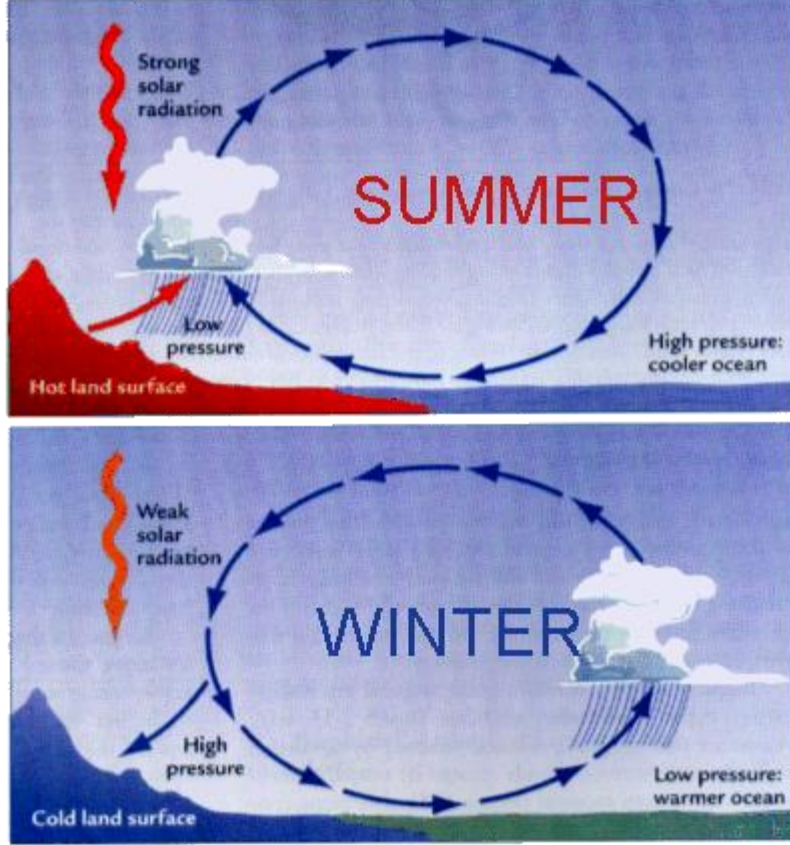


MECHANISM AND DISTRIBUTION OF INDIAN MONSOON

ভারতীয় উপমহাদেশের জলবায়ুগত প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো ঋতুভিত্তিক বৃষ্টিপাত, বায়ুপ্রবাহ, তাপমাত্রা অর্থাৎ ভারতের জলবায়ু সাময়িক অর্থাৎ মৌসুমি প্রকৃতির। মৌসুমী আরবি শব্দ মন সিন থেকে উৎপত্তি লাভ করেছে যার অর্থ হলো সিজন বা ঋতু। আসলে মৌসুমী বায়ুর উৎপত্তি এবং প্রবাহ ঋতুর ওপর নির্ভর করে বলেই এই নামটি দেয়া হয়েছে। জলবায়ু বিজ্ঞানীদের মতে মৌসুমী বায়ু বলতে ভিত্তিতে স্থলভাগ থেকে জল ভাগ এবং জলভাগ থেকে স্থলভাগের মধ্যে বায়ুপ্রবাহের যখন দিকের পরিবর্তন ঘটে তখন সেই বায়ু প্রবাহ কি মৌসুমী বায়ু প্রবাহ বলে। নিচে চিত্রের সাহায্যে মৌসুমী বায়ু প্রবাহের সরলীকৃত রূপ দেখানো হয়েছে।



উপরের চিত্রে আমরা প্রথমে গ্রীষ্মকালের স্থল এবং জলভাগের মধ্যে বায়ুপ্রবাহের বিষয়টিকে দেখতে পাচ্ছি। গ্রীষ্মকালে স্থলভাগ স্বল্প তাপগ্রাহী তার জন্য একই তাপমাত্রায় জলভাগ এর থেকে অধিকতর উত্তপ্ত হয়ে নিম্নচাপ যুক্ত স্থানে পরিণত হয়। অন্যদিকে সমুদ্রের ওপর উচ্চচাপ অবস্থান করায় এই সময়ে বায়ুচাপের ঢাল অনুসারে সমুদ্র থেকে স্থলভাগের দিকে বায়ুর অগ্রসর হয় এবং জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু উপস্থিতিতে বৃষ্টিপাত সংঘটিত হয় স্থলভাগের।

দ্বিতীয় চিত্রে শীতকালে সম্পূর্ণ বিপরীত দিকে বায়ুপ্রবাহ করতে দেখা যাচ্ছে অর্থাৎ শীতকালে স্থলভাগের জলভাগের দিকে বায়ুপ্রবাহ ঘটছে। স্থলভাগের তাপগ্রাহিতা কম থাকায় শীতকালে স্থলভাগের অধিকতর শীতল উচ্চচাপ যুক্ত বায়ু অবস্থান করে এবং এই উচ্চচাপ যুক্ত স্থান থেকে বায়ু জলভাগ এর ওপর অবস্থান রত অপেক্ষাকৃত নিম্নচাপ যুক্ত স্থানে শুষ্ক বায়ু প্রবাহ রূপে অগ্রসর হয়। এইভাবে মৌসুমী বায়ুর ঋতু ভিত্তিতে বায়ুপ্রবাহের বিপরীত গতি প্রবাহ ঘটে।

