આબોહવા પરિવર્તન અને અનુકૂલન

Dr. Yogita B. Mistry
Temporary Assistant Professor,
Department of Economics,
Veer Narmad South Gujarat University, Surat,
Email:- ynlad16@gmail.com

Dr. Ankita P. Nadiyadra
Temporary Assistant Professor,
Department of Economics,
Veer Narmad South Gujarat University, Surat,
Email:- nadiyadra307@gmail.com

પૂર્વસારાંશ

વર્તમાન સમયમાં વૈશ્વિક તાપમાનમાં વધારો અને આબોહવા પરિવર્તન (Climate Change) એ માનવ અસ્તિત્વ અને પર્યાવરણીય સ્થિરતા સામેનો સૌથી મોટો પ્રશ્ન છે. આ સંશોધન આબોહવા પરિવર્તનની કૃષિ, જળ સંસાધન અને દરિયાકાંઠાના નિવસનતંત્ર પર પડતી વિપરીત અસરોનું આકલન કરે છે. અભ્યાસનો મુખ્ય હેતુ પરંપરાગત જ્ઞાન અને આધુનિક ટેકનોલોજીના સમન્વયથી સમુદાય-આધારિત અનુકૂલન (Adaptation) વ્યૂહરચનાઓ પ્રસ્તાવિત કરવાનો છે. સંશોધનમાં પ્રાથમિક અને દ્વિતીયક ડેટાના વિશ્લેષણ દ્વારા જાણવા મળ્યું છે કે શમન (Mitigation) સાથે પ્રોએક્ટિવ અનુકૂલન પદ્ધતિઓ, જેમ કે, ક્ષાર-સહનશીલ પાકો, વરસાદી પાણીનું સંચય (Rainwater Harvesting) અને મેંગ્રુવનું વાવેતર, સ્થાનિક સમુદાયોની આબોહવા-સ્થિતિસ્થાપકતા (Climate Resilience) વધારવામાં નિર્ણાયક ભૂમિકા ભજવે છે. આ પેપર ટકાઉ વિકાસ અને આબોહવા નીતિઓમાં સુધારા માટેના વ્યવહારુ સૂચનો પૂરા પાડે છે.

પ્રસ્તાવના

આબોહવા પરિવર્તન એ વર્તમાન સમયમાં વૈશ્વિક સ્તરે પર્યાવરણ, અર્થતંત્ર અને સમાજને અસર કરતો સૌથી મોટો અને ગંભીર પડકાર છે. ઔદ્યોગિકીકરણ અને ગ્રીનહાઉસ ગેસોના અતિશય ઉત્સર્જનને કારણે વૈશ્વિક તાપમાનમાં સતત અને અસાધારણ વધારો થઈ રહ્યો છે, જે માનવ અસ્તિત્વ અને પર્યાવરણીય સ્થિરતા સામે ગંભીર જોખમ ઊભું કરે છે.

ઇન્ટરગવર્નમેન્ટલ પૅનલ ઓન ક્લાઇમેટ ચેન્જ (IPCC) ના છઠ્ઠા મૂલ્યાંકન અહેવાલ (૨૦૨૨) મુજબ, માનવજનિત પ્રવૃત્તિઓને કારણે પૃથ્વીનું વૈશ્વિક તાપમાન પૂર્વ-ઔદ્યોગિક સ્તરની સરખામણીમાં આશરે ૧.૧°C થી ૧.૨°C જેટલું વધી ગયું છે. આ તાપમાન વૃદ્ધિના સીધા પરિણામે સમય જતાં આત્યંતિક હવામાની ઘટનાઓ (Extreme Weather Events) જેવી કે અતિવૃષ્ટિ, અનિયમિત અને અણધાર્યો વરસાદ, લાંબા સમય સુધી ચાલતા દુષ્કાળ અને ચક્રવાતોની આવૃત્તિમાં તીવ્ર વધારો થયો છે. આ ઉપરાંત, આબોહવાકીય પરિવર્તનને કારણે દર વર્ષે દરિયાની સપાટીમાં સતત વધારો થઈ રહ્યો છે, જેના લીધે નીચાણવાળા દરિયાકાંઠાના વિસ્તારો અને સાગર નિવસનતંત્રો જોખમાયા છે.

આ પ્રકારના અણધાર્યા હવામાની ફેરફારો અને કુદરતી આપત્તિઓ ખાસ કરીને ગ્રામ્ય અને વિકાસશીલ સમુદાયોની આજીવિકા, કૃષિ ઉત્પાદકતા તેમજ જળ સંસાધનો પર અત્યંત વિપરીત અસરો કરી રહી છે. સંયુક્ત રાષ્ટ્રની ફૂડ એન્ડ એગ્રીકલ્ચર ઓર્ગેનાઇઝેશન (FAO) ના

અહેવાલ મુજબ, આવા આબોહવાકીય આઘાતોને કારણે વૈશ્વિક સ્તરે કૃષિ-ખાદ્ય પ્રણાલીઓ અસ્થિર બની છે, જેનાથી ખાદ્ય સુરક્ષા સામે જોખમ ઊભું થયું છે. આ જટિલ પરિસ્થિતિમાં માત્ર શમન (Mitigation) ના પગલાં અપૂરતા સાબિત થાય છે, તેથી સ્થાનિક સ્તરે પ્રોએક્ટિવ અને સમુદાય-આધારિત અનુકૂલનાત્મક પગલાંઓ (ક્ષાર-સહનશીલ પાકો, વરસાદી પાણીનું સંચય અને કુદરત-આધારિત ઉકેલો) નું મહત્વ અત્યંત વધી ગયું છે.

