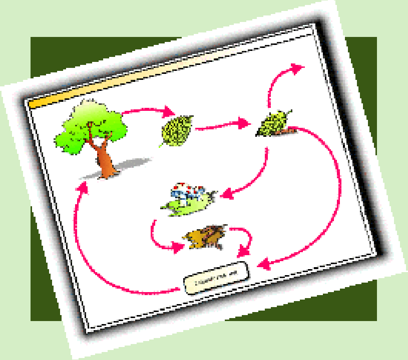
അധ്യായം 14

H3B6P3



# ആവാസവ്യവസ്ഥ
# (ECOSYSTEM)


14.1 ആവാസവ്യവസ്ഥ - ഘടനയും ധർമവും
14.2 ഉൽപ്പാദനക്ഷമത
14.3 വിഘടനം
14.4 ഊർജപ്രവാഹം
14.5 ഇക്കോളജിക്കൽ പിരമിഡുകൾ
14.6 പാരിസ്ഥിതിക അനുക്രമം
14.7 പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രിക പ്രവാഹം
14.8 ആവാസവ്യവസ്ഥ - സേവനങ്ങൾ


ഭൂമി ജൈവവൈവിധ്യത്താൽ സമ്പന്നമാണ്. ജീവികൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരാശ്രയത്വമാണ് ഇതിനെ നിലനിർത്തുന്നത്. ആവാസവ്യവസ്ഥകളിൽ ഈ പരസ്പരാശ്രയത്വം ദൃശ്യമാണ്. പ്രകൃതിയുടെ പ്രവർത്തനപരമായ മണ്ഡലമാണ് ആവാസവ്യവസ്ഥ. ഇവിടെ ജീവജാലങ്ങൾ തമ്മിലും ജീവികളും അവയുടെ ഭൗതിക ചുറ്റുപാടും തമ്മിലും പരസ്പരം ആശ്രയിക്കുന്നു. ചെറിയ കുളങ്ങൾ, വനങ്ങൾ, കടൽ എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത വലുപ്പത്തിലുള്ള ആവാസവ്യവസ്ഥകളുണ്ട്. പല പരിസ്ഥിതി ശാസ്ത്രജ്ഞരും ജീവമണ്ഡലത്തെ ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ആവാസവ്യവസ്ഥകളും ചേർന്ന ആഗോള ആവാസവ്യവസ്ഥ എന്ന നിലയിൽ കണക്കാക്കാറുണ്ട്. ഈ വ്യവസ്ഥ വളരെ വലുതും സങ്കീർണവുമായതിനാൽ ഒരുമിച്ചുള്ള പഠനം ശ്രമകരമാണ്. സൗകര്യത്തിനായി ആവാസവ്യവസ്ഥയെ രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയാണ് കര ആവാസവ്യവസ്ഥയും (Terrestrial ecosystem) ജല ആവാസവ്യവസ്ഥയും (Aquatic ecosystem). വനം, പുൽമേട്, മരുഭൂമി എന്നിവ കര ആവാസവ്യവസ്ഥകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. കുളം, തടാകം (കായൽ), തണ്ണീർത്തടങ്ങൾ (Wetlands), പുഴകൾ, അഴിമുഖങ്ങൾ (Estuaries) എന്നിവ ജല ആവാസവ്യവസ്ഥകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. കൃഷിയിടങ്ങളും അക്വേറിയവും മനുഷ്യനിർമിത ആവാസവ്യവസ്ഥകളായി കണക്കാക്കുന്നു. *നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടും കാണുന്ന ആവാസവ്യവസ്ഥകളുടെ ലിസ്റ്റ് തയാറാക്കൂ.*

ആദ്യം നമുക്ക് ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ ഘടനയെ കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കാം. എന്നാൽ മാത്രമെ ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഉൽപ്പാദനക്ഷമത, ഊർജക്കൈമാറ്റം (ഭക്ഷ്യശൃംഖല/ജാലം, പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രികപ്രവാഹം), തൽഫലമായുണ്ടാകുന്ന വിഘടനം, ഊർജനഷ്ടം

എന്നിവയെക്കുറിച്ച് ധാരണ രൂപീകരിക്കാൻ കഴിയും. അതുപോലെ ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന ഊർജപ്രവാഹത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ചാക്രികപ്രവാഹങ്ങൾ, ഭക്ഷ്യശൃംഖല, ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലം, ഇവ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരബന്ധം എന്നിവയും അറിയേണ്ടതുണ്ട്.

## 14.1. ആവാസവ്യവസ്ഥ - ഘടനയും ധർമവും

പരിസ്ഥിതിയിലെ ജീവിയവും അജീവിയവുമായ ഘടകങ്ങളെ അധ്യായം 13 ൽ നമ്മൾ പരിചയപ്പെട്ടു. ജീവിയ ഘടകങ്ങളും അജീവിയഘടകങ്ങളും പരസ്പരവും അവയുടെ ചുറ്റുപാടുകളുമായും എങ്ങനെ ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നുവെന്നും നിങ്ങൾക്കറിയാം. ഇനി നമുക്ക് ഈ ഘടകങ്ങളെ കുറച്ചു കൂടി സംയോജിതമായ രീതിയിൽ മനസ്സിലാക്കാം. കൂടാതെ ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഇത്തരം ഘടകങ്ങളിലൂടെ ഊർജ പ്രവാഹം എങ്ങനെയാണ് നടക്കുന്നതെന്നും നോക്കാം.

ജീവിയവും അജീവിയവുമായ ഘടകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരാശ്രയത്വം മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഭൗതിക ഘടനയാണ് ഓരോ ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെയും സവിശേഷ ഘടനയ്ക്ക് കാരണം. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ സസ്യജന്തുവർഗങ്ങളുടെ എണ്ണവും വൈവിധ്യവുമാണ് അതിന്റെ ജീവിവർഗ വിന്യാസം (Species composition) നിർണയിക്കുന്നത്. വ്യത്യസ്ത തലങ്ങളിലുള്ള ജീവവർഗങ്ങളെ ലംബമായി വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നതിനെ **സ്ട്രാറ്റിഫിക്കേഷൻ (Stratification)** എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണമായി, ഒരു വനത്തിൽ ഏറ്റവും മുകളിലുള്ള നിരയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത് മരങ്ങളാണ്. രണ്ടാമത്തെ നിരയിൽ കുറ്റിച്ചെടികളും (Shrubs) താഴെയുള്ള നിരകളിൽ ഓഷധികളും (Herbs) പുൽച്ചെടികളുമാണ് ഉൾപ്പെടുന്നത്.

ചുവടെ നൽകിയ സവിശേഷതകൾ പരിഗണിക്കുമ്പോൾ ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഘടകങ്ങൾ ഒരുമിച്ച് പ്രവർത്തിക്കുന്നതായി കാണാം:

(i) ഉൽപ്പാദനക്ഷമത (Productivity)

(ii) വിഘടനം (ജീർണനം) (Decomposition)

(iii) ഊർജപ്രവാഹം (Energy flow)

(iv) പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രികപ്രവാഹം (Nutrient cycling)

ഒരു ജല ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ സവിശേഷതകൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതിനായി ഒരു ചെറിയ കുളത്തെ ഉദാഹരണമായി എടുക്കാം. സ്വയം നിലനിൽക്കാൻ കഴിയുന്ന ഒരു സ്ഥലമായ കുളം ജല ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ സങ്കീർണങ്ങളായ പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു ഉദാഹരണമാണ്. മുകളിൽ സൂചിപ്പിച്ച നാല് അടിസ്ഥാന സവിശേഷതകളും വ്യക്തമായി പ്രകടമാക്കുന്ന ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയാണ് ആഴം കുറഞ്ഞ ജലാശയമായ കുളം. ജലവും, അതിൽ ലയിച്ചു ചേർന്നിരിക്കുന്ന കാർബണികവും അകാർബണികവുമായ വസ്തുക്കളും, കുളത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ അടിഞ്ഞുകൂടിയ മണ്ണും അജീവിയ ഘടകങ്ങളാണ്. സൗരോർജ ലഭ്യത, താപനിലയുടെ ചാക്രികത, ദിനദൈർഘ്യം, മറ്റ് കാലാവസ്ഥ ഘടകങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം കുളത്തിന്റെ പ്രവർത്തന നിരക്കിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. സസ്യപ്ലവകങ്ങൾ (Phytoplanktons), ചില ആൽഗകൾ, ഒഴുകുന്നതും മുങ്ങിക്കിടക്കുന്നതുമായ സസ്യങ്ങൾ, കുളത്തിന്റെ അരികിൽ വളരുന്ന സസ്യങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം സ്വപോഷികളായ ഘടകങ്ങളാണ്. ജന്തുപ്ലവകങ്ങൾ (Zooplanktons), സ്വതന്ത്രമായി ഒഴുകി നടക്കുന്നവ, അടിത്തട്ടിൽ വസിക്കുന്നവ തുടങ്ങിയവ ഉപഭോക്താക്കളാണ്. ഫംഗസ്, ബാക്ടീരിയ, കുളത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിലുള്ള ഫ്ളജെല്ലേറ്റുകൾ എന്നിവ വിഘാടകരാണ്. ഏതൊരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലും

ജീവമണ്ഡലത്തിലാകമാനവും നടക്കുന്ന എല്ലാ പ്രവർത്തനങ്ങളും ഇവിടെയും നടക്കുന്നു. അതായത് സ്വപോഷികൾ സൗരോർജം ഉപയോഗിച്ച് അകാർബണിക വസ്തുക്കളെ കാർബണിക വസ്തുക്കളാക്കി മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയ, പരപോഷികൾ സ്വപോഷികളെ ആഹാരമാക്കുന്ന പ്രക്രിയ, സ്വപോഷികൾക്ക് വീണ്ടും ഉപയോഗിക്കാനുതകുന്ന തരത്തിൽ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങൾ ജീർണനത്തിനും ധാതുവൽക്കരണത്തിനും വിധേയമാക്കുന്ന പ്രക്രിയ എന്നിവ കുളത്തിലും ആവർത്തിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. കൂടാതെ ഉയർന്ന പോഷണതലത്തിലേക്ക് ഏകദിശയിലുള്ള ഊർജപ്രവാഹവും താപത്തിന്റെ രൂപത്തിലുള്ള ഊർജനഷ്ടവും നടക്കുന്നു. *നിങ്ങളുടെ ചുറ്റുപാടിലുള്ള ഒരു കുളം സന്ദർശിച്ച് ജീവീയ ഘടകങ്ങളും അജീവീയ ഘടകങ്ങളും എങ്ങനെ പരസ്പരം ആശ്രയിക്കുന്നുവെന്ന് കണ്ടെത്തി കുറിപ്പ് തയാറാക്കുക.*