পৃথিবীতে রোহিত ভিত্তিতে স্থলভাগের জলভাগের উপর ভিত্তি করে বায়ুর এই বিপরীত প্রবাহ মৌসুমী বায়ু প্রবাহ এশিয়ার মধ্যে ভারতীয় উপমহাদেশ উত্তর অস্ট্রেলিয়া উত্তর আমেরিকা পশ্চিম আফ্রিকা প্রভৃতি স্থানে আমরা লক্ষ্য করেছি। প্রতিটি ক্ষেত্রেই এই একই বিষয় লক্ষ্য করা গেছে।

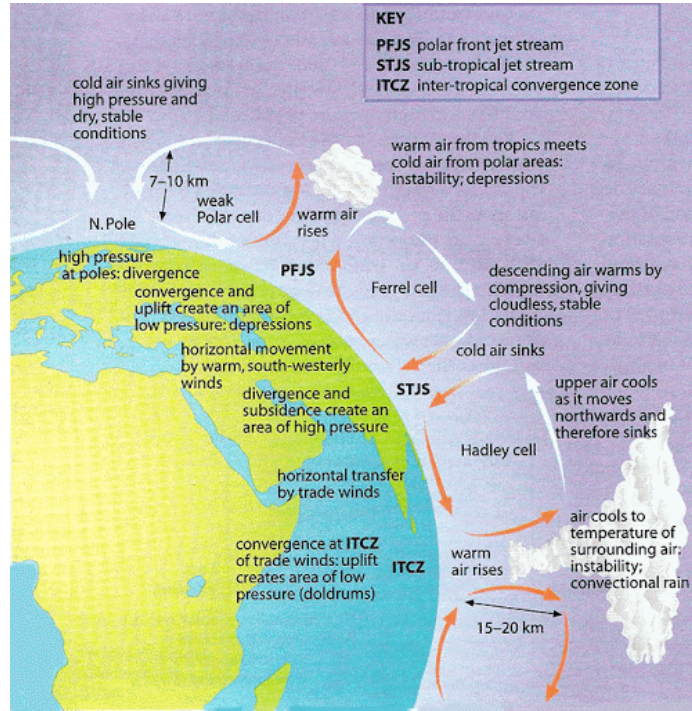
INDIAN MONSOON

ভারতের মৌসুমী বায়ুর গতি-প্রকৃতি দুই ভাগে বিভক্ত প্রথমত মৌসুমী বায়ুর প্রবেশ অর্থাৎ গ্রীষ্মকালীন মৌসুমী বায়ু এবং অপরটি হল প্রত্যাবর্তনকারী মৌসুমী বায়ু শীতকালীন মৌসুমী বায়ু।

ভারতের মৌসুমী বায়ুর বিষয়টিকে আমি তোমাদের কাছে দুইভাবে আলোচনা করছি। আলোচনার সুবিধার জন্য আমি শীতকালীন মৌসুমী বায়ু কে প্রথমে আলোচনা করব। পরে গ্রীষ্মকালীন মৌসুমী বায়ু সম্পর্কে আলোচনা করব।

RETREATING MONSOON :

ভারতীয় উপমহাদেশে মৌসুমী বায়ুর গতি প্রকৃতি বিষয়টি বুঝতে গেলে প্রথমে ত্রিশক্তি মডেল বা ট্রাই সেলুলার মডেলটি বুঝতে হবে।



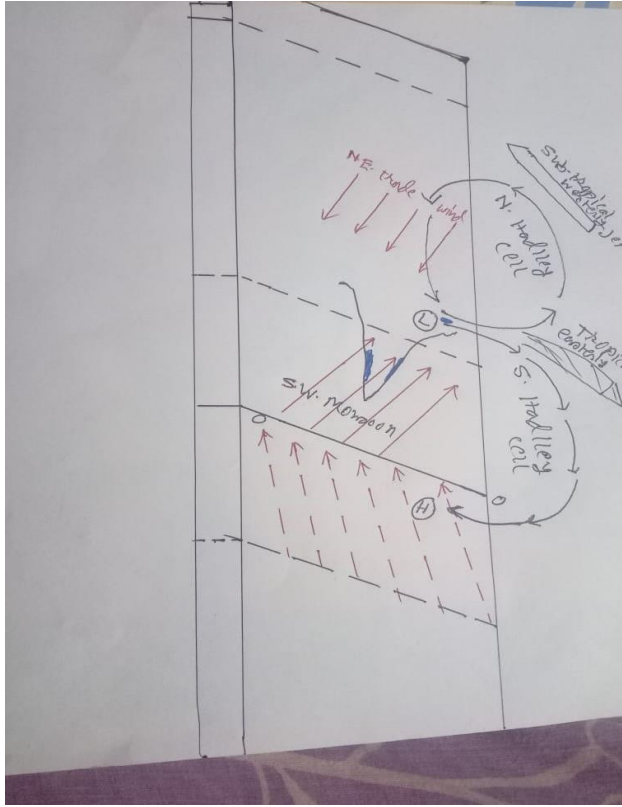
উপরের চিত্রে একটি ত্রিশক্তি মডেল দেখানো হয়েছে যেখানে দেখা যাচ্ছে যে সাধারণ অবস্থায় ভারতীয় উপমহাদেশে উত্তরের হ্যাডলি সেল অবস্থান করছে। ভালো করে দেখলে বোঝা যায় যে সাধারণ অবস্থা বলতে আসলে উপরের চিত্রটি দক্ষিণায়নের সময়কে ইঙ্গিত করছে অর্থাৎ এই সময় ভারতীয় উপমহাদেশের স্থলভাগের হ্যাডলি সেল এর অন্তর্গত বায়ুর নিম্নজমান হচ্ছে এবং উচ্চ চাপ সৃষ্টি হয়েছে যেখান থেকে বায়ু উপমহাদেশের দক্ষিণে অবস্থিত জলভাগের দিকে নিম্নচাপ ভরাট করার জন্য অগ্রসর হয়েছে এবং বাঁ দিকে বেঁকে গিয়ে অর্থাৎ উত্তর পূর্ব মৌসুমি বায়ু প্রবাহিত হয়েছে।