સંદર્ભ સાહિત્યની સમીક્ષા

આંતરસરકારી પૅનલ (IPCC) અહેવાલ (૨૦૨૨) ઇન્ટરગવર્નમેન્ટલ પૅનલ ઓન ક્લાઇમેટ ચેન્જ (IPCC) ના છઠ્ઠા મૂલ્યાંકન અહેવાલમાં આબોહવા પરિવર્તનને કારણે વૈશ્વિક નિવસનતંત્ર અને માનવ જીવન પર અત્યંત વિપરીત અસરો પડી રહી છે. આ અહેવાલ મુજબ, કૃષિ ઉત્પાદકતામાં ઘટાડો, જળસંકટ અને દરિયાકાંઠાના વિસ્તારોમાં જોખમો વધી રહ્યા છે. સંશોધનમાં ભાર મૂકવામાં આવ્યો છે કે માત્ર શમન પૂરતું નથી, પરંતુ જોખમો સામે ટકી રહેવા માટે પ્રોએક્ટિવ અને સમુદાય-આધારિત અનુકૂલન (Community-based Adaptation) અપનાવવું અનિવાર્ય છે.

એડગર અને સહયોગીઓનો અભ્યાસ (૨૦૦૩) આ સંશોધન લેખમાં વિકાસશીલ દેશોમાં આબોહવા પરિવર્તન સામેની અનુકૂલન ક્ષમતા (Adaptive Capacity) અને તેની મર્યાદાઓનું વિશ્લેષણ કરવામાં આવ્યું છે. લેખકોએ તારણ રજૂ કર્યું છે કે વિકાસશીલ દેશોના સ્થાનિક સમુદાયો કુદરતી આપત્તિઓ સામે સૌથી વધુ સંવેદનશીલ (Vulnerable) છે. તેમની આજીવિકા સુરક્ષિત કરવા માટે પરંપરાગત જ્ઞાન અને સરકારી નીતિઓ વચ્ચે યોગ્ય સમન્વય સાધવો અત્યંત જરૂરી છે.

એફ.એ.ઓ. (FAO) અહેવાલ (૨૦૨૧) સંયુક્ત રાષ્ટ્રની ફૂડ એન્ડ એગ્રીકલ્ચર ઓર્ગેનાઇઝેશન (FAO) ના આ અહેવાલમાં આબોહવાકીય આઘાતો સામે કૃષિ-ખાદ્ય પ્રણાલીઓને વધુ સ્થિતિસ્થાપક (Resilient) બનાવવાની જરૂરિયાત પર ભાર મૂકવામાં આવ્યો છે. અભ્યાસ દર્શાવે છે કે અસંતુલિત વરસાદ, દુષ્કાળ અને તાપમાનના વધારાને કારણે ખાદ્ય સુરક્ષા જોખમાઈ રહી છે. આ સ્થિતિને પહોંચી વળવા માટે સૂક્ષ્મ સિંચાઈ (Drip Irrigation) અને ક્ષાર-સહનશીલ પાકોનું વાવેતર જેવી પદ્ધતિઓ અપનાવવી હિતાવહ છે.

સ્મિટ અને વેન્ડેલનો અભ્યાસ (૨૦૦૬) આ મહત્વપૂર્ણ સૈદ્ધાંતિક પેપરમાં અનુકૂલન, અનુકૂલન ક્ષમતા અને સંવેદનશીલતા વચ્ચેના પરસ્પર સંબંધોને સ્પષ્ટ કરવામાં આવ્યા છે.

સંશોધકોના મતે, અનુકૂલન એ માત્ર એક પ્રક્રિયા નથી પરંતુ તે સ્થાનિક સ્તરે ઉપલબ્ધ સંસાધનો અને સામાજિક ક્ષમતા પર આધારિત છે. સમુદાયોની ક્ષમતા વધારવાથી આબોહવા પરિવર્તનની નકારાત્મક અસરોને મોટા પ્રમાણમાં ઘટાડી શકાય છે.

સેડોન અને સહયોગીઓનો અભ્યાસ (૨૦૨૦) આ સંશોધન લેખમાં આબોહવા પરિવર્તન સામે લડવા માટે "કુદરત-આધારિત ઉકેલો" (Nature-based Solutions - NbS) ના મહત્વ અને તેની મર્યાદાઓનું મૂલ્યાંકન કરવામાં આવ્યું છે. અભ્યાસમાં દર્શાવવામાં આવ્યું છે કે મેંગ્રુવનું વાવેતર, વેટલેન્ડનું સંરક્ષણ અને શહેરી જંગલો (જેવા કે મિયાવાકી પદ્ધતિ) પૂર અને ગરમીના પ્રકોપ સામે કુદરતી ઢાલ તરીકે કાર્ય કરે છે અને પર્યાવરણીય સ્થિરતા પૂરી પાડે છે.