## 14.2 ഉൽപാദനക്ഷമത

ഏതൊരു ആവാസവ്യവസ്ഥയും പ്രവർത്തിക്കുന്നതിനും നിലനിൽക്കുന്നതിനും പ്രധാനമായും വേണ്ടത് സൗരോർജത്തിന്റെ നിരന്തര ലഭ്യതയാണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥലത്ത് പ്രത്യേക സമയത്ത് സസ്യങ്ങൾ നിർമി ¡ p¶ ssPh } rÞ w(Biomass) അഥവാ ജൈവവസ്തുവിന്റെ അളവിനെ **പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനം (Primary production)** എന്നു പറയുന്നു. ഇത് ഭാരത്തിന്റെ യൂണിറ്റിലോ ($g^{-2}$) ഊർജത്തിന്റെ യൂണിറ്റിലോ (kcal $m^{-2}$) ആണ് പ്രതിപാദിക്കുന്നത്. ജൈവപിണ്ഡം ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന നിരക്കിനെ ഉൽപ്പാദനക്ഷമത എന്നു പറയുന്നു. വ്യത്യസ്ത ആവാസവ്യവസ്ഥകളിലെ ഉൽപ്പാദനക്ഷമത താരതമ്യം ചെയ്യാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന യൂണിറ്റാണ് $g^{-2}$ $yr^{-1}$ അല്ലെങ്കിൽ (kcal$m^{-2}$) $yr^{-1}$. ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയെ മൊത്തത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത (Gross primary productivity-GPP), ഫലത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത (Net primary productivity-NPP) എന്നിങ്ങനെ രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ നിർമ്മിക്കുന്ന ജൈവവസ്തുവിന്റെ നിരക്കാണ് **മൊത്തത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത**. GPP യുടെ നല്ലൊരു അളവ് സസ്യങ്ങൾ ശ്വസനപ്രക്രിയയ്ക്കായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. മൊത്തത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയിൽ നിന്നും ശ്വസനപ്രക്രിയയ്ക്കായി ഉപയോഗിച്ചത് കുറയ്ക്കുമ്പോൾ ലഭിക്കുന്നതാണ് **ഫലത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത**.

$$GPP - R = NPP$$

പരപോഷികൾക്ക് (സസ്യഭുക്കുകൾക്കും വിഘാടകർക്കും) ലഭ്യമാകുന്ന ജൈവപിണ്ഡമാണ് ഫലത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത. ഉപഭോക്താക്കൾ പുതിയ ജൈവപിണ്ഡം നിർമിക്കുന്ന നിരക്കിനെ **ദ്വിതീയ ഉൽപ്പാദനക്ഷമത (Secondary productivity)** എന്നു പറയുന്നു.

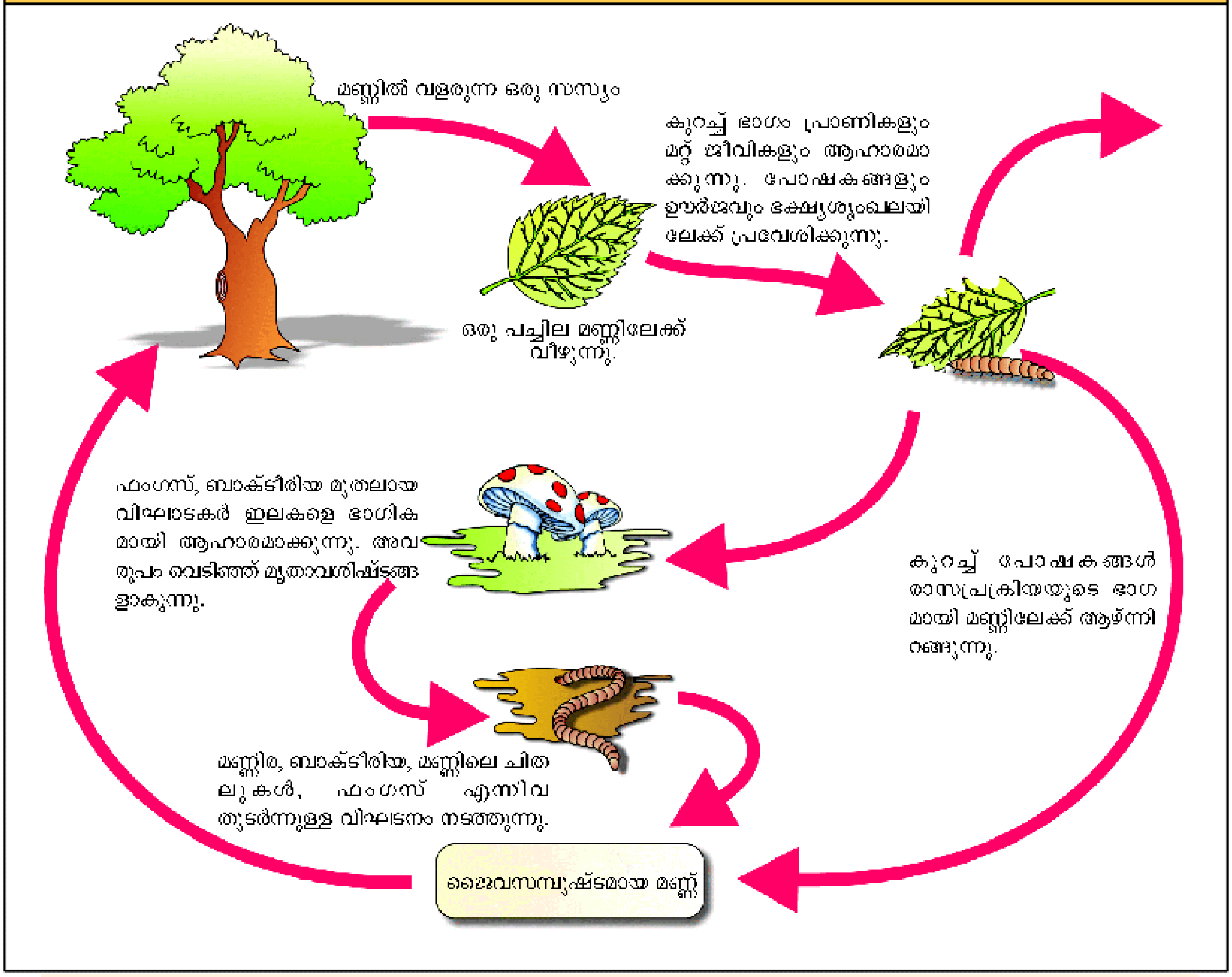
ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥലത്തിന്റെ പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത അവിടെ കാണപ്പെടുന്ന സസ്യവർഗത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ആ സ്ഥലത്തിന്റെ പാരിസ്ഥിതിക ഘടകങ്ങൾ, പോഷകങ്ങളുടെ ലഭ്യത, സസ്യങ്ങളുടെ പ്രകാശസംശ്ലേഷണക്ഷമത എന്നിവയുമായും പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അതിനാൽ വ്യത്യസ്ത ആവാസവ്യവസ്ഥകളിലെ പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ജൈവമണ്ഡലത്തിലെ വാർഷിക മൊത്ത പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത ഏകദേശം 170 ബില്യൺ ടൺ (നിർജലീയ ഭാരം - Dry weight) ജൈവവസ്തുവാണ്. ഇതിൽ ഭൂമിയുടെ 70 ശതമാനത്തോളം വരുന്ന സമുദ്രത്തിന്റെ ഉൽപ്പാദനക്ഷമത 55 ബില്യൺ ടൺ മാത്രമാണ്. ബാക്കിയുള്ളത് കരയുടേതാണ്. *സമുദ്രത്തിന്റെ ഉൽപ്പാദനക്ഷമത ഇത്രയും കുറയാനുള്ള കാരണം ചർച്ച ചെയ്ത് കണ്ടെത്തലുകൾ ക്ലാസിൽ പൊതുവായി അവതരിപ്പിക്കൂ.*

## 14.3 ജീർണനം (വിഘടനം)

കർഷകന്റെ മിത്രം എന്നാണ് മണ്ണിരയെ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. സങ്കീർണമായ ജൈവവസ്തുക്കളെ വിഘടിപ്പിക്കുന്നതു കൊണ്ടും മണ്ണ് ഇളക്കമുള്ള താക്കുന്നതുകൊണ്ടുമാണ് മണ്ണിരയെ ഇങ്ങനെ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. സങ്കീർണമായ ജൈവവസ്തുക്കളെ വിഘാടകർ അകാർബണിക വസ്തുക്കളായ കാർബൺ ഡയോക്സൈഡ്, ജലം, പോഷകഘടകങ്ങൾ എന്നിവയാക്കി മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയെ **വിഘടനം** എന്നുപറയുന്നു. സസ്യഭാഗങ്ങളായ ഉണങ്ങിയ ഇലകൾ, കാണ്ഡം, പൂക്കൾ, മൃഗങ്ങളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങൾ, വിസർജ്യവസ്തുക്കൾ എന്നിവ എല്ലാം ചേർന്ന് **മൃതാവശിഷ്ടങ്ങൾ (Detritus)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇതാണ് ജീർണനത്തിനുള്ള അസംസ്കൃതവസ്തു. ഫ്രാഗ്മെന്റേഷൻ (Fragmentation), ലീച്ചിങ് (Leaching), അപചയം (Catabolism), ഹ്യുമിഫിക്കേഷൻ (Humification), ധാതുവൽക്കരണം (Mineralisation) എന്നിവയാണ് ജീർണനത്തിന്റെ പ്രധാന ഘട്ടങ്ങൾ. **മൃതഭോജികൾ (Detritivores)** (ഉദാ: മണ്ണിര) മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളെ ചെറിയ കണികകളാക്കി മാറ്റുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ഫ്രാഗ്മെന്റേഷൻ. ലീച്ചിങ്ങിന്റെ** ഫലമായി ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്ന അകാർബണിക പോഷകങ്ങൾ മണ്ണിന്റെ അടിത്തട്ടിലേക്ക് പോവുകയും ലഭ്യമല്ലാത്ത രീതിയിൽ ലവണങ്ങളായി അവക്ഷിപ്തപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ബാക്ടീരിയ, ഫംഗസ് എന്നിവയിലെ രാസാഗ്നികൾ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളെ ലഘു ഘടനയുള്ള അകാർബണിക വസ്തുക്കളാക്കി മാറ്റുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ **അപചയം** എന്നു പറയുന്നു.