উপরের চিত্রে শীতকালীন পরিস্থিতিতে অর্থাৎ যে সময়ে উত্তরের হ্যাডলি সেল সম্পূর্ণভাবে ভারতবর্ষে অবস্থান করে সেই সময়কার মৌসুমী বায়ুর গতি প্রকৃতি দেখানো হয়েছে। দেখা যাচ্ছে স্থলভাগের জলভাগের দিকে অর্থাৎ দক্ষিণ দিকে অগ্রসর হওয়া বাঁ দিকে বেঁকে অর্থাৎ উত্তর পূর্ব মৌসুমী বায়ু রূপে অগ্রসর হবার সময় মৌসুমী বায়ুর একটি অংশ সমুদ্র অতিক্রম করে কেরালায় প্রবেশ করেছে অর্থাৎ এক্ষেত্রে কেরালায় জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু প্রবেশ ঘটায় শীতকালীন বৃষ্টিপাত ঘটেছে। চিত্রটিতে আরও দেখা যাচ্ছে যে উত্তর ভাগের কিছু অংশ অর্থাৎ দিল্লি হিমাচল প্রদেশ হরিয়ানা পশ্চিমী ঝঞ্জার উপস্থিতি ঘটেছে যার ফলে সামান্য বৃষ্টিতেই সময় লক্ষ্য করা যায়।

ON-SET OF INDIAN MONSOON OR SUMMER MONSOON:

এখন আমরা গ্রীষ্মকালীন পরিস্থিতিতে মৌসুমী বায়ুর ভারতবর্ষের গতি প্রবাহ এবং তার প্রভাব সম্পর্কে আলোচনা করব।



উপরের একটি চিত্র এঁকেছি তাতে তোমরা দেখো উত্তরায়ন এর ফলে উত্তরের হ্যাডলি সেল ভারত বর্ষ অতিক্রম করে চিনে প্রবেশ করেছে এর ফলে উত্তর হ্যাডলি সেল এর সাথে সম্পর্কিত উপক্রান্তীয় বাজেট ভারতবর্ষের উর্ধ্ব আকাশে আর অবস্থান করেছে না এটিও চীন সাইবেরিয়ার উর্ধ্ব আকাশে অবস্থান করেছে। এই সাথে সাথে উত্তরের হ্যাডলি সেল এর অন্তর্গত ভূপৃষ্ঠে প্রবাহিত উত্তর-পূর্ব বায়ু চিনিতে লক্ষ্য করা যাচ্ছে।

ভারতবর্ষে দক্ষিণ গোলার্ধের হ্যাডলি সেল প্রবেশ করেছে এই অবস্থায় লক্ষ্য করা যাচ্ছে যে দক্ষিণের হ্যাডলি সেল এর উর্ধ্বমুখী অংশটি ভারতীয় উপমহাদেশে স্থলভাগের অবস্থান করেছে অর্থাৎ গ্রীষ্মকালে স্থলভাগ অতিরিক্ত উত্তপ্ত হয়ে বায়ু কে অতিরিক্ত উষ্ণ করেছে এবং বায়ু হালকা উর্ধ্ব গমন করেছে। এই অবস্থায় ভারতীয় উপমহাদেশে নিম্নচাপ অবস্থান করছে যা এলো বলে দেখানো হয়েছে উর্ধ্বগামী বায়ু দক্ষিণ গোলার্ধের সমুদ্রে নিম্নগামী হয়েছে এবং এই অংশে উচ্চ চাপ সৃষ্টি করেছে। সুতরাং বায়ুচাপের ঢাল ভারতের দক্ষিণে অবস্থিত সমুদ্র থেকে স্থলভাগের দিকে অবস্থান করেছে। এই অবস্থায় স্বাভাবিকভাবেই সমুদ্র থেকে স্থলভাগের দিকে বায়ুপ্রবাহ ঘটেছে। কিন্তু যেটা লক্ষণীয় তোমরা দেখো দক্ষিণ গোলার্ধের স্বাভাবিক দক্ষিণ-পূর্ব আয়ন বায়ু এই অবস্থায় বায়ুচাপের ঢাল অনুসরণ করে উত্তর গোলার্ধে