આબોહવા પરિવર્તન અને તેના અનુકૂલન અંગેના વૈશ્વિક તથા રાષ્ટ્રીય સંશોધનો દર્શાવે છે કે વૈશ્વિક તાપમાન વૃદ્ધિ અને અનિયમિત વરસાદને કારણે કૃષિ, જળ સંસાધનો અને દરિયાકાંઠાના નિવસનતંત્રો પર ગંભીર જોખમો ઊભા થયા છે. આ પડકારોને પહોંચી વળવા માટે માત્ર શમન પૂરતું નથી, પરંતુ સ્થાનિક સમુદાયોની આગેવાની હેઠળ પ્રોએક્ટિવ અનુકૂલન પદ્ધતિઓ અપનાવવી અત્યંત આવશ્યક છે. પરંપરાગત જ્ઞાન અને આધુનિક વૈજ્ઞાનિક ટેકનોલોજીનો સમન્વય કરીને ક્ષાર-સહનશીલ પાકો, વરસાદી પાણીનું સંચય અને મેંગ્રુવ વાવેતર જેવા કુદરત-આધારિત ઉકેલો લાગુ કરવાથી આબોહવા-સ્થિતિસ્થાપકતા મજબૂત બને છે. અંતિમ વિશ્લેષણ સૂચવે છે કે ટકાઉ વિકાસ અને નીતિગત સુધારાઓ દ્વારા જ ભવિષ્યના જોખમો સામે રક્ષણ મેળવી શકાય છે. ઔદ્યોગિકીકરણ અને ગ્રીનહાઉસ ગેસોના ઉત્સર્જનને કારણે વૈશ્વિક તાપમાનમાં સતત વધારો થઈ રહ્યો છે, જેના પરિણામે હવામાનની તીવ્રતા અને અણધારી હવામાની ઘટનાઓમાં વધારો થઈ રહ્યો છે.

સંશોધન પ્રશ્નો

1. ભારતીય કૃષિ અને ગ્રામ્ય આજીવિકા પર આબોહવા પરિવર્તનની (અનિયમિત વરસાદ અને તાપમાન વૃદ્ધિ) અસરોને ઘટાડવા માટે ડ્રિપ સિંચાઈ અને વરસાદી પાણીના સંચય જેવી અનુકૂલન પદ્ધતિઓ તળિયાના સ્તરે કેટલી અસરકારક સાબિત થઈ રહી છે ?
2. "દરિયાકાંઠાના નિવસનતંત્રો અને પર્યાવરણીય સ્થિરતાની જાળવણી માટે 'કુદરત-આધારિત ઉકેલો' (જેમ કે મેંગ્રુવ વાવેતર) તથા સરકારી નીતિઓ (જેમ કે NAPCC) નું સંકલન વૈશ્વિક ક્લાઇમેટ ફાઇનાન્સની મદદથી કઈ રીતે વધુ મજબૂત બનાવી શકાય?

સંશોધનના હેતુઓ

1. આબોહવા પરિવર્તનની સ્થાનિક અને પ્રાદેશિક નિવસનતંત્ર પર પડતી અસરોની સમીક્ષા કરવી.
2. કૃષિ, જળ સંસાધન અને તટવર્તીય સંરક્ષણ ક્ષેત્રે અનુકૂલન વ્યૂહરચનાઓનું આકલન કરવું.
3. કુદરત-આધારિત ઉકેલો (Nature-based Solutions) ની કાર્યક્ષમતા તપાસવી.

સંશોધન અભ્યાસનો પ્રકાર:

આ સંશોધન અભ્યાસ વર્ણનાત્મક (Descriptive) અને વિશ્લેષણાત્મક (Analytical) પ્રકારનું છે.

સંશોધન પદ્ધતિ

સંશોધન અભ્યાસમાં માહિતીનું એકત્રીકરણના સ્ત્રોતો :

આ સંશોધન સંપૂર્ણપણે ગૌણ ડેટા પર આધારિત છે. વૈશ્વિક સ્તરે તાપમાનના આંકડાઓ માટે આંતરસરકારી પૅનલ ઓન ક્લાઇમેટ ચેન્જ (IPCC AR6), વર્લ્ડ મેટિઓરોલોજિકલ ઓર્ગેનાઇઝેશન (WMO), કોપરનિકસ (C3S), તથા રાષ્ટ્રીય સ્તરે કૃષિ અને ખેડૂત કલ્યાણ મંત્રાલય અને પ્રેસ ઇન્ફોર્મેશન બ્યુરો (PIB) ના સત્તાવાર અહેવાલોનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો છે.

સંશોધન અભ્યાસમાં વિશ્લેષણાત્મક માળખું :

અભ્યાસમાં વૈશ્વિક તાપમાનમાં થતા ફેરફારો (°C માં) અને ભારતના કુલ ખાધ્યાન્ન ઉત્પાદન (મિલિયન ટનમાં) વચ્ચેના સંબંધોનું આંકડાકીય કોષ્ટકો દ્વારા તુલનાત્મક વિશ્લેષણ કરવામાં આવ્યું છે. સાથે જ, કૃષિ, જળ સંસાધન અને તટવર્તી નિવસનતંત્ર પર આબોહવા પરિવર્તનની અસરો તપાસીને "કુદરત-આધારિત ઉકેલો" (NbS) ની અસરકારકતાનું મૂલ્યાંકન કરવામાં આવ્યું છે.