ജീർണനത്തിന്റെ മുകളിൽ പറഞ്ഞ പ്രക്രിയകളെല്ലാം മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളിൽ ഒരേ സമയത്താണ് നടക്കുന്നത്. (ചിത്രം 14.1). എന്നാൽ മണ്ണിൽ വച്ച് നടക്കുന്ന ജീർണനത്തിന്റെ ഭാഗമായാണ് ഹ്യുമിഫിക്കേഷനും ധാതുവൽക്കരണവും നടക്കുന്നത്. ഇരുണ്ട നിറത്തിലുള്ള, പരൽ രൂപമില്ലാത്ത വസ്തുവായ ഹ്യൂമസ് (Humus) ഉണ്ടാകുന്ന പ്രക്രിയയാണ് **ഹ്യുമിഫിക്കേഷൻ**. സൂക്ഷ്മജീവികളുടെ പ്രവർത്തനത്തെ പ്രതിരോധിക്കാൻ കഴിവുള്ള ഹ്യൂമസിൽ വളരെ കുറഞ്ഞ നിരക്കിലാണ് ജീർണനം നടക്കുന്നത്. കൊളോയ്ഡ് (Colloid) അവസ്ഥയിലുള്ളതായതിനാൽ പോഷകങ്ങളുടെ സംഭരണകേന്ദ്രമായി ഹ്യൂമസ് വർത്തിക്കുന്നു. ഹ്യൂമസിനെ ചില സൂക്ഷ്മജീവികൾ വിഘടപ്പിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി അകാർബണിക പോഷകങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയാണ് **ധാതുവൽക്കരണം.**

വളരെയധികം ഓക്സിജൻ ആവശ്യമായ ഒരു പ്രക്രിയയാണ് ജീർണനം. മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ രാസഘടന, കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങൾ എന്നിവ ജീർണനത്തിന്റെ നിരക്കിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ഒരു പ്രത്യേക കാലാവസ്ഥയിൽ ലിഗ്നിൻ, കൈറ്റിൻ എന്നിവ ധാരാളം അടങ്ങിയ മൃതാവശിഷ്ടത്തിന്റെ ജീർണന നിരക്ക് കുറവും ധാരാളം നൈട്രജൻ, ജലത്തിൽ ലേയമായ പഞ്ചസാര എന്നിവയടങ്ങിയ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ ജീർണന നിരക്ക് കൂടുതലുമായിരിക്കും. മണ്ണിലെ സൂക്ഷ്മജീവികളുടെ പ്രവർത്തനത്തെ സ്വാധീനിച്ച് ജീർണനത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന പ്രധാനപ്പെട്ട കാലാവസ്ഥാഘടകങ്ങളാണ് താപനിലയും മണ്ണിലെ ജലാംശവും. ചെറിയ ചൂടും, ഈർപ്പവുമുള്ള കാലാവസ്ഥയും ജീർണനത്തിന് അനുകൂലമാണ്. എന്നാൽ താണ താപനിലയും ഓക്സിജന്റെ അഭാവവും ജീർണനത്തെ തടയുന്നു. ഇത് ജൈവവസ്തുക്കളുടെ അളവ് കൂടാൻ കാരണമാകുന്നു.




**ചിത്രം 14.1** ഒരു കര ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ജീർണന ചക്രത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിത്രീകരണം

## 14.4 ഊർജപ്രവാഹം

ആഴക്കടലിലുള്ള ഹൈഡ്രോ തെർമൽ ആവാസവ്യവസ്ഥ ഒഴികെയുള്ള എല്ലാ ആവാസ വ്യവസ്ഥകളിലെയും ഊർജസ്രോതസ് സൂര്യനാണ്. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള പതനരശ്മികളിൽ 50 ശതമാനത്തിൽ താഴെയാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് യോഗ്യമായത്. ഇതാണ് **പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് അനുയോജ്യമായ വികിരണങ്ങൾ (Photosynthetically Active Radiation - PAR)**. സസ്യങ്ങളും പ്രകാശസംശ്ലേഷണ ബാക്ടീരിയകളും (സ്വപോഷികൾ) സൂര്യന്റെ വികിരണോർജത്തെ സ്വീകരിച്ച് ലഘു അകാർബണിക വസ്തുക്കളിൽ നിന്നും ആഹാരം നിർമിക്കുന്നു. PAR ന്റെ 2-10 ശതമാനം വരെയാണ് സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്. ഈ കുറഞ്ഞ അളവിലുള്ള ഊർജമാണ് ജീവലോകത്തെ നിലനിർത്തുന്നത്. അതിനാൽ സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന സൗരോർജം എങ്ങനെയാണ് ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ വ്യത്യസ്ത ജീവികളിലൂടെ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് എന്ന് അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതാണ്. എല്ലാ ജീവികളും ആഹാരത്തിനായി നേരിട്ടോ അല്ലാതെയോ ആശ്രയിക്കുന്നത് ഉൽപ്പാദകരെയാണ്. അതിനാൽ സൂര്യനിൽ നിന്നും ഉൽപ്പാദകരിലേക്കും അവയിൽ നിന്നും ഉപഭോക്താക്കളിലേക്കുമുള്ള ഊർജപ്രവാഹം ഏകദിശയിലാണ് നടക്കുന്നതെന്ന് കാണാവുന്നതാണ്. ഇത്

*തെർമോഡയനാമിക്സിലെ (Thermodynamics) രണ്ടാമത്തെ നിയമം അനുസരിച്ചല്ലേ നടക്കുന്നത്?*

ആവാസവ്യവസ്ഥകൾക്ക് തെർമോഡയനാമിക്സിലെ രണ്ടാമത്തെ നിയമവും ബാധകമാണ്. ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ജീവിയഘടകങ്ങൾക്കാവശ്യമായ തന്മാത്രകൾ നിർമിക്കുന്നതിനും പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഉയർന്നുവരുന്ന ക്രമരാഹിത്യം തടയുന്നതിനും നിരന്തരമായ ഊർജപ്രവാഹം ആവശ്യമാണ്.

ഹരിതസസ്യങ്ങൾ ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ **ഉൽപ്പാദകർ (Producers)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. കര ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഉൽപ്പാദകർ പ്രധാനമായും ഓഷധികളും വൃക്ഷങ്ങളുമാണ്. അതുപോലെ, സസ്യപ്ലവകങ്ങൾ, ആൽഗകൾ, ഉയർന്നതലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങൾ എന്നിവയാണ് ജല ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദകർ.

പ്രകൃതിയിൽ നിലനിൽക്കുന്ന ഭക്ഷ്യശൃംഖലകളെയും ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലത്തെയും കുറിച്ച് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭക്ഷ്യശൃംഖലയും ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലവും സസ്യങ്ങളിൽ (ഉൽപ്പാദകർ) നിന്നാരംഭിച്ച് സസ്യങ്ങളെ ആഹാരമാക്കുന്നവർ, മൃഗങ്ങളെ ആഹാരമാക്കുന്നവർ എന്നിവരിലൂടെ കടന്നു പോകുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള പരസ്പരാശ്രയത്വത്തിന്റെ ഫലമായാണ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലകളും ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നത്. ഒരു ജീവിയിലെത്തിയ ഊർജം എന്നന്നേക്കും അതിൽ നിലനിൽക്കുന്നില്ല. അതായത്, ഉൽപ്പാദകരിലെത്തിയ ഊർജം ഉപഭോക്താക്കളിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അല്ലെങ്കിൽ ജീവി മരിക്കുന്നു. ജീവികൾ മരിക്കുന്നതോടെ മൃതാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖല / ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലത്തിന് (Detritus food chain/web) ആരംഭം കുറിക്കുന്നു.

എല്ലാ ജന്തുക്കളും (നേരിട്ടോ അല്ലാതെയോ) സസ്യങ്ങളെയാണ് ആഹാരത്തിനായി ആശ്രയിക്കുന്നത്. അതിനാൽ അവ **ഉപഭോക്താക്കൾ (Consumers)** അഥവാ പരപോഷികൾ (Heterotrophs) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഉൽപ്പാദകരായ സസ്യങ്ങളെ നേരിട്ട് ആഹാരത്തിനായി ആശ്രയിക്കുന്നവരെ പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താക്കൾ (Primary consumers) എന്നു പറയുന്നു. സസ്യങ്ങളെ (അവയുടെ ഉൽപ്പന്നങ്ങളെ) ആഹാരമാക്കുന്ന ജന്തുക്കളെ ആഹാരത്തിനായി ആശ്രയിക്കുന്നവരാണ് ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താക്കളും (Secondary consumers) തൃതീയ ഉപഭോക്താക്കളും (Tertiary consumers). പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താക്കൾ **സസ്യഭുക്കുകളാണ്** (Herbivores). ഷഡ്പദങ്ങൾ, പക്ഷികൾ, സസ്തനികൾ തുടങ്ങിയവ കര ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ സസ്യഭുക്കുകളാണ്. ജല ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ സസ്യഭുക്കുകൾക്ക് ഒരുദാഹരണമാണ് മൊളസ്കുകൾ (Molluscs).

സസ്യഭുക്കുകളെ ആഹാരമാക്കുന്ന ഉപഭോക്താക്കളാണ് മാംസഭുക്കുകൾ അഥവാ **പ്രാഥമിക മാംസഭുക്കുകൾ (Primary carnivores)** (അവ ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താക്കൾ ആണെങ്കിലും). ആഹാരത്തിനായി പ്രാഥമിക മാംസഭുക്കുകളെ ആശ്രയിക്കുന്നവരാണ് **ദ്വിതീയ മാംസഭുക്കുകൾ (Secondary carnivores).** ഒരു ഗ്രേസിങ് ഭക്ഷ്യശൃംഖല (Grazing food chain-GFC) ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു.

പുല്ല് (ഉൽപ്പാദകർ) → ആട് (പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താവ്) → മനുഷ്യൻ (ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താവ്) →

മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്നും ആരംഭിക്കുന്നതാണ് **മൃതാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖല (Detritus food chain-DFC)**. പരപോഷികളായ ബാക്ടീരിയ, ഫംഗസ് തുടങ്ങിയ **വിഘാടകർ (Decomposers)** ചേർന്നാണ് ഇതുണ്ടായിരിക്കുന്നത്. ഇവയ്ക്ക് ആവശ്യമായ ഊർജവും പോഷണവും മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ വിഘടനത്തിൽ നിന്നാണ് ലഭിക്കുന്നത്. അതിനാൽ ഇവ **മൃതഭോജികൾ (Saprotrophs)** എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെ

ടുന്നു. വിഘാടകർ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന ദഹനരാസാഗ്നികൾ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളെ വിഘടിപ്പിച്ച് ലഘു അകാർബണിക വസ്തുക്കളാക്കി മാറ്റി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു.