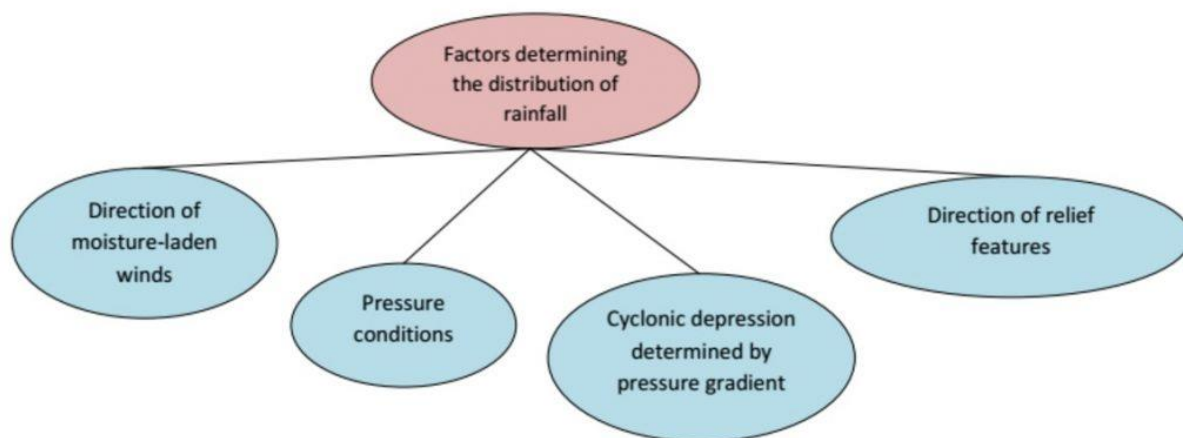
প্রবেশ করেছে। এর সাথে সাথে ফেরোজ সূত্র অনুসারে ডানদিকে ওই বায়ু বেঁকে গিয়ে ভারতীয় উপমহাদেশে দক্ষিণ পশ্চিম মৌসুমি বায়ু রূপে প্রবেশ করেছে এবং সমুদ্রের উপর দিয়ে আশায় অতিরিক্ত জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ুর উপস্থিতিতে ভারতে বৃষ্টিপাত ঘটেছে। ছবিতে আরেকটি জিনিস লক্ষ্য করো যে দক্ষিণে hadley cell এর উপস্থিতিতে ভারতীয় উপমহাদেশে ভূপৃষ্ঠে দক্ষিণ পশ্চিম মৌসুমি বায়ু যখন খোলা হয়েছে তখন উর্ধ্ব আকাশে সাময়িক ক্রান্তীয় পূবালী জেট এর উপস্থিতি ঘটেছে।

ভারতবর্ষে গ্রীষ্মকালীন আর্দ্র বায়ুর উপস্থিতিতে যে বৃষ্টিপাত দেখা যায় তা সমভাবে বন্টিত নয় নিচের তালিকাতে তা দেখানো হলো।

| <u>REGION</u> | <u>RAINFAL (MM)</u> |
|--------------------|---------------------|
| <u>INDIA</u> | <u>892.4</u> |
| <u>N.W</u> | <u>611.6</u> |
| <u>MIDDLE</u> | <u>993.6</u> |
| <u>S.PENINSULA</u> | <u>722.6</u> |
| <u>N.E</u> | <u>1427.3</u> |

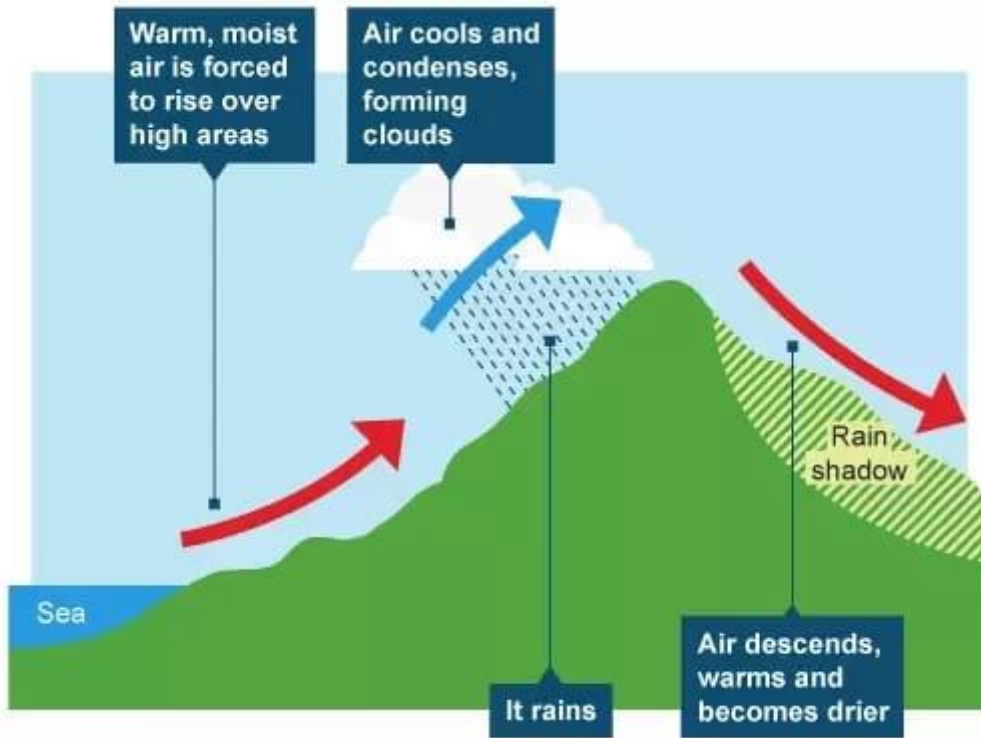
উপরের তালিকা থেকে দেখা যাচ্ছে যে মৌসুমী বায়ুর মাধ্যমে গ্রীষ্মকালে বৃষ্টিপাত ভারতবর্ষে হয় তা সর্বাধিক পরিমাণে উত্তর-পূর্ব ভারতের লক্ষ্য করা যায়। আরবিও শাখা এবং উপসাগরীয় শাখা ভারতবর্ষে মূলত উত্তর-পূর্ব ভারতে বৃষ্টিপাত মিলিত হয়ে পশ্চিম দিকে অগ্রসর হতে হতে বৃষ্টিপাত ঘটিয়েছে অবশেষে যখন পৌঁছে তখন সেই সম্মিলিত বায়ুর আদ্রতা একেবারেই কমে যায় তাই উত্তর-পশ্চিম ভারতের গড় বৃষ্টিপাতের পরিমাণ ভারতবর্ষের মধ্যে সর্বনিম্ন অর্থাৎ 11.6 মিলিমিটার।