સંશોધન અભ્યાસની મર્યાદા

- સંશોધનો મુખ્યત્વે મોટા પાયે શમન (Mitigation) પર કેન્દ્રિત રહ્યા છે, જેમાં સ્થાનિક સમુદાયોની અનુકૂલન ક્ષમતા અને પરંપરાગત જ્ઞાનના સંકલનનો અભાવ જોવા મળે છે.
- કૃષિ, જળસંસાધન અને દરિયાકાંઠાના વિસ્તારોને સાંકળતી સંકલિત વ્યૂહરચનાઓ તથા કુદરત આધારિત ઉકેલોની આર્થિક કાર્યક્ષમતા અંગેના પ્રાદેશિક અભ્યાસો મર્યાદિત પ્રમાણમાં ઉપલબ્ધ છે.

- રાષ્ટ્રીય સ્તરની નીતિઓ અને ક્લાઇમેટ ફાઇનાન્સની જોગવાઈઓ તળિયાના સ્તરે કેટલી અસરકારક છે તે બાબત પર હજુ વધુ સંશોધન થવું આવશ્યક છે.

માહિતીનું વિશ્લેષણ અને અર્થઘટન

કોષ્ટક - ૧

પૂર્વ-ઔદ્યોગિક સ્તરની સરખામણીમાં વૈશ્વિક તાપમાન વૃદ્ધિનું વલણ (૨૦૧૧-૨૦૨૫)

ક્રમ	વર્ષ	તાપમાનનો વધારો (°C)
૧	૨૦૧૧	૦૮૨.°C થી ૦૮૫.°C
૨	૨૦૧૨	૦.૪૬°C થી ૦૮૯.°C
૩	૨૦૧૩	૦૯૦.°C થી ૦૯૪.°C
૪	૨૦૧૪	૦૯૯.°C થી ૧૦૦.°C
૫	૨૦૧૫	૧૧૦.°C
૬	૨૦૧૬	૧૧૬.°C થી ૧૨૦.°C
૭	૨૦૧૭	૧૧૨.°C
૮	૨૦૧૮	૧૧૪.°C
૯	૨૦૧૯	૧૧૮.°C
૧૦	૨૦૨૦	૧૨૦.°C થી ૧૨૫.°C
૧૧	૨૦૨૧	૧૧૧.°C થી ૧૧૫.°C
૧૨	૨૦૨૨	૧૧૫.°C થી ૧૧૮.°C
૧૩	૨૦૨૩	૧૪૫.°C થી ૧૪૧.°C
૧૪	૨૦૨૪	૧૪૬.°C થી ૧૬૦.°C
૧૫	૨૦૨૫	૧૩૧.°C થી ૧૪૪.°C

સ્ત્રોત : IPCC (Sixth Assessment Report): આંતરસરકારી પૅનલ ઓન ક્લાઇમેટ ચેન્જ https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/, WMO: વર્લ્ડ મેટિઓરોલોજિકલ ઓર્ગેનાઇઝેશન (સ્ટેટ ઓફ ધ ગ્લોબલ ક્લાઇમેટ)https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/state-of-the-global-climate , Copernicus Climate Change Service (C3S): વૈશ્વિક તાપમાન વૃદ્ધિના રેકોર્ડ્સ અને ડેટા https://climate.copernicus.eu/ , NOAA & NASA: વૈશ્વિક તાપમાન એનામલી અને આત્યંતિક હવામાન અહેવાલો , NOAA: https://www.noaa.gov/climate , NASA Global Climate Change: https://climate.nasa.gov/

(નોંધ : આ આંકડાઓ જુદા-જુદા અહેવાલોના અંદાજીત આંકડાઓ છે.)

પૂર્વ-ઔદ્યોગિક સ્તરની સરખામણીમાં વૈશ્વિક તાપમાનનો આંકડો દર્શાવે છે કે પૃથ્વીનું વાતાવરણ અસાધારણ ઝડપે ગરમ થઈ રહ્યું છે. વર્ષ ૨૦૧૧માં તાપમાનનો વધારો ૦.૮૨°C થી ૦.૮૫°C ની આસપાસ હતો, જે દાયકાના અંત સુધીમાં વધીને ૧.૨°C સુધી પહોંચ્યો હતો. ખાસ કરીને, વર્ષ ૨૦૨૩, ૨૦૨૪ અને ૨૦૨૫ માં તાપમાનમાં મોટો ઉછાળો આવ્યો છે, જ્યાં તાપમાન ૧.૪°C થી ૧.૬°C ની અત્યંત જોખમી સપાટીને સ્પર્શી ગયું છે. આ વૈશ્વિક વલણ સ્પષ્ટ કરે છે કે ગ્રીનહાઉસ વાયુઓનું ઉત્સર્જન અને આબોહવા પરિવર્તન હવે માત્ર ભવિષ્યની ચેતવણી નથી, પરંતુ વર્તમાન વાસ્તવિકતા બની ચૂકી છે, જેણે વૈશ્વિક સ્તરે હીટવેવ, પૂર અને અનિયમિત વરસાદ જેવા આત્યંતિક હવામાન સંકટો ઊભા કર્યા છે.

