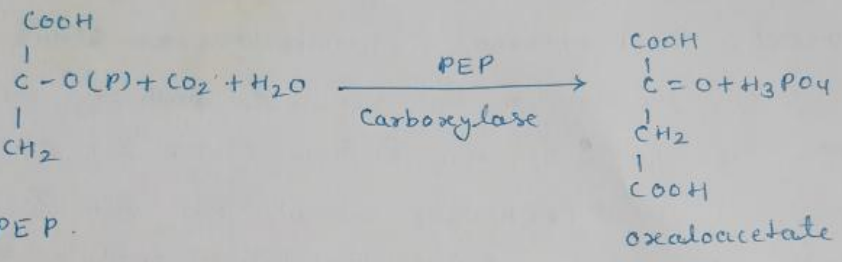
विकसित होता है लेकिन bundle sheath chloroplast में grana सकता है और नहीं भी। C_4 plants में CO_2 acceptor, Phosphoe-pyruvate (PEP) होता है। साथ ही इन पौधों में C_4 cycle के अलावा Calvin cycle भी काफी विकसित होता है। ऐसी धारणा है कि इस cycle में mesophyll तथा bundle sheath दोनों chloroplast भाग लेते हैं। Hatch and Slack cycle के मुख्य steps इस प्रकार हैं →

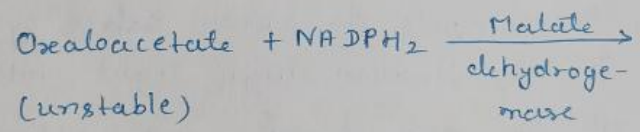
(i) CO_2, Phosphoenolpyruvate (PEP) से PEP Carboxylase enzyme की उपस्थिति में संयुक्त होकर oxaloacetate (4C) का निर्माण करता है।

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ C-O(P) \\ | \\ CH_2 \end{array} + CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{Carboxylase}]{\text{PEP}} \begin{array}{l} COOH \\ | \\ C=O \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array} + H_3PO_4$$

PEP. oxaloacetate

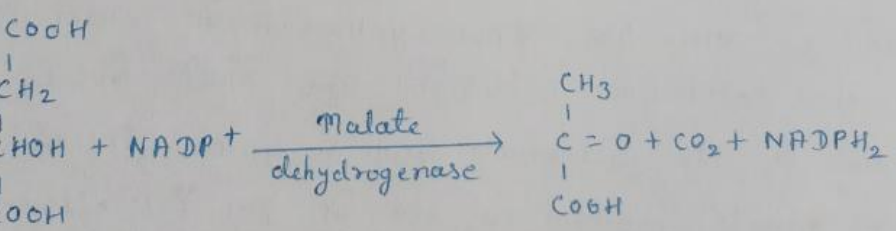
Oxaloacetate प्राय: malate या aspartate में परिणत हो जाते हैं।





$$\underset{\text{(unstable)}}{\text{Oxaloacetate}} + NADPH_2 \xrightarrow[\text{dehydrogenase}]{\text{Malate}} \underset{\text{(Stable)}}{\text{Malate}} + NADP$$

(ii) Malate या aspartate mesophyll cell से bundle sheath के chloroplast में चले जाते हैं और malate dehydrogenase की उपस्थिति में decarboxylate होकर Pyruvate तथा CO_2 का निर्माण करते हैं।



$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CHOH \\ | \\ COOH \end{array} + NADP^+ \xrightarrow[\text{dehydrogenase}]{\text{Malate}} \begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ C=O \\ | \\ COOH \end{array} + CO_2 + NADPH_2$$

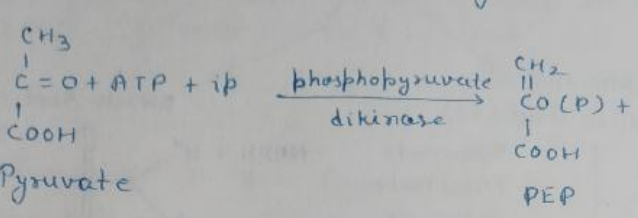
Malate

CO_2 PEP Carboxykinase के द्वारा oxaloacetate से सीधे रूप से भी प्राप्त किया जा सकता है।