ജല ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ ഊർജപ്രവാഹം നടക്കുന്നത് പ്രധാനമായും ഗ്രേസിങ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിലൂടെയാണ്. എന്നാൽ കര ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ ഊർജപ്രവാഹം പ്രധാനമായും മൃതാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിലൂടെയാണ് നടക്കുന്നത്. മൃതാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖല ചില തലങ്ങളിൽ ഗ്രേസിങ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് കാണപ്പെടുന്നു. അതായത് മൃതാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിലെ ചില ജീവികൾ ഗ്രേസിങ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിലെ ജീവികളുടെ ആഹാരമാണ്. പ്രകൃത്യാലുള്ള ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ചില ജീവികളായ പാറ്റ, കാക്ക തുടങ്ങിയവ മിശ്രഭുക്കുകളാണ് (Omnivores). ഇത്തരത്തിൽ ഭക്ഷ്യശൃംഖലകൾ സ്വാഭാവികമായി പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടാണ് **ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലം (Food web)** രൂപപ്പെടുന്നത്. *മനുഷ്യൻ ഇതിൽ ഏതു വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു? നിങ്ങൾക്ക് പരിചയമുള്ള ജീവികളെ ഉൾപ്പെടുത്തി ഒരു ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലം നിർമിക്കൂ.*

മറ്റുള്ള ജീവികളുമായുള്ള ആഹാരബന്ധത്തിനനുസരിച്ച് ജീവികൾക്ക് അവ വസിക്കുന്ന ചുറ്റുപാടിലോ ജീവിസമുദായത്തിലോ ഒരു സ്ഥാനമുണ്ട്. ആഹാരത്തിന്റെയോ പോഷണത്തിന്റെയോ സ്രോതസിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഓരോ ജീവിക്കും ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിൽ ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥാനമുണ്ട്. ഇതിനെ **പോഷണതലം (Trophic level)** എന്ന് പറയപ്പെടുന്നു. ഉൽപ്പാദകരാണ് ഒന്നാമത്തെ പോഷണതലത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. സസ്യഭുക്കുകൾ (പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താക്കൾ) രണ്ടാമത്തെ പോഷണതലത്തിലും മാംസഭുക്കുകൾ (ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താക്കൾ) മൂന്നാമത്തെ പോഷണതലത്തിലും ഉൾപ്പെടുന്നു.

*ചിത്രം (14.2) നിരീക്ഷിച്ച് നൽകിയിരിക്കുന്ന ജീവികളുടെ പോഷണതലത്തെക്കുറിച്ച് നിഗമനങ്ങൾ രൂപീകരിക്കൂ. ഈ ജീവികളെ ഉപയോഗിച്ച് അഞ്ച് ഭക്ഷ്യശൃംഖലകൾ നിർമിക്കൂ.*

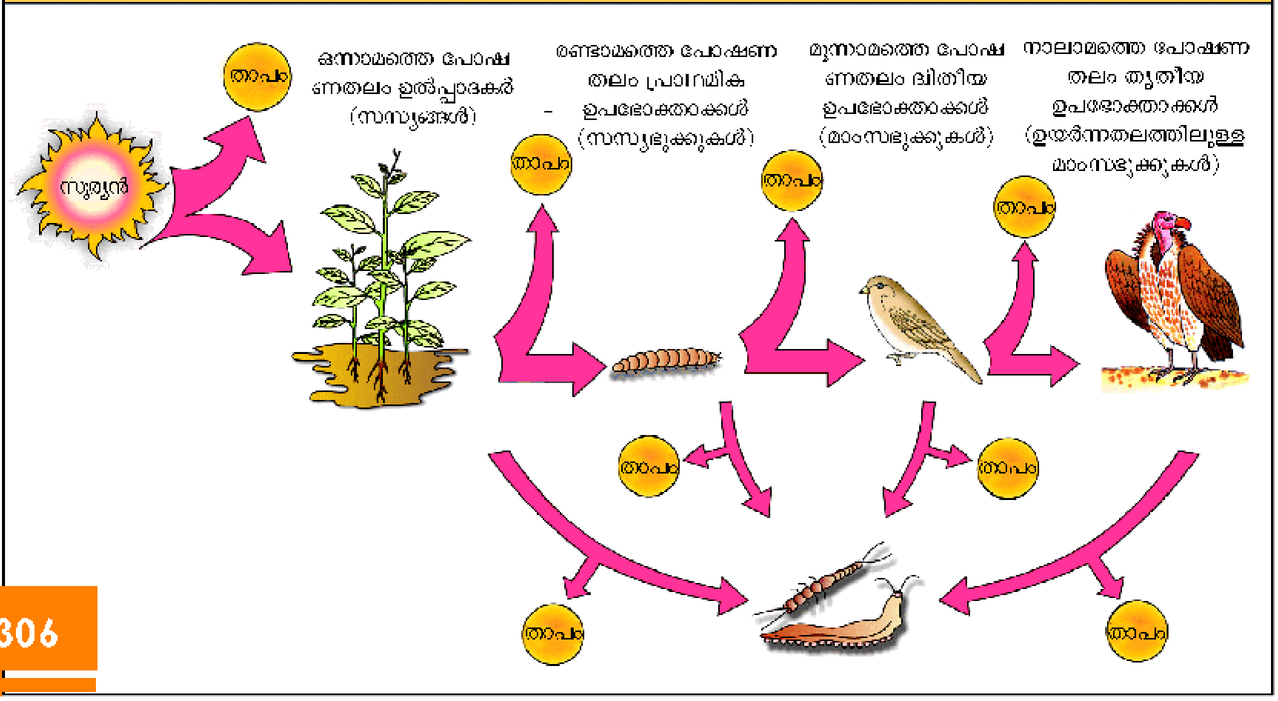
| | | ഉദാഹരണങ്ങൾ |
|---|---|---|
| തൃതീയ ഉപഭോക്താക്കൾ | നാലാമത്തെ പോഷണതലം (ഉയർന്നതലത്തിലുള്ള മാംസഭുക്കുകൾ) | മനുഷ്യൻ, സിംഹം |
| ↑ | | |
| ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താക്കൾ | മൂന്നാമത്തെ പോഷണതലം (മാംസഭുക്കുകൾ) | പക്ഷികൾ, മത്സ്യങ്ങൾ, ചെന്നായ |
| ↑ | | |
| പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താക്കൾ | രണ്ടാമത്തെ പോഷണതലം (സസ്യഭുക്കുകൾ) | ജന്തുപ്ലവകങ്ങൾ, പുൽച്ചാടി, പശു |
| ↑ | | |
| ഉൽപ്പാദകർ | ഒന്നാമത്തെ പോഷണതലം (സസ്യങ്ങൾ) | സസ്യപ്ലവകങ്ങൾ, പുല്ല്, വൃക്ഷങ്ങൾ |

ചിത്രം **14.2** ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ പോഷണതലങ്ങളുടെ ചിത്രീകരണം

ഓരോ പോഷണതലം കഴിയുന്തോറും ഊർജത്തിന്റെ അളവ് കുറയുന്നതായി കാണാവുന്നതാണ്. ജീവികൾ മരിക്കുമ്പോൾ അവ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളാകുന്നു. ഇത് വിഘാടകർക്കുള്ള ഊർജസ്രോതസ് ആയി വർത്തിക്കുന്നു. ഓരോ പോഷണതലത്തിലുമുള്ള ജീവികൾ അവയ്ക്ക് താഴെയുള്ള പോഷണതലത്തെയാണ് ഊർജാവശ്യത്തിനായി ആശ്രയിക്കുന്നത്.

ഓരോ പോഷണതലത്തിലും ഒരു പ്രത്യേക സമയത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ജൈവപിണ്ഡത്തിന്റെ അളവാണ് **സ്റ്റാൻഡിങ് ക്രോപ് (Standing crop)**. ഒരു യൂണിറ്റ് സ്ഥലത്തെ ജൈവപിണ്ഡം അല്ലെങ്കിൽ ജീവികളുടെ എണ്ണമാണ് സ്റ്റാൻഡിങ് ക്രോപ് ആയി കണക്കാക്കുന്നത്. ഒരു ജീവിവർഗത്തിന്റെ **ജൈവപിണ്ഡം (Biomass)** സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ജീവനുള്ള അവസ്ഥയിലെ ഭാരത്തിന്റെയോ നിർജലീയ ഭാരത്തിന്റെയോ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ്. നിർജലീയ ഭാരത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ജൈവപിണ്ഡം കണക്കാക്കുന്നതാണ് കൂടുതൽ കൃത്യത. എന്തുകൊണ്ട്?

ഗ്രേസിങ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിലെ പോഷണതലങ്ങളുടെ എണ്ണം പരിമിതപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതിന് കാരണം ഊർജ കൈമാറ്റത്തിന്റെ 10% നിയമമാണ് (10 percent law). അതായത് ഒരു പോഷണതലത്തിൽ നിന്നും അടുത്ത പോഷണതലത്തിലേക്ക് 10 ശതമാനം ഊർജം മാത്രമാണ് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. പ്രകൃതിയിൽ, ഗ്രേസിംഗ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിൽ ഉൽപ്പാദകർ, സസ്യഭുക്ക്, പ്രാഥമിക മാംസഭുക്ക്, ദ്വിതീയ മാംസഭുക്ക് എന്നിങ്ങനെ വ്യത്യസ്ത തലങ്ങൾ സാധ്യമാണ് (ചിത്രം 14.3). *എന്നാൽ മൃതാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള പരിമിതിയുണ്ടോ? ചർച്ച ചെയ്ത് കുറിപ്പ് തയാറാക്കൂ.*