કોષ્ટક – ૨

ભારતનું કૃષિ અને ખાધ્યાન્ન ઉત્પાદન (૨૬-૨૦૨૫ થી ૧૨-૨૦૧૧)

ક્રમ	વર્ષ	કૃષિ અને ખાધ્યાન્ન ઉત્પાદન (મિલિયન ટનમાં)
૧	૨૦૧૧-૧૨	૨૫૯.૨૯
૨	૨૦૧૨-૧૩	૨૫૭.૧૩
૩	૨૦૧૩-૧૪	૨૬૫.૦૫
૪	૨૦૧૪-૧૫	૨૫૨.૦૨
૫	૨૦૧૫-૧૬	૨૫૧.૫૪
૬	૨૦૧૬-૧૭	૨૭૫.૬૮
૭	૨૦૧૭-૧૮	૨૮૫.૦૧
૮	૨૦૧૮-૧૯	૨૮૫.૨૧
૯	૨૦૧૯-૨૦	૨૯૭.૫૦
૧૦	૨૦૨૦-૨૧	૩૧૦.૭૪
૧૧	૨૦૨૧-૨૨	૩૧૫.૭૨
૧૨	૨૦૨૨-૨૩	૩૩૦.૫૩
૧૩	૨૦૨૩-૨૪	૩૩૨.૨૯
૧૪	૨૦૨૪-૨૫	૩૫૭.૭૩
૧૫	૨૦૨૫-૨૬	૩૭૬.૫૬

સ્ત્રોત : Ministry of Agriculture and Farmers Welfare https://agriwelfare.gov.in/ , Press Information Bureau - PIB) https://www.pib.gov.in/

વૈશ્વિક સ્તરે આબોહવાકીય અસ્થિરતા હોવા છતાં, ભારતના કૃષિ ક્ષેત્રે દર્શાવેલું પ્રદર્શન અત્યંત પ્રશંસનીય અને આશ્ચર્યજનક છે. વર્ષ ૨૦૧૧-૧૨ માં ભારતનું કુલ ખાધ્યાન્ન ઉત્પાદન ૨૫૯.૨૯ મિલિયન ટન હતું, જે સતત વધારા સાથે ૨૦૨૫-૨૬ માં અંદાજે ૩૭૬.૫૬ મિલિયન ટન સુધી પહોંચી ગયું છે. જો કે, આ પ્રવાસ એકસમાન નથી રહ્યો; વચ્ચેના વર્ષોમાં (જેમ કે ૨૦૧૪-૧૫ અને ૨૦૧૫-૧૬) મોસમી અનિયમિતતાઓને કારણે ઉત્પાદનમાં ક્ષણિક ઘટાડો પણ જોવા મળ્યો હતો. પરંતુ સરકારી નીતિઓ, સિંચાઈ ક્ષેત્રે સુધારાઓ, અને આબોહવા-અનુકૂળ (Climate-resilient) કૃષિ પદ્ધતિઓને કારણે ભારતે આ આઘાતોને ઝીલીને ઉત્પાદનમાં જબરદસ્ત છલાંગ લગાવી છે.

પ્રથમ નજરે એવું લાગી શકે કે વૈશ્વિક તાપમાન વધવા છતાં ભારતમાં ખાધ્યાન્ન ઉત્પાદન વધતું રહ્યું છે, તેથી આબોહવા પરિવર્તનની કોઈ નકારાત્મક અસર નથી થઈ. પરંતુ વાસ્તવિક અર્થઘટન એ છે કે ભારતીય કૃષિએ અત્યારે તો વૈજ્ઞાનિક ટેકનોલોજી અને સંસાધનો (જેવા કે હાઇબ્રિડ બિયારણ અને રાસાયણિક ખાતરો) ના જોરે ઉત્પાદન વધાર્યું છે, પરંતુ આ વૃદ્ધિ જોખમમાં છે. સતત વધી રહેલું તાપમાન (ખાસ કરીને ૧.૪°C થી ઉપરની ગરમી) જમીનની ભેજ જાળવી રાખવાની ક્ષમતા ઘટાડે છે અને પાણીની તંગી ઊભી કરે છે. જો તાપમાન વૃદ્ધિને સમયસર અંકુશમાં નહીં લાવવામાં આવે, તો ભવિષ્યમાં કૃષિ ઉત્પાદન માટે ગંભીર પડકારો સર્જાઈ શકે છે.