(iii) उपर्युक्त क्रिया में निकला CO_2 ribulose-1,5 diphosphate (RuDP) द्वारा संयुक्त होकर Calvin cycle के चक्र को पूरा करता है तथा starch का निर्माण करता है।

करता है।

(iv) PEP. Phosphopyruvic dikinase द्वारा Pyruvic acid, से प्राप्त किया जाता है।



$$\underset{\text{Pyruvate}}{\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ C=O \\ | \\ COOH \end{matrix}} + ATP + ip \xrightarrow[\text{dikinase}]{\text{phosphopyruvate}} \underset{\text{PEP}}{\begin{matrix} CH_2 \\ \| \\ CO(P) \\ | \\ COOH \end{matrix}} + AMP + ipp.$$

कुछ grasses, जैसे - Bermuda grass एवं Pigweed में ऐसा मत है कि C_4 organic acid, RUDP से सीधे संयुक्त होकर 3, phosphoglyceraldehyde एवं pyruvate का निर्माण करता है क्योंकि इन grasses में malic enzyme तथा PEP carboxykinase नहीं पाये जाते हैं।

Chollet and Ogren (1975) ने C_4 Plants को तीन ग्रुपों में बाँटा है —

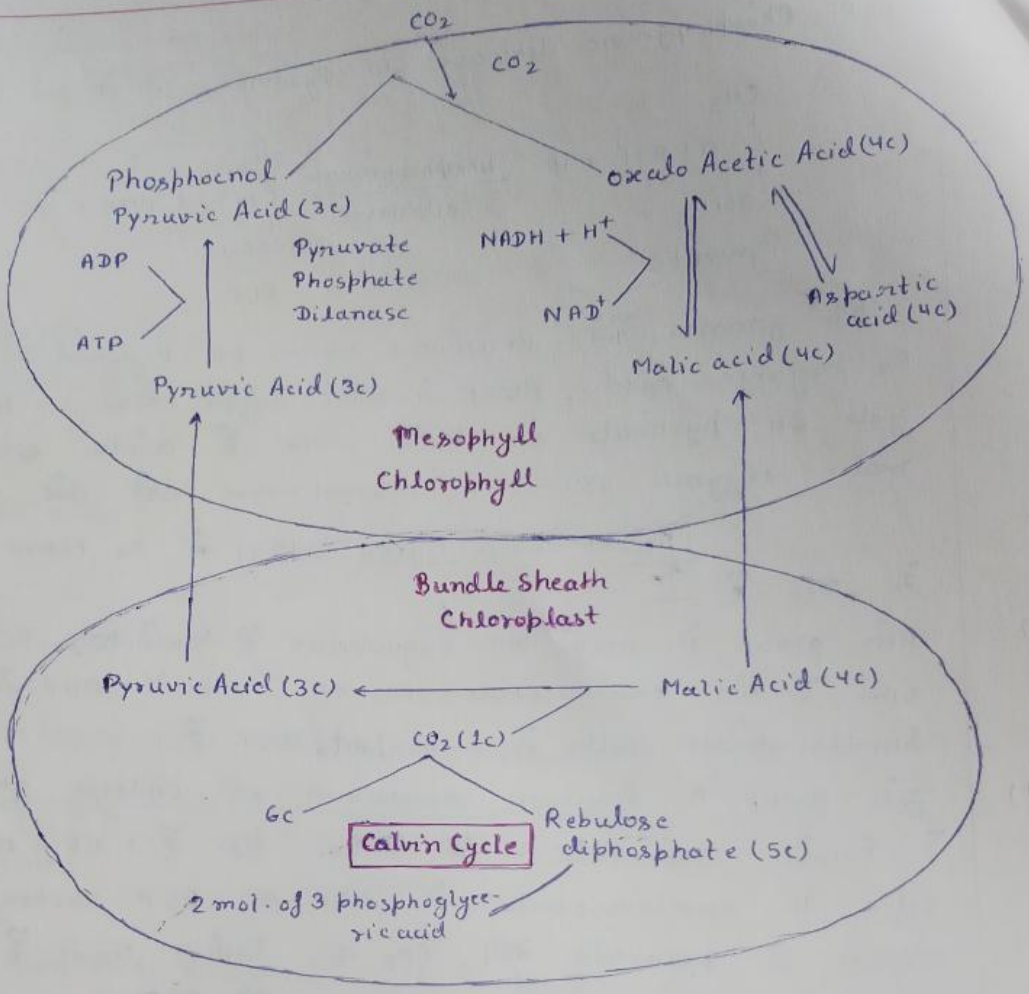
(i) पहले group में maize एवं sugarcane है जिसमें CO_2, PEP द्वारा fix किया जाता है और oxaloacetate (OAA) का निर्माण है। OAA से Malate बनकर bundle sheath cells में transport करता है।