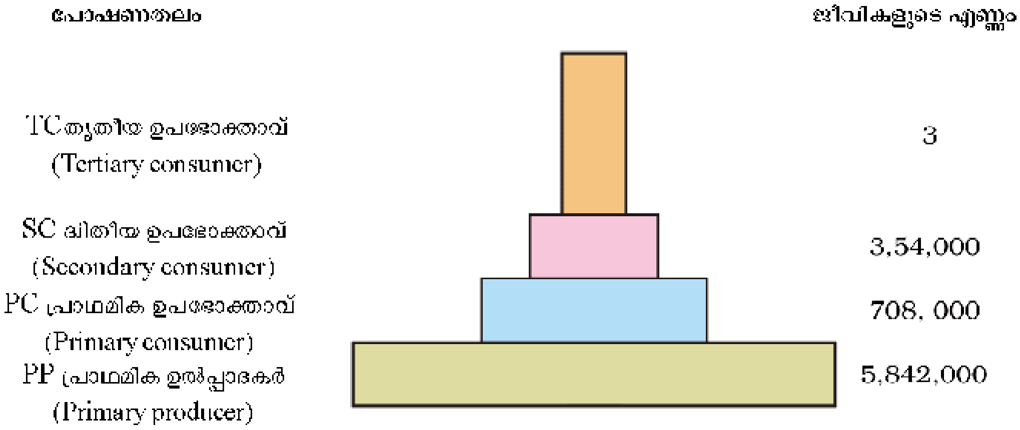



ചിത്രം **14.3** വ്യത്യസ്ത പോഷണതലത്തിലൂടെയുള്ള ഊർജപ്രവാഹം

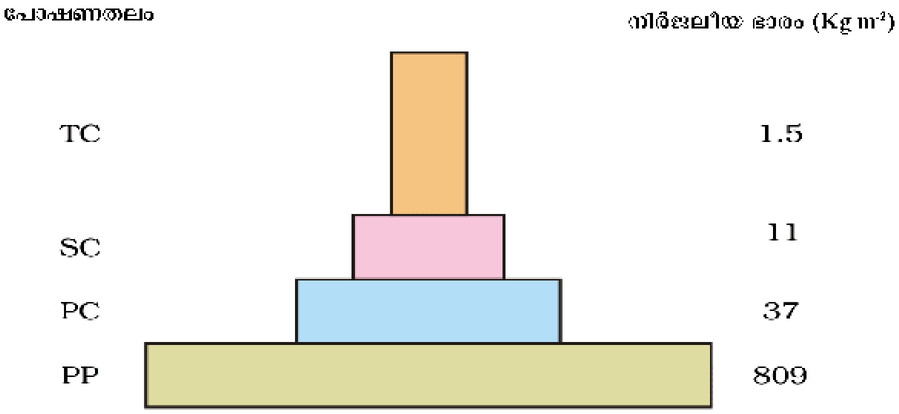
## 14.5 ഇക്കോളജിക്കൽ പിരമിഡുകൾ

പിരമിഡിന്റെ ആകൃതി നിങ്ങൾക്ക് പരിചിതമാണ്. പിരമിഡിന്റെ താഴെയുള്ള ഭാഗം വീതി കൂടിയതും മുകളിലേക്ക് പോകുന്തോറും വീതി കുറഞ്ഞതുമാണ്. വ്യത്യസ്ത പോഷണതലത്തിലെ ജീവികൾ തമ്മിലുള്ള ആഹാരബന്ധം, ഊർജബന്ധം എന്നിവ സൂചിപ്പിക്കുമ്പോഴും ഇത്തരത്തിലുള്ള ആകൃതി ലഭിക്കും. അതിനാൽ ജീവികൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം അവയുടെ എണ്ണം, ജൈവപിണ്ഡം, ഊർജം എന്നിവയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പ്രതിപാദിക്കാറുണ്ട്. പിരമിഡിന്റെ താഴെയുള്ള ഭാഗം ഉൽപ്പാദകരെ (ഒന്നാമത്തെ പോഷണതലം) സൂചിപ്പിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഏറ്റവും മുകൾ ഭാഗം തൃതീയ അല്ലെങ്കിൽ ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള ഉപഭോക്താക്കളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഇക്കോളജിക്കൽ പിരമിഡുകൾ പ്രധാനമായും മൂന്ന് തരത്തിലുണ്ട്. അവയാണ് സംഖ്യാപിരമിഡ് (Pyramid of number), ജൈവപിണ്ഡ പിരമിഡ് (Pyramid of biomass), ഊർജപിരമിഡ് (Pyramid of energy) എന്നിവ.

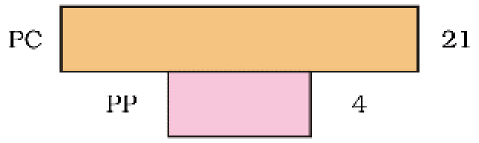
ചിത്രം 14.4 (a), ചിത്രം 14.4 (b), ചിത്രം 14.4 (c), ചിത്രം 14.4 (d) എന്നിവ നിരീക്ഷിക്കൂ.



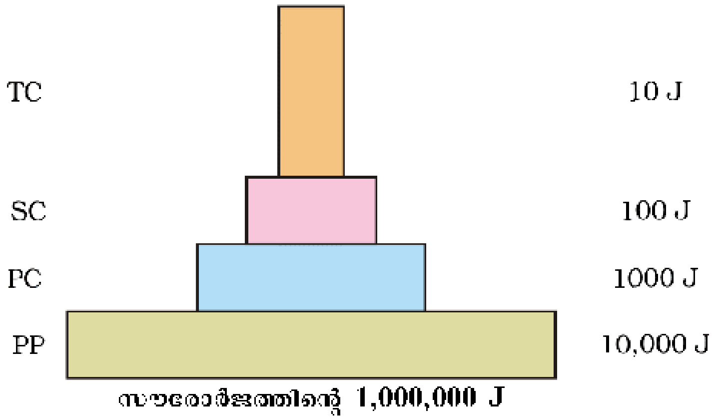

**ചിത്രം 14.4 (a)** പുൽമേട് എന്ന ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ സംഖ്യാപിരമിഡ് ഏകദേശം 6 ദശലക്ഷം സസ്യങ്ങളുടെ ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയെ അടിസ്ഥാനമാക്കിയുള്ള ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥ ഉയർന്നതലത്തിലുള്ള മൂന്ന് മാംസഭുക്കുകളെ മാത്രം നിലനിർത്തുന്നു.




**ചിത്രം 14.4 (b)** ഉയർന്ന പോഷണതലങ്ങളിൽ ജൈവപിണ്ഡത്തിൽ ഗണ്യമായ കുറവ് സൂചിപ്പിക്കുന്ന ജൈവപിണ്ഡ പിരമിഡ്




**ചിത്രം 14.4 (c)** തലകീഴായ ജൈവപിണ്ഡപിരമിഡ് - സസ്യപ്ലവകങ്ങളുടെ വളരെക്കുറഞ്ഞ സ്റ്റാൻഡിങ് ക്രോപ് ജന്തുപ്ലവകങ്ങളുടെ വലിയ സ്റ്റാൻഡിങ് ക്രോപ്പിനെ നിലനിർത്തുന്നു




**ചിത്രം 14.4 (d)** ഒരു മാതൃകാ ഊർജപിരമിഡ്. പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദകർ അവയ്ക്ക് ലഭ്യമായ സൗരോർജത്തിന്റെ ഒരു ശതമാനം മാത്രം ഫലത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയായി മാറ്റുന്നു.

ജീവജാലങ്ങളുടെ എണ്ണം, ജൈവപിണ്ഡത്തിന്റെ അളവ്, ഊർജത്തിന്റെ അളവ് എന്നിവ കണക്കാക്കുമ്പോൾ പോഷണതലത്തിലെ എല്ലാ ജീവികളെയും ഉൾപ്പെടുത്തേണ്ടതാണ്. ഒരു പോഷണതലത്തിലെ കുറച്ച് ജീവികളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നടത്തുന്ന സാമാന്യവൽക്കരണം ശരിയാകണമെന്നില്ല. മാത്രവുമല്ല ഒരു ജീവി ഒരേ സമയം ഒന്നിൽ കൂടുതൽ പോഷണതലത്തിൽ ഉൾപ്പെടാറുണ്ട്. ഒരു പോഷണതലമെന്നാൽ ഒരു ജീവിവർഗം അല്ല, മറിച്ച് ഒരു ധർമതലത്തെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഒരു ജീവിവർഗം ഒരേ സമയം ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ പോഷണതലത്തിൽ ഉൾപ്പെടാറുണ്ട്. ഉദാഹരണമായി ഒരു കുരുവി വിത്തുകളും ഫലങ്ങളും ആഹാരമാക്കുമ്പോൾ പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താവാണ്. എന്നാൽ അത് പ്രാണികളെയും പുഴുക്കളെയും ആഹാരമാക്കുമ്പോൾ ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താവ് ആകും. *ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിലെ ഏതെല്ലാം പോഷണതലങ്ങളെ മനുഷ്യർ പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നുവെന്ന് കണ്ടെത്തി അവതരിപ്പിക്കൂ.*

മിക്കവാറും എല്ലാ ആവാസവ്യവസ്ഥകളിലെയും സംഖ്യാപിരമിഡും, ഊർജപിരമിഡും, ജൈവപിണ്ഡ പിരമിഡും നിവർന്ന തരത്തിലുള്ളതായിരിക്കും. അതായത് ഉൽപ്പാദകരുടെ എണ്ണവും ജൈവപിണ്ഡവും സസ്യഭുക്കുകളേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. സസ്യഭുക്കുകളുടെ എണ്ണവും ജൈവപിണ്ഡവും മാംസഭുക്കുകളേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. മാത്രവുമല്ല താഴെയുള്ള പോഷണതലത്തിലെ ഊർജത്തിന്റെ അളവ് ഉയർന്നതലത്തിലുള്ളതിനേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും.

എന്നാൽ ഇതിലും ചില വ്യത്യാസങ്ങളുമുണ്ട്. *അതായത് ഒരു വലിയ മരത്തിൽ നിന്നും ആഹാരം തേടുന്ന പ്രാണികളുടെ എണ്ണം എടുക്കുകയാണെങ്കിൽ ഏത് തരത്തിലുള്ള പിരമിഡാണ് ലഭിക്കുക? അതുപോലെ ഈ പ്രാണികളെ ആഹാരമാക്കുന്ന ചെറിയ പക്ഷികളുടെ എണ്ണം നോക്കിയാലോ? ചെറിയ പക്ഷികളെ ആഹാരമാക്കുന്ന വലിയ പക്ഷികളുടെ എണ്ണമോ? ഇതിനെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ഒരു പിരമിഡ് വരച്ചു നോക്കൂ.*

*ഏത് ആകൃതിയാണ് ലഭിച്ചത്? ക്ലാസ്സിൽ ചെറുതായി അവതരിപ്പിക്കൂ.*

അതുപോലെ സമുദ്രം എന്ന ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ജൈവപിണ്ഡ പിരമിഡും തലകീഴായ രീതിയിലുള്ളതായിരിക്കും. അതായത് സസ്യപ്ലവകങ്ങളുടെ ജൈവപിണ്ഡത്തേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും മത്സ്യങ്ങളുടേത്. *ഇത് ഒരു വൈരുധ്യമല്ലേ? ഇത് നിങ്ങൾ എങ്ങനെ വിശദീകരിക്കും?*

ഊർജപിരമിഡ് എപ്പോഴും നിവർന്ന തരത്തിലുള്ളതായിരിക്കും. അത് ഒരിക്കലും തലകീഴായ രീതിയിലുള്ളതായിരിക്കില്ല. ഒരു പോഷണതലത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരു പോഷണതലത്തിലേക്ക് ഊർജ കൈമാറ്റം നടക്കുമ്പോൾ ഓരോ ഘട്ടത്തിലും കുറച്ച് ഊർജം താപത്തിന്റെ രൂപത്തിൽ നഷ്ടപ്പെടും. ഊർജപിരമിഡിന്റെ ഓരോ ബാറും ഓരോ പോഷണതലത്തിലും ഒരു പ്രത്യേകസമയത്ത് അല്ലെങ്കിൽ ഒരു യൂണിറ്റ് ഭൂവിസ്തൃതിയിൽ വാർഷികമായി ലഭ്യമാകുന്ന ഊർജത്തിന്റെ അളവിനെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

എന്നിരുന്നാലും ഇക്കോളജിക്കൽ പിരമിഡുകൾക്ക് ചില പരിമിതികളുണ്ട്. ഒരു ജീവിവർഗം രണ്ടോ അതിലധികമോ പോഷണതലങ്ങളെ പ്രതിനിധീകരിക്കുമ്പോൾ അക്കാര്യം കണക്കിലെടുക്കുന്നില്ല. പ്രകൃതിയിൽ ഒരിക്കലും നിലനിൽക്കാൻ സാധ്യമല്ലാത്ത തരത്തിലുള്ള ലളിതമായ ഭക്ഷ്യശൃംഖലകളെയാണ് ഇത് പ്രതിനിധാനം ചെയ്യുന്നത്. ഇത് ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നില്ല. മാത്രവുമല്ല ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ പ്രമുഖ സ്ഥാനം വഹിക്കുന്ന മൃതഭോജികൾക്ക് യാതൊരു സ്ഥാനവും ഇക്കോളജിക്കൽ പിരമിഡുകളിൽ നൽകിയിട്ടില്ല.