આબોહવા પરિવર્તન અને વૈશ્વિક તાપમાનમાં થઈ રહેલા સતત વધારાની ભારતીય કૃષિ અને અર્થવ્યવસ્થા પર લાંબા ગાળે ઘણી ગંભીર અસરો પડી શકે છે. વૈશ્વિક તાપમાનમાં ૧.૫°C કે તેથી વધુનો વધારો થવાથી પાકના વિકાસ માટેનો કુદરતી સમયગાળો ઘટી જાય છે, જેના કારણે ઘઉં, ચોખા અને કઠોળ જેવા મુખ્ય પાકો દાણા બેસવાની અવસ્થામાં હીટવેવનો ભોગ બને છે અને તેમનું ઉત્પાદન તથા ગુણવત્તા બંને ઘટે છે. તાપમાન વધવાને કારણે જમીનમાંથી પાણીનું ઝડપી બાષ્પીભવન થાય છે અને ભૂગર્ભ જળસ્તર નીચે જતા સિંચાઈનું સંકટ ઊભું થાય છે. આ ઉપરાંત, અનિયમિત ચોમાસું, પૂર, દુકાળ અને કમોસમી વરસાદ જેવી આત્યંતિક આબોહવાકીય ઘટનાઓ તૈયાર પાકને નષ્ટ કરી નાખે છે, જે ગ્રામીણ અર્થતંત્રમાં અસ્થિરતા લાવે છે. સાથે જ, વધતું તાપમાન અને ભેજ હાનિકારક જીવાતો તથા રોગો માટે અનુકૂળ વાતાવરણ પૂરું પાડે છે, જેનાથી પાક સંરક્ષણનો ખર્ચ વધી જાય છે. આ તમામ જોખમોથી બચવા માટે આબોહવા-અનુકૂળ કૃષિ પદ્ધતિઓ અપનાવવી અને જળ સંચય પર ભાર મૂકવો અનિવાર્ય છે.

વરસાદની અનિયમિતતા:

ચોમાસાની પેટર્નમાં ફેરફાર અને બિન-મોસમી વરસાદને લીધે પાકની ઉત્પાદકતા પર વિપરીત અસર થાય છે. ભારતીય કૃષિનો મોટો હિસ્સો (આશરે ૫૫% થી ૬૦%) હજુ પણ ચોમાસાના વરસાદ પર સીધો આધારિત છે. વૈજ્ઞાનિક અભ્યાસો દર્શાવે છે કે આબોહવા પરિવર્તનને કારણે ચોમાસાની પેટર્ન બદલાતા સળંગ સૂકા દિવસો (Dry Spells) ની આવૃત્તિ વધી ગઈ છે. કૃષિ આંકડાઓ અને મોડેલિંગ રિપોર્ટ્સ મુજબ, વૈશ્વિક તાપમાનમાં દર ૧°C નો વધારો થાય તો ઘઉં જેવા મુખ્ય પાકના ઉત્પાદનમાં રાષ્ટ્રીય સ્તરે ૪ થી ૫ મિલિયન ટન સુધીનો ઘટાડો થઈ શકે છે. આ ઉપરાંત, કમોસમી વરસાદ અને વાવાઝોડાને કારણે કાપણી ટાણે ઊભો પાક નષ્ટ થવાના કિસ્સાઓમાં પણ નોંધપાત્ર વધારો થયો છે.

જમીનનું ધોવાણ અને ક્ષારતા:

તાપમાન વૃદ્ધિ અને દરિયાઈ સપાટી વધવાથી ફળદ્રુપ જમીનનું નુકસાન થઈ શકે છે. ભારતીય અવકાશ સંશોધન સંસ્થા (ISRO) અને સંલગ્ન સંસ્થાઓના અહેવાલો મુજબ, ભારતના કુલ ભૌગોલિક ક્ષેત્રફળના આશરે ૩૦% (લગભગ ૨૯.૭ મિલિયન હેક્ટર) જેટલો જમીન વિસ્તાર જમીન ધોવાણ અને અધપતન (Land Degradation) ની ગંભીર સમસ્યા હેઠળ છે. ભારે વરસાદના પ્રવાહથી જમીનનું ઉપલું ફળદ્રુપ સ્તર (Topsoil) ધોવાઈ જાય છે. વૈશ્વિક સ્તરે દરિયાની સપાટી વાર્ષિક આશરે ૩.૭ મિલીમીટર ની ઝડપથી વધી રહી છે. દરિયાનું પાણી કાંઠાના વિસ્તારોમાં અંદર સુધી પ્રવેશી જવાના કારણે (Saline Intrusion) અને ભૂગર્ભ જળમાં ક્ષારનું પ્રમાણ વધવાથી દરિયાકાંઠાના રાજ્યોની હજારો હેક્ટર ફળદ્રુપ જમીન ખેતી માટે બિનઉપયોગી બની રહી છે.

દરિયાકાંઠા અને સાગર નિવસનતંત્ર પર આબોહવા પરિવર્તનની અસર

1. દરિયાની સપાટીમાં વધારો:

વૈશ્વિક સ્તરે દરિયાની સપાટી વાર્ષિક આશરે ૩.૭ મિલીમીટર (૩.૭ mm/year) ની ઝડપથી વધી રહી છે. ભારતના સંદર્ભમાં વાત કરીએ તો, અરબી સમુદ્ર અને બંગાળની ખાડીમાં દરિયાની સપાટીનું તાપમાન વધવાને કારણે છેલ્લા કેટલાક દાયકાઓમાં ચક્રવાતોની આવૃત્તિ અને તીવ્રતામાં ૫૦% થી વધુનો વધારો નોંધાયો છે, જેનાથી નીચાણવાળા દરિયાકાંઠાના વિસ્તારોમાં પૂર અને ધોવાણનું જોખમ ગંભીર બન્યું છે.