সুতরাং ভারতবর্ষে মৌসুমী বায়ু জনিত বৃষ্টিপাত অসম প্রকৃতির এর কারণগুলি নিম্নরূপ,



প্রথমত আর্দ্র বায়ুর প্রবাহের দিক,- ভারতবর্ষে ভারতবর্ষে আর্দ্র দক্ষিণ পশ্চিম মৌসুমি বায়ু সর্বপ্রথম পশ্চিমঘাট পর্বতের ধাক্কা মেরে ক্রমাগত ভারতবর্ষের অভ্যন্তরে প্রবেশ করতে থাকে।

নিচে একটি চিত্রের সাহায্যে আমরা দেখতে পাচ্ছি যে পশ্চিমঘাট পর্বতের পশ্চিম কি পরিমাণ অত্যাধিক বৃষ্টিপাত ঘটেছে যা শৈলোৎক্ষেপ বৃষ্টি নামে পরিচিত কিন্তু পাহাড় কে অনুবাদ চালে পৌঁছেছে অর্থাৎ দাক্ষিণাত্য মালভূমি অঞ্চলে তখন তার মধ্যে জলীয়বাষ্প একেবারেই থাকছে না ফলে ওই স্থানটি বৃষ্টিছায় অঞ্চল হিসেবে পরিণত হয়েছে।



দ্বিতীয়তঃ চাপের বন্টন গ্রীষ্মকালে ভারতবর্ষে যে চাপের লক্ষ্য করা গেছে তা প্রাথমিকভাবে অবশ্যই জলভাগ স্থলভাগ এর দিকে কিন্তু সারা ভারতবর্ষে চাপের সমান নয় উত্তরপ্রদেশ সহ পশ্চিম ভারতে যে পরিমাণে গভীর নিম্নচাপ সৃষ্টি হয় তা পূর্বভারতে কত গভীর হয় না কিন্তু যেহেতু পশ্চিম ভারতের তুলনায় পূর্বভাগে আর্দ্র বায়ু প্রবেশ ঘটে তাই এখানেই প্রথম বৃষ্টিপাত এবং অধিক বৃষ্টিপাত লক্ষ্য করা যায়

এছাড়া পশ্চিম দিকে অগ্রসর হওয়া যায় চাপের ঢাল ততই পেতে থাকে ফলে বৃষ্টিপাতের সম্ভাবনা কমতে থাকে। তৃতীয়তঃ ভূপ্রকৃতি ভূপ্রকৃতির বিষয়টি আমরা আগেই দেখেছি যে কিভাবে পশ্চিমঘাট পর্বতের বাধাপ্রাপ্ত হওয়ার ফলে বৃষ্টিপাত হচ্ছে এই প্রসঙ্গে মনে রাখা দরকার পশ্চিম দিকে অগ্রসর হওয়া দক্ষিণ পশ্চিম মৌসুমি বায়ু আরাবল্লী পর্বত কোন জায়গাতে বাধাপ্রাপ্ত না হওয়ায় এখানে কোনো রকমের বৃষ্টিপাত হয় না।