## 14.6 പാരിസ്ഥിതിക അനുക്രമം (Ecological Succession)

ജീവിഗണങ്ങളുടെയും ജീവിസമുദായങ്ങളുടെയും സവിശേഷതകളെക്കുറിച്ച് അധ്യായം 13 ൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചു. അവ പാരിസ്ഥിതിക ഘടകങ്ങളോട് എങ്ങനെയെല്ലാം പ്രതികരിക്കുന്നുവെന്നും, പ്രതികരണങ്ങൾ ജീവജാലങ്ങളിൽ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നുവെന്നും നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കി. ഇനി നമുക്ക് ജീവിസമുദായം കാലാനുസൃതമായി പരിസ്ഥിതിയോട് പ്രതികരിക്കുന്നതെങ്ങനെ എന്ന് നോക്കാം.

പാരിസ്ഥിതിക സാഹചര്യങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് ഘടനയിലും വിന്യാസത്തിലും മാറ്റമുണ്ടാകുന്നത് എല്ലാ ജീവിസമുദായങ്ങളുടെയും സവിശേഷതയാണ്. ഇത്തരം മാറ്റങ്ങൾ ക്രമാനുഗതമായും, ഭൗതികചുറ്റുപാടുകൾക്കുണ്ടാകുന്ന (Physical environment) മാറ്റങ്ങൾക്ക് സമാന്തരമായും ആണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഇത്തരം മാറ്റങ്ങൾ ആത്യന്തികമായി നയിക്കുന്നത് പരിസ്ഥിതിയുമായി സന്തുലനം ചെയ്യാൻ കഴിയുന്ന ജീവിസമുദായങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിലേക്കാണ്. ഇവയെ **ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റി (Climax community)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു പ്രത്യേക പ്രദേശത്തെ ജീവിവർഗവിന്യാസത്തിൽ സാവകാശവും പ്രവചിക്കാൻ കഴിയുന്ന തരത്തിലും നടക്കുന്ന മാറ്റങ്ങളെ **പാരിസ്ഥിതിക അനുക്രമം** എന്നുപറയുന്നു. അനുക്രമം നടക്കുന്ന സമയത്ത് ചില ജീവിവർഗങ്ങൾ ഒരു പ്രദേശത്ത് കേന്ദ്രീകരിക്കുകയും അവയുടെ എണ്ണം ക്രമാതീതമായി കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ മറ്റു ചില ജീവിവർഗങ്ങളുടെ എണ്ണം വളരെ കുറയുകയും അവ ചിലപ്പോൾ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു പ്രത്യേക സ്ഥലത്ത് തുടരെത്തുടരെയുള്ള മാറ്റങ്ങളിലൂടെയുണ്ടാകുന്ന മുഴുവൻ ജീവിസമുദായങ്ങളുടെയും ശൃംഖലയെ **സീർ (Sere)** എന്നു പറയുന്നു. ഇതിലെ മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായ ഓരോ ജീവിസമുദായത്തെയും സീറൽ ഘട്ടങ്ങൾ (Seral stages) അഥവാ സീറൽ കമ്യൂണിറ്റി (Seral community) എന്നു പറയുന്നു. തൊട്ടടുത്ത സീറൽ ഘട്ടങ്ങളിൽ സ്പീഷിസുകളുടെ വൈവിധ്യത്തിൽ മാറ്റം വരുന്നു. കൂടാതെ ജീവിവർഗങ്ങളുടെയും ജീവികളുടെയും എണ്ണം, ആകെയുള്ള ജൈവപിണ്ഡം എന്നിവയിലും വർധനവുണ്ടാകുന്നു.

ഭൂമിയിൽ ജീവന്റെ ഉൽപ്പത്തി മുതൽ മില്യൺ കണക്കിന് വർഷങ്ങളോളം നടന്ന അനുക്രമത്തിന്റെ ഫലമായാണ് ലോകക്കമ്പാടും ഇന്ന് കാണപ്പെടുന്ന ജീവിസമുദായങ്ങൾ ഉണ്ടായത്. അക്കാലത്ത് പരിണാമവും അനുക്രമവും സമാന്തരമായി നടന്നിരുന്ന പ്രക്രിയകളായിരുന്നു.

ജീവജാലങ്ങളൊന്നും ഇല്ലാത്ത സ്ഥലത്ത് ആരംഭിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അനുക്രമം. അതായത് തരിശായ പാറകളിലും, ജീവജാലങ്ങൾ പൂർണമായി നശിച്ച സ്ഥലങ്ങളിലുമാണ് അനുക്രമം നടക്കുന്നത്. ഇതിൽ ആദ്യത്തേതിനെ പ്രാഥമിക അനുക്രമം (Primary succession) എന്നും രണ്ടാമത്തേതിനെ ദ്വിതീയ അനുക്രമം (Secondary Succession) എന്നും പറയുന്നു. തണുത്തുറഞ്ഞ ലാവ, തരിശായ പാറ, പുതിയതായി നിർമിച്ച കുളം അല്ലെങ്കിൽ ജലസംഭരണി എന്നിവയാണ് പ്രാഥമിക അനുക്രമം നടക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങൾ. പുതിയ ജീവിസമുദായങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയ സാവകാശത്തിലാണ് നടക്കുന്നത്. വ്യത്യസ്ത ജീവിസമുദായങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നതിന് മുമ്പ് മണ്ണ് രൂപപ്പെടണം. തരിശായ പാറയിൽ ഫലപുഷ്ടിയുള്ള മണ്ണ് പ്രകൃത്യാ രൂപപ്പെടുന്നതിന് കാലാവസ്ഥയെ അടിസ്ഥാനമാക്കി നൂറ് കണക്കിനോ ആയിരക്കണക്കിനോ വർഷങ്ങൾ വേണ്ടി വരും.

പ്രകൃത്യാ ഉണ്ടായിരുന്ന ജീവിസമുദായങ്ങൾ നശിച്ചു പോയ ഇടങ്ങളായ ഉപേക്ഷിക്കപ്പെട്ട കൃഷിയിടങ്ങൾ, വനനശീകരണം നടന്നയിടങ്ങൾ, കാട്ടുതീയുണ്ടായ വനങ്ങൾ, വെള്ളപ്പൊക്ക ബാധിത പ്രദേശങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ ദ്വിതീയ അനുക്രമം നടക്കാം. മണ്ണോ അവക്ഷിപ്തങ്ങളോ ഇവിടെ ഉള്ളതിനാൽ പ്രാഥമിക അനുക്രമത്തെക്കാൾ വേഗത്തിൽ ഇവിടെ ദ്വിതീയ അനുക്രമം നടക്കും.

പാരിസ്ഥിതിക അനുക്രമം സാധാരണയായി കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നത് സസ്യജാലങ്ങളിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളാണ്. എന്നിരുന്നാലും ഈ മാറ്റങ്ങൾ മറ്റു ജന്തുക്കളുടെ ആഹാരം, വാസസ്ഥലം എന്നിവയെയും ബാധിക്കും. അതിനാൽ അനുക്രമം പുരോഗമിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ജന്തുക്കൾ, വിഘാടകർ എന്നിവയുടെ എണ്ണത്തിലും വൈവിധ്യത്തിലും മാറ്റം വരും.

പ്രാഥമിക അനുക്രമമോ ദ്വിതീയ അനുക്രമമോ നടക്കുന്ന ഏതൊരു സമയത്തും പ്രകൃത്യാലോ മനുഷ്യ പ്രേരിതമായോ ഉണ്ടാകാനിടയുള്ള തടസ്സങ്ങൾ (കാട്ടുതീ, വനനശീകരണം തുടങ്ങിയവ) ഒരു പ്രത്യേക സീറൽ ഘട്ടത്തെ അതിന് മുൻപുള്ള ഘട്ടത്തിലേക്ക് മാറ്റിയേക്കാം. ഇത്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന തടസ്സങ്ങൾ പുതിയ സാഹചര്യങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഇത് ചില ജീവിവർഗങ്ങളെ പരിപോഷിപ്പിക്കുകയോ മറ്റു ചില ജീവിവർഗങ്ങളെ പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കുകയോ തുടച്ചു മാറ്റുകയോ ചെയ്യുന്നു.