2. **દરિયાઈ જીવન પર અસર:**

મહાસાગરોનું તાપમાન વધવાથી અને પાણીની એસિડિટી (pH ઘટવાથી) વધવાથી દરિયાઈ ઇકોસિસ્ટમને ભારે નુકસાન થયું છે. વૈજ્ઞાનિક અહેવાલો મુજબ, જો વૈશ્વિક તાપમાન વૃદ્ધિ ૧.૫°C થી ૨°C સુધી પહોંચે, તો દુનિયાના ૭૦% થી ૯૦% પરવાળા (Coral Reefs) નાશ પામી શકે છે. આનાથી દરિયાઈ જીવસૃષ્ટિ અસંતુલિત થાય છે અને મત્સ્યઉદ્યોગ સાથે જોડાયેલા લાખો લોકોની આજીવિકા પર સીધી અસર પડે છે.

કોષ્ટક – 3

અનુકૂલન વ્યૂહરચનાઓ અને ક્ષેત્રવાર ઉકેલો

ક્ષેત્ર	અનુકૂલન વ્યૂહરચના	મુખ્ય લાભ
કૃષિ ક્ષેત્ર	ક્ષાર-સહનશીલ અને દુષ્કાળ-વિરોધી પાકોનું વાવેતર; સૂક્ષ્મ સિંચાઈ (Drip/Sprinkler).	પાક નિષ્ફળ જવાનું જોખમ ઘટાડવું; પાણીની બચત.
જળ વ્યવસ્થાપન	ચેકડેમ, બોરીબંધ અને વરસાદી પાણીનું સંચય (Rainwater Harvesting).	ભૂગર્ભજળ સ્તર ઊંચું લાવવું; પીવાના પાણીની સુરક્ષા.
તટવર્તીય રક્ષણ	મેંગ્રુવ (Mangrove) વાવેતર અને દરિયાકાંઠાની ભીની જમીન (Wetlands)નું સંરક્ષણ.	સુનામી અને ચક્રવાતના મોજા સામે કુદરતી ઢાલ.
શહેરી વિસ્તાર	સ્માર્ટ ડ્રેનેજ સિસ્ટમ અને ગ્રીન રૂફ્સ (Green Roofs).	શહેરી પૂર (Urban Flooding) અને ગરમીનું પ્રકોપ ઘટાડવું.

કુદરત-આધારિત ઉકેલો અને સ્થાનિક જ્ઞાન

- **સ્થાનિક સમુદાયોનું જ્ઞાન:** પેઢીઓથી ઉપયોગમાં લેવાતી પરંપરાગત જળ સંચય અને ખેતીની પદ્ધતિઓનું આધુનિક વિજ્ઞાન સાથે સંકલન કરવું આબોહવા અનુકૂલન માટે ઉપયોગી બની શકે છે.
- **મિયાવાકી જંગલો** (Miyawaki Forests): શહેરી વિસ્તારોમાં ઝડપથી બાયોડાયવર્સિટી વધારવા અને તાપમાન નિયંત્રિત કરવા માટે સંઘન જંગલોનું નિર્માણ.

નીતિગત માળખું અને વૈશ્વિક ફંડિંગ

- **નેશનલ એક્શન પ્લાન ઓન ક્લાઇમેટ ચેન્જ** (NAPCC): આબોહવા પરિવર્તન સામે લડવા ભારત સરકારના રાષ્ટ્રીય મિશનો.

- **ક્લાઇમેટ ફાઇનાન્સ (Loss and Damage Fund):** વિકસિત દેશો દ્વારા વિકાસશીલ દેશોને અનુકૂલન પ્રોજેક્ટ્સ માટે આપવામાં આવતી નાણાકીય સહાય.
- **સ્થાનિક સમુદાયો પર આબોહવા પરિવર્તનની અસર:** તાપમાન વૃદ્ધિ અને અનિયમિત વરસાદને કારણે દરિયાકાંઠાના અને ગ્રામ્ય વિસ્તારો પર પડતી સામાજિક-આર્થિક અસરોનું આકલન.
- **હવામાન-સ્થિતિસ્થાપક કૃષિ (Climate-Resilient Agriculture):** દુષ્કાળ, અતિવૃષ્ટિ કે ક્ષારતા સહન કરી શકે તેવા પાકોનું વાવેતર અને તપકીય સિંચાઈ (Drip Irrigation) જેવી જળ-સંરક્ષણ પદ્ધતિઓ.
- **કુદરત-આધારિત ઉકેલો (Nature-based Solutions - NbS):** મેંગ્રુવ વાવેતર, શહેરી જંગલો (Miyawaki Forests) અને ભીની જમીનો (Wetlands)ના સંરક્ષણ દ્વારા પૂર અને ગરમીનું નિયંત્રણ.

સંશોધન અભ્યાસના તારણો

વર્તમાન સંશોધન અભ્યાસના સર્વગ્રાહી વિશ્લેષણ અને વૈશ્વિક-રાષ્ટ્રીય ડેટાના આધારે એ સ્પષ્ટ થાય છે કે આબોહવા પરિવર્તન અને વૈશ્વિક તાપમાનમાં થઈ રહેલો અસાધારણ વધારો ભારત સહિત સમગ્ર વિશ્વની કૃષિ ઉત્પાદકતા, જળ સંસાધનો અને દરિયાકાંઠાના નાજુક નિવસનતંત્રો સામે અત્યંત ગંભીર અને દીર્ઘકાલીન જોખમો ઊભા કરી રહ્યો છે. આ વૈશ્વિક પર્યાવરણીય સંકટ સામે માત્ર કાર્બન ઉત્સર્જન ઘટાડવા કે પરંપરાગત શમન (Mitigation) ના પગલાં અપૂરતા અને સીમિત સાબિત થાય છે; આથી, સ્થાનિક સ્તરે પ્રોએક્ટિવ (સક્રિય) અને સમુદાય-આધારિત અનુકૂલન (Community-based Adaptation) પદ્ધતિઓ અપનાવવી હવે અનિવાર્ય બની ગયું છે.