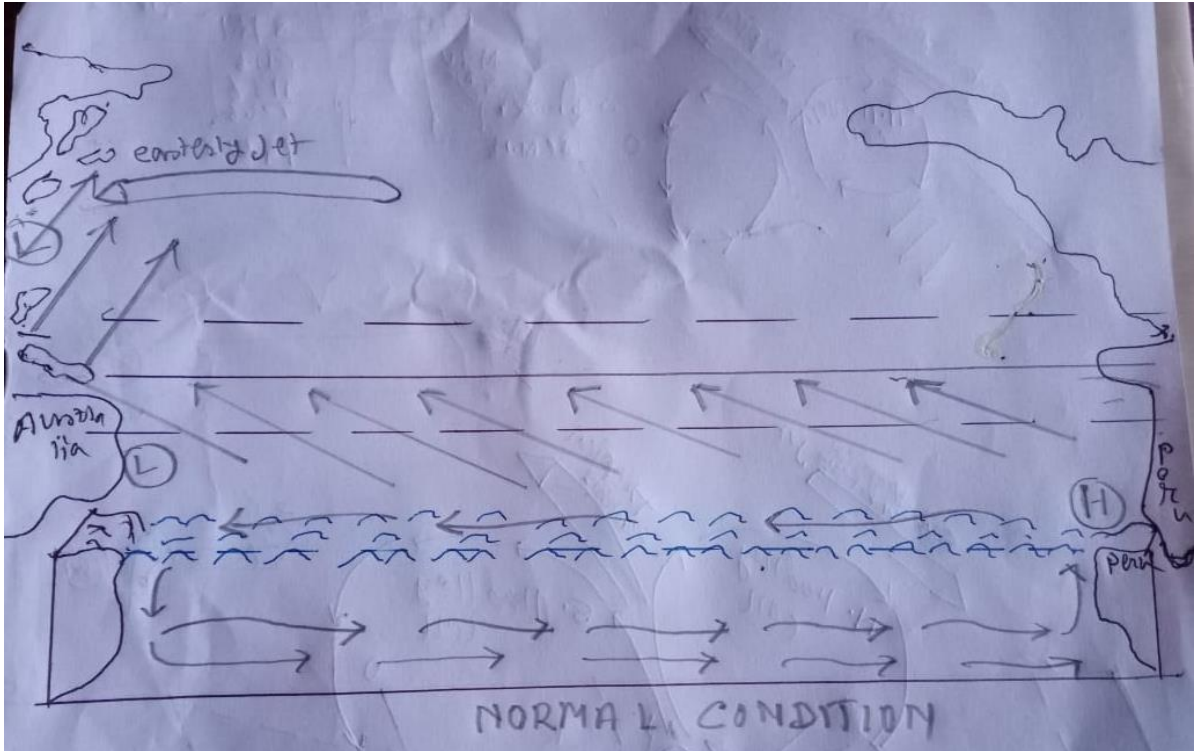
UNCERTAINTY OF MONSOON(EL-NINIO LA-NINA):

ভারত বর্ষ মৌসুমী জলবায়ু অঞ্চলের অন্তর্ভুক্ত কিন্তু এই মৌসুমী জলবায়ু একটি অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো অনিশ্চয়তা অর্থাৎ মৌসুমি জলবায়ুর যদিও একটি সাময়িক বায়ু তবু এই বায়ুর ভারতবর্ষের প্রবেশ তার প্রভাব এবং প্রত্যাগমনের ক্ষেত্রে প্রতি বছরই কোনো না কোনো স্বাভাবিক নিয়মের থেকে বিচ্যুতি ঘটে তাই মৌসুমী বায়ুর অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য হল অনিশ্চয়তা।

এখন আমরা মৌসুমী বায়ুর এই রকম প্রকৃতির কারণ খোঁজার চেষ্টা করব এ প্রসঙ্গে আমাদের লানিনা এবং এল নিনো এই দুটি বিষয় সম্পর্কে আলোচনা করতে হবে।

মৌসুমী জলবায়ু সম্পর্কে আলোচনা করতে গেলে এলনিনো প্রসঙ্গ এসেছে আসলে এলনিোর সাথে মৌসুমী বায়ু সম্পর্কের বিষয়টি একজন পশ্চিমবঙ্গবাসী হিসেবেও আমাদের কাছে খুব গুরুত্বপূর্ণ তৎকালীন পরাধীন ভারতবর্ষে ইংরেজ আবহবিকার কলকাতায় থাকাকালীন লক্ষ্য করেন যে প্রশান্ত মহাসাগরের পূর্বদিকে দক্ষিণ গোলার্ধের অর্থাৎ দক্ষিণ আমেরিকার পশ্চিম উপকূলের পরিস্থিতির সাথে ভারতের মৌসুমী জলবায়ুর একটি সম্পর্ক আছে। এই চিন্তা ভাবনা থেকেই এল নিনোর আবিষ্কার হয়েছিল যার উৎপত্তি সম্পর্কে এখনো পর্যন্ত বৈজ্ঞানিকদের কোন নির্দিষ্ট ধারণা নেই।