### 14.6.1 സസ്യങ്ങളുടെ അനുക്രമം (Succession of plants)

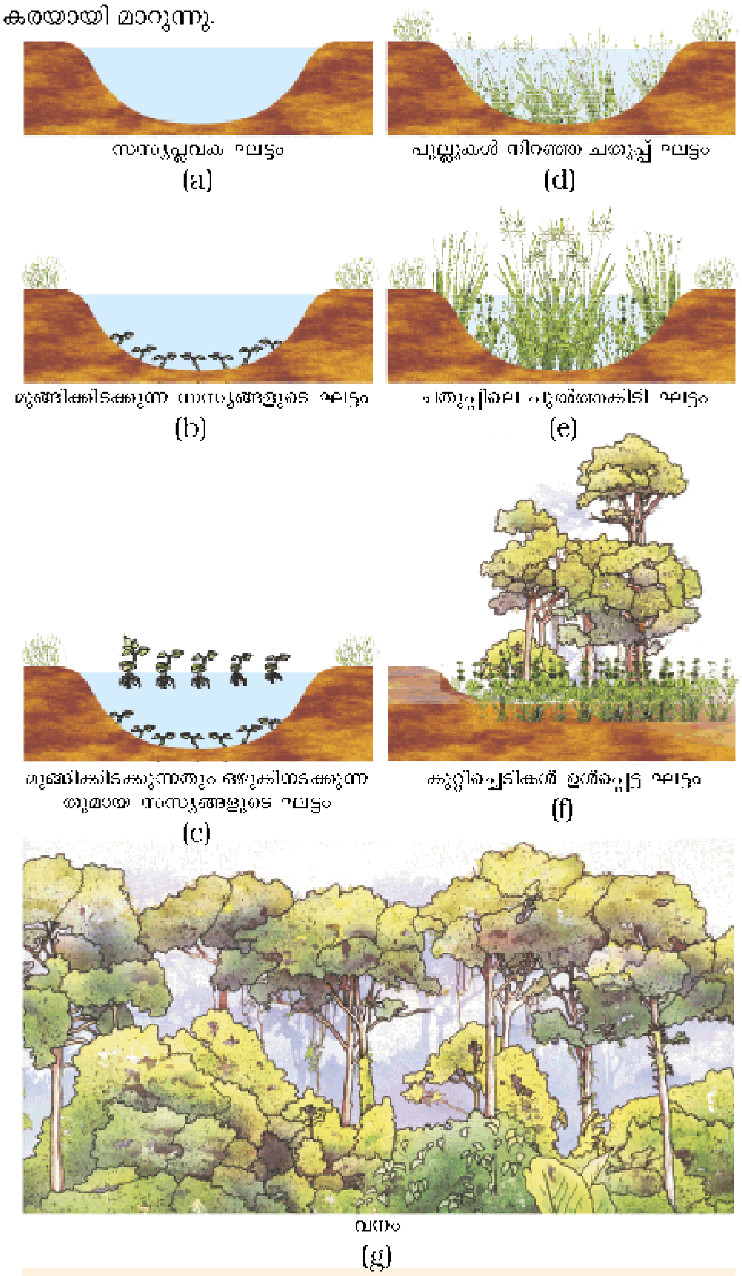
ആവാസത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി സസ്യങ്ങളുടെ അനുക്രമത്തെ രണ്ടായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. ജലത്തിൽ (ഈർപ്പമുള്ള പ്രദേശം) നടക്കുന്ന അനുക്രമം **ഹൈഡ്രാർക്ക് (Hydrarch)** എന്നും വരണ്ട പ്രദേശങ്ങളിൽ നടക്കുന്നതിനെ **സീറാർക്ക് (Xerarch)** എന്നും പറയുന്നു. ഈർപ്പമുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ ഹൈഡ്രാർക്ക് അനുക്രമം നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ജലമുള്ള അവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ആ സ്ഥലം മിതോഷ്ണ (Mesophytic) അവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്നു. വരണ്ട പ്രദേശങ്ങളിൽ സീറാർക്ക് അനുക്രമം നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി മരുപ്രദേശം മിതോഷ്ണ പ്രദേശമായി മാറുന്നു. അതിനാൽ, രണ്ടു തരം അനുക്രമവും സാധാരണ ജലലഭ്യതയുള്ള സാഹചര്യങ്ങൾ (മിതോഷ്ണം) ഉണ്ടാകുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു.



തരിശു പ്രദേശത്ത് ആദ്യമായി രൂപംകൊള്ളുന്ന ജീവിവർഗമാണ് **പയനിയർ സ്പീഷീസ് (Pioneer species)**. പാറകളിൽ പ്രാഥമിക അനുക്രമം നടക്കുമ്പോൾ പാറ പൊടിച്ച് മണ്ണുണ്ടാക്കാൻ കഴിയുന്ന ആസിഡുകൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കാൻ ശേഷിയുള്ള ലൈക്കനുകൾ (Lichens) ആണ് ആദ്യം വളരുന്നത്. തുടർന്ന് വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിലുള്ള, മണ്ണിൽ വളരാൻ കഴിവുള്ള ചെറു സസ്യങ്ങളായ ബ്രയോഫൈറ്റുകൾ (Bryophytes) വളരുന്നു.

കാലക്രമേണ വലിയ സസ്യങ്ങൾ വേരുറപ്പിക്കുന്നു. തുടർന്ന് സ്ഥിരതയുള്ള ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റിയായ വനം രൂപപ്പെടുന്നു. പരിസ്ഥിതിയിൽ മാറ്റം ഉണ്ടാകാത്ത കാലമത്രയും ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റി സ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നു. കാലക്രമേണ മരുപ്രദേശം മിതോഷ്ണ അവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്നു. *സീറാർക്കിലെ ഘട്ടങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുത്തി ഫ്ളോചാർട്ട് നിർമിക്കൂ.*

ജലത്തിൽ നടക്കുന്ന പ്രാഥമിക അനുക്രമത്തിൽ ആദ്യം വളരുന്നത് (Pioneers) സസ്യപ്ലവകങ്ങളാണ് (Phytoplanktons), തുടർന്ന് വെള്ളത്തിൽ മുങ്ങിക്കിടക്കുന്ന വേരുള്ള സസ്യങ്ങളും വേരോടുകൂടിയതും പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്നതുമായ സപുഷ്പികളും സ്വതന്ത്രമായി പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്ന സസ്യങ്ങളും ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതേത്തുടർന്ന് വിവിധതരം പുല്ലുവർഗസസ്യങ്ങൾ (Sedge/Reed/grasses), കുറ്റിച്ചെടികൾ, മരങ്ങൾ (Trees) എന്നിവ രൂപപ്പെടുന്നു. ഇവിടെയും (ചിത്രം 14.5) അവസാനം വനമാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്. കാലക്രമേണ ജലാശയം കരയായി മാറുന്നു.




ചിത്രം **14.5** ചിത്രീകരണം - പ്രാഥമിക അനുക്രമം

എന്നാൽ ദ്വിതീയ അനുക്രമം നടക്കുമ്പോൾ മണ്ണിന്റെ സവിശേഷത, ജലലഭ്യത, കാലാവസ്ഥ, വിത്തുകൾ, മറ്റ് പ്രജനനഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ലഭ്യത തുടങ്ങിയവയ്ക്കനുസരിച്ചാണ് ജീവിവർഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. മാത്രവുമല്ല മണ്ണ് നേരത്തെ തന്നെ ഉള്ളതിനാൽ അനുക്രമം വളരെ വേഗത്തിൽ നടക്കുകയും പെട്ടെന്ന് ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റി രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

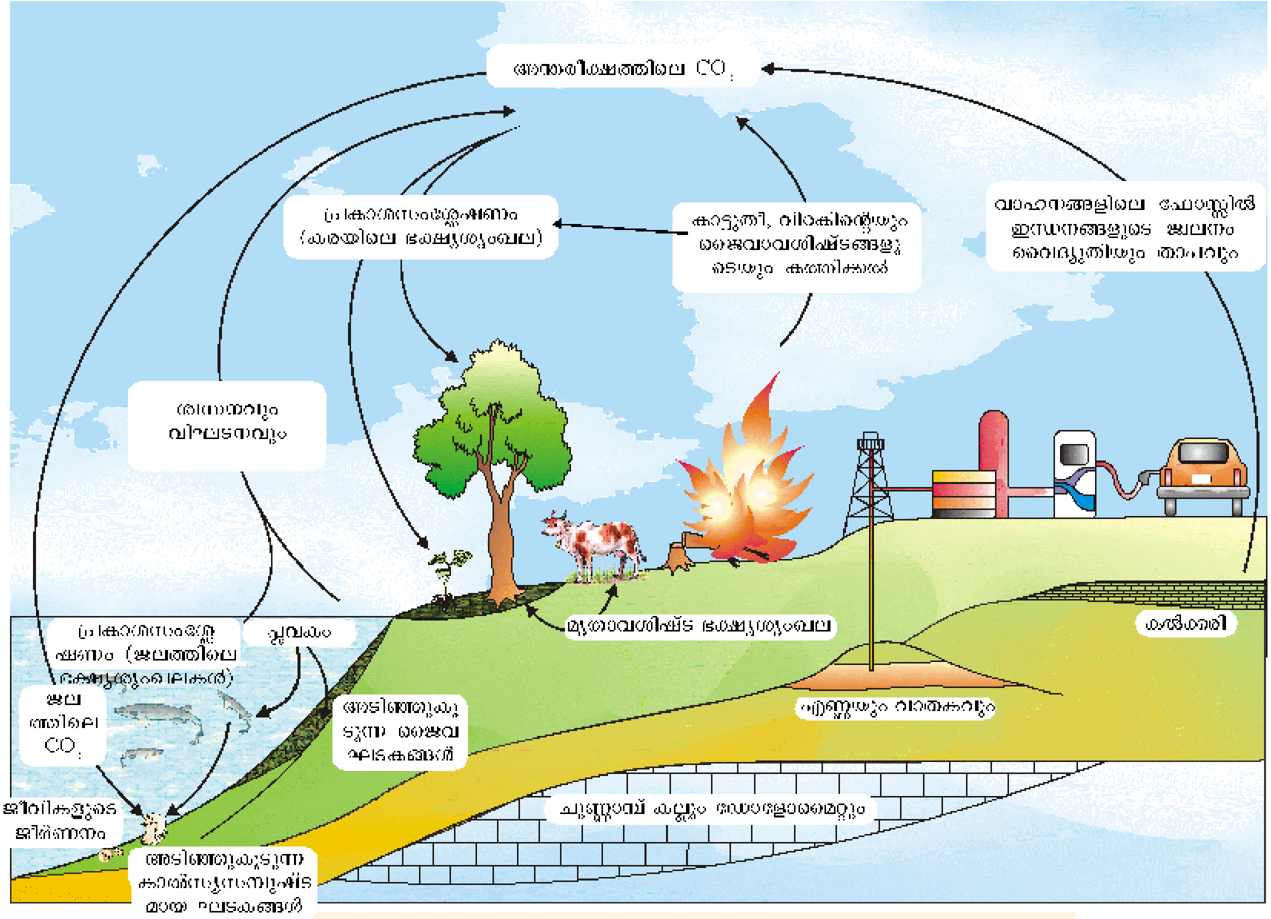
പ്രാഥമിക അനുക്രമം വളരെ സാവകാശം നടക്കുന്ന പ്രക്രിയ ആയതിനാൽ ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റി രൂപപ്പെടാൻ ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ വേണ്ടി വരും. അനുക്രമം കരയിൽ നടന്നാലും ജലത്തിൽ നടന്നാലും മിതോഷ്ണ അവസ്ഥയിലുള്ള (Mesic) ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റിയാണ് രൂപപ്പെടുന്നത് എന്നത് ശ്രദ്ധേയമാണ്.