સંશોધનનાં પરિણામો સાબિત કરે છે કે જો પરંપરાગત જ્ઞાન અને આધુનિક વૈજ્ઞાનિક ટેકનોલોજીનો યોગ્ય સમન્વય સાધવામાં આવે, તો ક્ષાર-સહનશીલ તથા દુષ્કાળ-પ્રતિરોધક પાકોનું વાવેતર, વરસાદી પાણીનું વૈજ્ઞાનિક સંચય, દરિયાકાંઠે મેંગ્રુવ્સનું વ્યાપક વાવેતર અને કુદરત-આધારિત ઉકેલો (Nature-based Solutions - NbS) જેવાં પગલાં દ્વારા સ્થાનિક સમુદાયોની આબોહવા-સ્થિતિસ્થાપકતા (Climate Resilience) માં નોંધપાત્ર વધારો કરી શકાય છે. અંતિમ વિશ્લેષણ દર્શાવે છે કે આ જટિલ પડકારોનો સામનો કરવા માટે માત્ર સ્થાનિક પ્રયાસો પૂરતા નથી, પરંતુ મજબૂત અને અસરકારક નીતિગત માળખાં (જેમ કે NAPCC), વિકાસશીલ

દેશો માટે ક્લાઇમેટ ફાઇનાન્સની પૂરતી નાણાકીય જોગવાઈઓ, અને સરકાર તથા સ્થાનિક સમુદાયો વચ્ચેની મજબૂત ભાગીદારી અત્યંત આવશ્યક છે. આ ત્રિસ્તરીય અભિગમના સક્રિય અમલીકરણ દ્વારા જ આપણે ભવિષ્યની પેઢીઓ માટે એક સુરક્ષિત, સ્થિતિસ્થાપક અને ટકાઉ વિશ્વનું નિર્માણ કરી શકીશું.

સંશોધન અભ્યાસના સૂચનો

આબોહવા પરિવર્તન સામેની અનુકૂલન વ્યૂહરચનાઓને વધુ અસરકારક બનાવવા માટે કેટલાક વ્યવહારુ સૂચનો ધ્યાનમાં રાખી શકાય છે, જેમાં પ્રાદેશિક સ્તરે ચોક્કસ કેસ સ્ટડી કે ડેટાનો ઉમેરો કરવો, નીતિઓ અને વાસ્તવિક અમલીકરણ વચ્ચેના અંતરને દૂર કરવું, અને સ્થાનિક સમુદાયોની સક્રિય ભાગીદારી સુનિશ્ચિત કરવી અનિવાર્ય છે. વધુમાં, કૃષિ ક્ષેત્રે જળ-બચત કરતી સિંચાઈ પદ્ધતિઓ અને દરિયાકાંઠાના વિસ્તારોમાં મેંગ્રુવ્સનું વ્યાપક વાવેતર કરવાથી આપત્તિઓ સામે રક્ષણ મેળવી શકાશે. સરકારી યોજનાઓ (જેમ કે NAPCC) ના તળિયાના સ્તરે યોગ્ય અમલીકરણ દ્વારા અને ક્લાઇમેટ ફાઇનાન્સની પૂરતી જોગવાઈ દ્વારા જ ટકાઉ વિકાસના લક્ષ્યોને સફળતાપૂર્વક સિદ્ધ કરી શકાશે.

સમાપન

આબોહવા પરિવર્તન એ માત્ર પર્યાવરણીય સમસ્યા નથી પણ માનવ અસ્તિત્વનો સવાલ છે. શમન (Mitigation) સાથે પ્રોએક્ટિવ અનુકૂલન (Adaptation) પદ્ધતિઓ અપનાવવી અનિવાર્ય છે. ટેકનોલોજી, સરકારી નીતિઓ અને સમુદાયની ભાગીદારીનો સમન્વય જ ભાવિ પેઢી માટે સ્થિતિસ્થાપક અને ટકાઉ વિશ્વનું નિર્માણ કરી શકશે.

સંદર્ભ સૂચિ

- Adger, W. N., Huq, S., Brown, K., Conway, D., & Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, *3*(3), 179–195. https://doi.org/10.1191/1464993403ps060oa
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. https://doi.org/10.4060/cb4476en
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability: Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner et al., Eds.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

- Ministry of Environment, Forest and Climate Change. (2018). *India: Second biennial update report to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Government of India. https://moef.gov.in/
- Rudd, M. A. (2014). Scientists' perspectives on global climate change research priorities. *Environmental Development, 10*, 86–99. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2014.02.001
- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 375*(1794), 20190120. https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change, 16*(3), 282–292. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008