(ii) दूसरे group में Panicum maximum तथा Chloris gayana आदि आते हैं जिसमें aspartate का निर्माण होता है। यह bundle sheath cells में oxaloacetate में बदल कर PEP carboxykinase की सहायता से pyruvate तथा CO_2 का निर्माण करता है।

(iii) तीसरे group में Atriplex spongiosa है जिसमें mesophyll cells में निर्मित aspartate, bundle sheath cells में चला जाता है जहाँ यह malate में reduced हो जाता है। Malate, decarboxylate होकर Pyruvate तथा CO_2 बनाता है।

C_4 cycle प्रायः xerophytic plants में अधिकांशतः पाये जाते हैं और पौधों के लिए इसका बहुत ही महत्व है। C_4 Plants में Photorespiration के नहीं होने के कारण photosynthesis की दर काफी तेज होती है और ये पौधे C_3 plants की तुलना में Solar energy को trap करने में दो गुणा सक्षम होते हैं।

fig -



The schematic representation of Hatch and Slack pathway (C_4 cycle)

Differences Between C_3 and C_4 Plants

C_3 Plants (Calvin Cycle)	(Hatch and Slack cycle) C_4 Plants.
1. CO_2 acceptor, ribulose-1,5 diphosphate (RUDP) होता है।	1. CO_2 acceptor PEP होता है।
2. पहला Stable पदार्थ PGA होता है।	2. Oxaloacetate पहला स्थायी पदार्थ होता है।

	C3 Plants (Calvin Cycle)	C4 Plants (Hatch and Slack cycle)
3.	सभी Photosynthetic cells में एक ही प्रकार के chloroplast होते हैं।	3. Leaf में Kranz type of anatomy पायी जाती है। Mesophyll cells में grana पाया जाता है, परंतु bundle sheath cells में grana का अभाव होता है।
4.	प्रत्येक chloroplast में दोनों Pigment system (PS I एवं PS II) पाये जाते हैं।	4. Bundle sheath cells के chloroplast में PS II नहीं पाये जाते हैं, परंतु mesophyll cells में दोनों pigments पाये जाते हैं।
5.	Calvin cycle, mesophyll cells में होता है।	5. Calvin cycle, bundle sheath cells में तथा mesophyll cells में C_4 cycle होता है।
6.	CO_2 compensation point 5-150 ppm CO_2 है।	6. CO_2 compensation point 0-10 ppm CO_2 है।
7.	Photorespiration पाया जाता है।	7. यह प्रायः नहीं पाया जाता है।
8.	केवल Calvin cycle पाया जाता है।	8. C_4 cycle तथा calvin cycle दोनों पाये जाते हैं।
9.	इसमें Photosynthesis के लिए optimum temperature 10°-25°c है।	9. Optimum temp. 30°-45°c है।
10.	एक glucose molecule के निर्माण में 18 ATP तथा 12 $NADPH_2$ की आवश्यकता होती है।	10. इस विधि में 30 ATP तथा 12 $NADPH_2$ की आवश्यकता होती है।