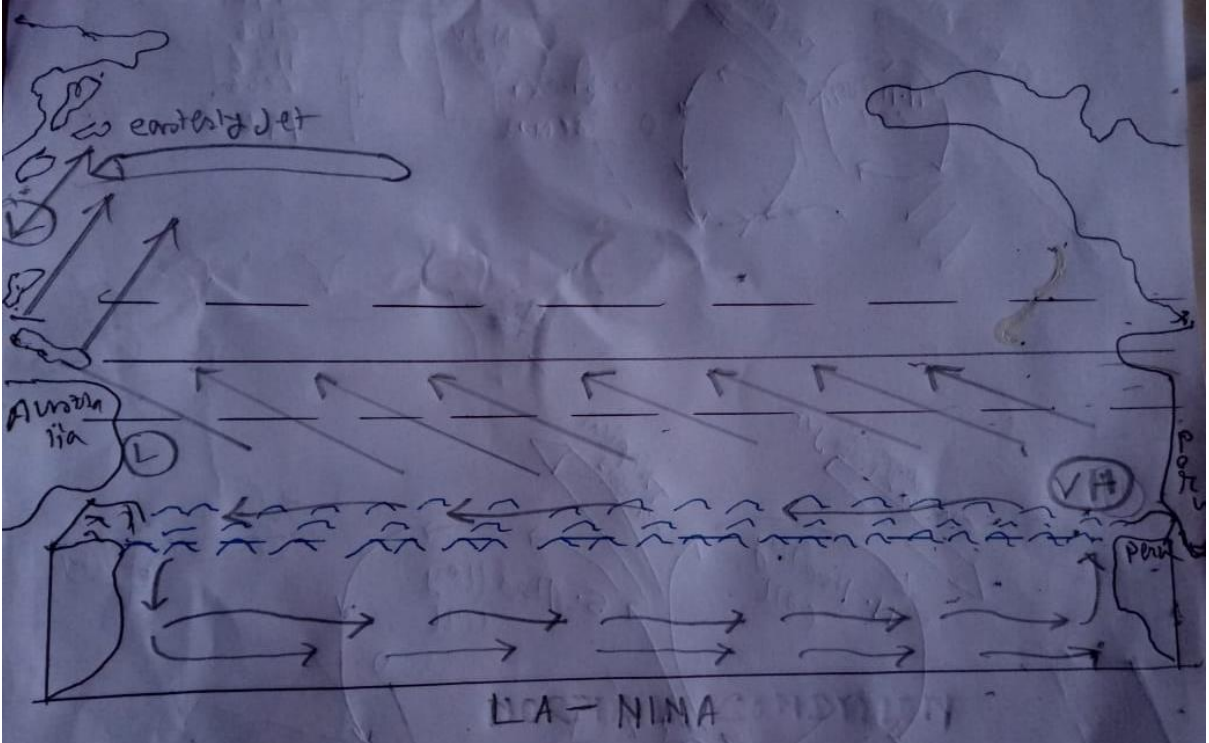
এল নিনো বিষয়টিকে বুঝতে গেলে প্রথমে প্রশান্ত মহাসাগরের পূর্ব এবং পশ্চিম উপকূলের সামগ্রিক পরিস্থিতির বিষয়টিকে বুঝতে হবে।



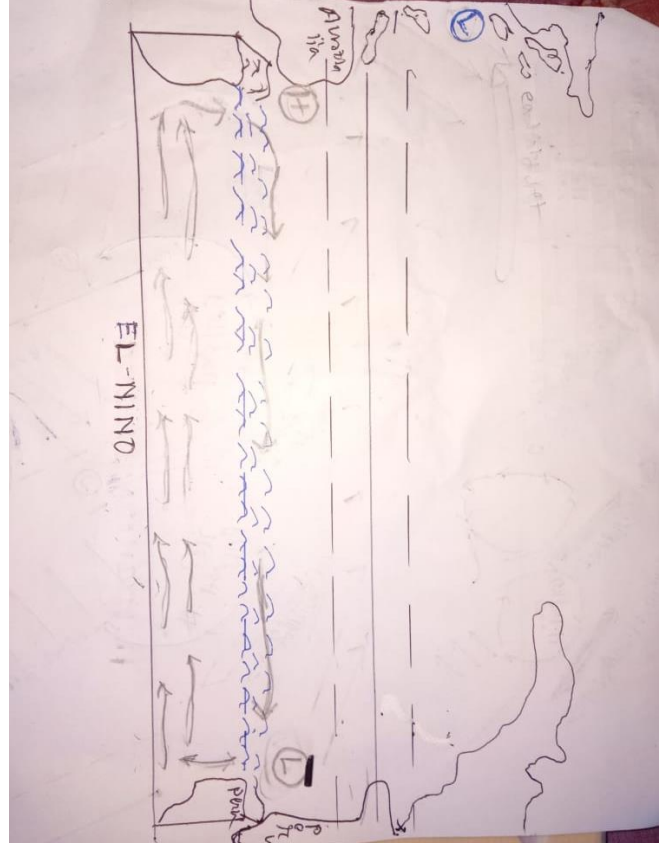
উপরের চিত্রে আমরা দেখতে পাচ্ছি যে প্রশান্ত মহাসাগরের পূর্ব এবং পশ্চিম উপকূলের স্বাভাবিক কি পরিস্থিতি তাকে দেখা যাচ্ছে প্রশান্ত মহাসাগরের পূর্ব উপকূলে অর্থাৎ পেরুর পশ্চিমে সাধারণত শীতল হাওয়া শ্রোত এর উপস্থিতির জন্য উচ্চচাপ অবস্থান করে সেই তুলনায় প্রশান্ত মহাসাগরের পশ্চিম উপকূলে অস্ট্রেলিয়ার পূর্ব উপকূলে নিম্নচাপ অবস্থান করে এই অবস্থায় পেরু থেকে পেরু উপকূল থেকে

দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়ার দিকে অবস্থান কত ভারতীয় উপমহাদেশ এর দিকে বায়ুচাপের ঢাল অনুসারে দক্ষিণ পূর্ব আয়না বাবু অগ্রসর হয় এবং উত্তর গোলার্ধে প্রবেশ করে দক্ষিণ পশ্চিম মৌসুমি বায়ু রুপে পরিণত আরো একটি বিষয় লক্ষ্যনীয় যে এই সময় ভারতীয় উপমহাদেশ এর উপরে পূবালী জেট এর উপস্থিতি ছবিটির নিচে লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে পেরু উপকূল থেকে শীতল শ্রোত সমুদ্র পৃষ্ঠের উপর দিয়ে অস্ট্রেলিয়ার দিকে যেমন অগ্রসর হচ্ছে তেমনি অস্ট্রেলিয়া থেকে উষ্ণ সমুদ্রশ্রোত নিম্নমুখী হয় পেরুর দিকে অগ্রসর হয়েছে। একেই গিলবার্ট ওয়াকার সার্কুলেশন বলা হয়।

পেরু উপকূলে এর পশ্চিমে এই পরিস্থিতি অর্থাৎ হান্সল শ্রোত এর উপস্থিতির জন্য এখানে প্রচুর পরিমাণে মাছের উপস্থিতি ঘটে সেই সাথে সাথে ভারতবর্ষেও সঠিক সময়ে অর্থাৎ দক্ষিণ পশ্চিম মৌসুমি বায়ু প্রবেশ ঘটে। কিন্তু কখনো কখনো পেরু উপকূলে তৈরি উচ্চচাপ আরো গভীর হয়ে পড়ে এই গভীর উচ্চচাপের পরিস্থিতির ফলে চাপের ঢাল অর্থাৎ দক্ষিণ থেকে উত্তরে আরো বেড়ে যায় এবং সমুদ্রের উপর দিয়ে উত্তর পূর্ব আয়ন বায়ুর গতিবেগ বাড়ে এবং এর সাথে সাথে ভারতবর্ষে প্রচুর পরিমাণে বৃষ্টিপাত হয় এই পরিস্থিতিকে লা নিনা বলা হয়। তাই যে বছরে লা নিনা পরিস্থিতি তৈরি হয় সে বছর ভারতবর্ষে বন্যা পরিস্থিতি তৈরি হয়



কিন্তু সমুদ্রপৃষ্ঠে এই স্বাভাবিক পরিস্থিতি কখনো কখনো বিঘ্নিত হয় দেখা গেছে সাত থেকে 11 বছরে একবার কি দুবার করে প্রশান্ত মহাসাগরের পূর্ব উপকূলে অর্থাৎ পেরুর পশ্চিম উপকূলে উষ্ণ সমুদ্রপৃষ্ঠের উপস্থিতি ঘটে যার ফলে এখানে উচ্চচাপ এর পরিবর্তে নিম্নচাপ তৈরি হয় তুলনায় প্রশান্ত মহাসাগরের পশ্চিম উপকূলে অর্থাৎ অস্ট্রেলিয়ার পূর্ব উপকূলে উচ্চচাপ অবস্থান করে। এই অবস্থায় পেরু উপকূলে প্রচুর মৎস্য চাষের ক্ষয়ক্ষতি যেমন হয় তেমনি বায়ুপ্রবাহপেরু থেকে আর দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়ার দিকে অগ্রসর হতে পারে না। সেই সাথে সাথে দক্ষিণ গোলার্ধে প্রবাহিত দক্ষিণ-পূর্ব আয়ন বায়ু দুর্বল হয়ে পড়ে এবং গিলবার্ট ওয়াকার সার্কুলেশন এর সম্পূর্ণ বিপরীত ঘটনা এই পরিস্থিতিতে তৈরি হয় অর্থাৎ উচ্চচাপ যুক্ত অস্ট্রেলিয়ার পূর্ব উপকূল থেকে সমুদ্রপৃষ্ঠ দিয়ে সমুদ্র শ্রোত বায়ু প্রবাহ পূর্বের পেরু উপকূলের দিকে অগ্রসর হয় এবং পেরু উপকূলে সমুদ্রশ্রোতের তলা দিয়ে অস্ট্রেলিয়ার দিকে অগ্রসর হয়। এই পরিস্থিতিতে ভারতবর্ষে নিম্নচাপ অবস্থান করলেও দক্ষিণ-পূর্ব আয়ন বায়ুর উপস্থিতির ফলে ভারতীয় উপমহাদেশে দক্ষিণ পশ্চিম মৌসুমি বায়ুর অনুপস্থিতি তৈরি হয় এবং খরা পরিস্থিতি তৈরি হয় এই ঘটনাকে এল নিনো বলা হয়।



উপরের চিত্রে এল নিনোর পরিস্থিতি দেখানো হয়েছে। এখানে আরো একটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য দেখা যাচ্ছে তা হল এল নিনো পরিস্থিতির ফলে যেহেতু ভারতীয় উপমহাদেশে দক্ষিণ-পশ্চিম মৌসুমি বায়ুর অনুপস্থিতিতে উঠেছে তাই উর্দু আকাশেও পূর্বালী জেটের অনুপস্থিতি তৈরি হয়েছে।