## 14.7 പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രികപ്രവാഹം (Nutrient Cycling)

ജീവജാലങ്ങൾക്ക് വളരുന്നതിനും, പ്രത്യുൽപ്പാദനം നടത്തുന്നതിനും ശാരീരികപ്രവർത്തനങ്ങൾ നിയന്ത്രിക്കുന്നതിനും പോഷകങ്ങൾ നിരന്തരം ലഭിക്കേണ്ടതാണെന്ന് XI-ാം ക്ലാസിൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഏതൊരു പ്രത്യേക സമയത്തും മണ്ണിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പോഷകങ്ങളായ കാർബൺ, നൈട്രജൻ, ഫോസ്ഫറസ്, കാത്സ്യം തുടങ്ങിയവയുടെ അളവിനെ **സ്റ്റാൻഡിങ് സ്റ്റേറ്റ് (Standing state)** എന്നു പറയുന്നു. ഇത് വിവിധതരം ആവാസവ്യവസ്ഥകളിൽ ഋതുക്കൾക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ആവാസവ്യവസ്ഥകളിൽ നിന്നും പോഷകങ്ങൾ ഒരിക്കലും നഷ്ടപ്പെടാതെ ചാക്രികമായി പ്രവഹിക്കുന്നു എന്നത് പ്രത്യേക ശ്രദ്ധയാകർഷിക്കുന്നു. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ വിവിധ ഘടകങ്ങളിലൂടെ പോഷകങ്ങൾ ചാക്രികമായി പ്രവഹിക്കുന്നതിനെ അഥവാ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിനെ പോഷകങ്ങളുടെ **ചാക്രിക പ്രവാഹം** എന്നുപറയുന്നു. ഇത് **ജൈവ ഭൗമരാസികചക്രം (Biogeochemical cycle)** എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. പോഷകചക്രങ്ങൾ പ്രധാനമായും **വാതകചക്രം (Gaseous cycle), അവസാദചക്രം (Sedimentary cycle)** എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് തരത്തിലുണ്ട്. വാതകചക്രത്തിന്റെ സംഭരണകേന്ദ്രം (Reservoir) അന്തരീക്ഷത്തിലാണ്. കാർബൺ ചക്രം, നൈട്രജൻ ചക്രം എന്നിവ വാതക ചക്രങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. അവസാദചക്രത്തിന്റെ സംഭരണകേന്ദ്രം ഭൂവൽക്കത്തിലാണ്. സൾഫർ ചക്രം, ഫോസ്ഫറസ് ചക്രം എന്നിവ അവസാദ ചക്രത്തിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പോഷകങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നതിന്റെ നിരക്കിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന പാരിസ്ഥിതിക ഘടകങ്ങളാണ് മണ്ണ്, ഈർപ്പം, pH, താപനില തുടങ്ങിയവ. ഉപയോഗിക്കുന്നതിന്റെയും (Influx) പുറന്തള്ളുന്നതിന്റെയും (Efflux) നിരക്കിൽ അസന്തുലിതാവസ്ഥ ഉണ്ടാകുന്നതു വഴിയുള്ള കുറവ് പരിഹരിക്കുന്നത് സംഭരണകേന്ദ്രം ആണ്.

*നൈട്രജൻ ചക്രത്തെക്കുറിച്ച് വളരെ വിശദമായി നിങ്ങൾ XI -ാം ക്ലാസിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇവിടെ നമുക്ക് കാർബൺ ചക്രവും ഫോസ്ഫറസ് ചക്രവും പരിചയപ്പെടാം.*




ചിത്രം **14.6** ജീവമണ്ഡലത്തിലെ കാർബൺ ചക്രത്തിന്റെ ലഘുമാതൃക

## 14.7.1 ആവാസവ്യവസ്ഥ-കാർബൺ ചക്രം

ജലം കഴിഞ്ഞാൽ ജീവജാലങ്ങളുടെ ശരീരത്തിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത് (നിർജലീയ ഭാരത്തിന്റെ 49 ശതമാനം) കാർബൺ ആണെന്ന് ജീവജാലങ്ങളുടെ ശരീരഘടന പഠിച്ചപ്പോൾ നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കി. ആഗോളതലത്തിൽ ഉള്ള കാർബണിന്റെ അളവ് നോക്കുകയാണെങ്കിൽ 71 ശതമാനം കാർബണും സമുദ്രങ്ങളിൽ ലയിച്ച അവസ്ഥയിലാണുള്ളത്. സമുദ്രത്തിലെ കാർബൺ സംഭരണിയാണ് അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡയോക്സൈഡിന്റെ അളവിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത്. *ചിത്രം 14.6 നിരീക്ഷിച്ച് കാർബൺ ചക്രത്തെക്കുറിച്ച് വിവരണം തയാറാക്കുക. ആഗോളതലത്തിലെ കാർബണിന്റെ 1 ശതമാനം മാത്രമാണ് അന്തരീക്ഷത്തിലുള്ളത് എന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമോ?*

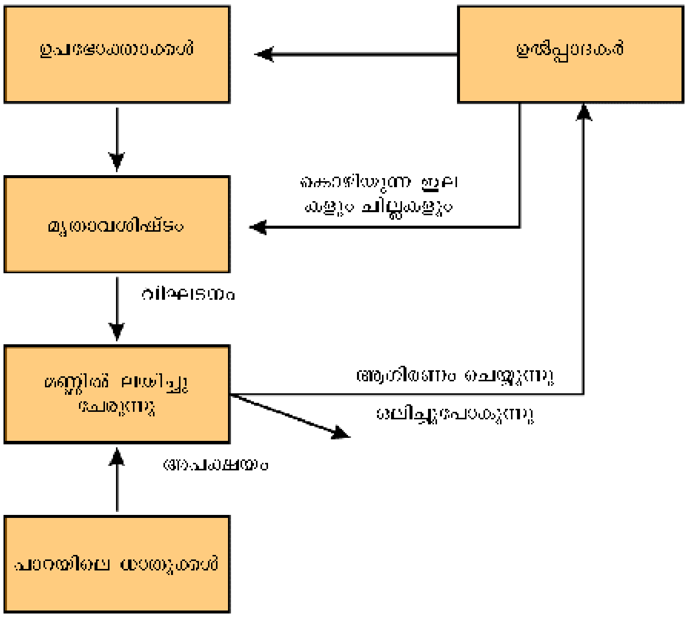
ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളും കാർബണിന്റെ സംഭരണ കേന്ദ്രമാണ്. അന്തരീക്ഷം, സമുദ്രം, ജീവജാലങ്ങൾ, മൃതാവശിഷ്ടങ്ങൾ എന്നിവയിലൂടെയാണ് കാർബണിന്റെ ചാക്രിക പ്രവാഹം നടക്കുന്നത്. ജീവമണ്ഡലത്തിൽ ഒരു വർഷം $4 \times 10^{13}$ കിലോഗ്രാം കാർബൺ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെടുന്നു എന്നാണ് കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ളത്. ഉൽപ്പാദകരിലും ഉപഭോക്താക്കളിലും നടക്കുന്ന ശ്വസനത്തിന്റെ ഫലമായി $CO_2$ ന്റെ വലിയ ഒരളവ് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് തിരിച്ചെത്തുന്നു. കരയിലും സമുദ്രത്തിലും കാണപ്പെടുന്ന മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളെ ജീർണിപ്പിച്ച് വിഘാടകരും $CO_2$ സ്വതന്ത്രമാക്കുന്നു. സ്ഥിരീകരിക്കപ്പെടുന്ന കാർബണിന്റെ ചെറിയ ഒരു ഭാഗം അവക്ഷിപ്തപ്പെടുകയും ചാക്രിക പ്രവാഹത്തിൽ നിന്ന് നഷ്ടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

വിറക് കത്തിക്കൽ, കാട്ടുതീ, ജൈവവസ്തുക്കളുടെയും ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടെയും ജ്വലനം, അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനം തുടങ്ങിയവ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് $CO_2$ പുറന്തള്ളുന്ന പ്രക്രിയകളാണ്.

മനുഷ്യന്റെ പ്രവൃത്തികൾ കാർബൺ ചക്രത്തെ സാരമായി ബാധിക്കാറുണ്ട്. വനനശീകരണം, ഊർജാവശ്യം, ഗതാഗതാവശ്യം എന്നിവയ്ക്കായുള്ള ഫോസിൽ ഇന്ധനോപയോഗം തുടങ്ങിയവ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് കാർബൺ ഡയോക്സൈഡ് പുറന്തള്ളുന്നതിന്റെ നിരക്ക് വർധിപ്പിച്ചു. (അധ്യായം 16 ലെ ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം കാണുക).

### 14.7.2 ആവാസവ്യവസ്ഥ-ഫോസ്ഫറസ് ചക്രം

ജൈവസ്തരങ്ങൾ (Biological membranes), ന്യൂക്ലിക് ആസിഡുകൾ, കോശങ്ങളിലെ ഊർജ കൈമാറ്റവ്യവസ്ഥ (Cellular energy transfer system) എന്നിവയുടെ പ്രധാന ഘടകം ഫോസ്ഫറസ് ആണ്. പല ജന്തുക്കൾക്കും പുറന്തോട്, എല്ല്, പല്ല് എന്നിവയുടെ നിർമാണത്തിന് വലിയ അളവിൽ ഫോസ്ഫറസ് ആവശ്യമാണ്. ഫോസ്ഫറസിന്റെ പ്രകൃത്യായുള്ള ഉറവിടം ഫോസ്ഫേറ്റിന്റെ രൂപത്തിൽ ഫോസ്ഫറസ് കാണപ്പെടുന്ന പാറകളാണ്. പാറ പൊടിയുന്നതിന്റെ ഫലമായി വളരെ ചെറിയ അളവിൽ ഫോസ്ഫേറ്റ് മണ്ണിലെ ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്നു. ഇത് സസ്യങ്ങളുടെ വേരുകൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ചിത്രം 14.7 നിരീക്ഷിക്കൂ. സസ്യങ്ങളിൽ നിന്നും ഇത് സസ്യഭുക്കുകൾക്കും മറ്റു ജന്തുക്കൾക്കും ലഭിക്കുന്നു. ഫോസ്ഫേറ്റ് വിഘാടക ബാക്ടീരിയകൾ മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളെ വിഘടിപ്പിക്കുന്നത് വഴി ഫോസ്ഫറസ് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. കാർബൺ ചക്രത്തെപ്പോലെ ശ്വസനഫലമായി ഫോസ്ഫറസ് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നില്ല. *കാർബൺ ചക്രത്തിന്റെയും ഫോസ്ഫറസ് ചക്രത്തിന്റെ വ്യത്യാസം കണ്ടെത്തി അവതരിപ്പിക്കാമോ?*




ചിത്രം **14.7** ഒരു കര ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഫോസ്ഫറസിന്റെ ചാക്രിക പ്രവാഹത്തിന്റെ ലഘുമാതൃക

കാർബൺ ചക്രവും ഫോസ്ഫറസ് ചക്രവും തമ്മിൽ വേറെയും രണ്ട് പ്രധാന വ്യത്യാസങ്ങളുണ്ട്. മഴയിലൂടെ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ലഭ്യമാകുന്ന കാർബണിന്റെ അളവിനേക്കാൾ വളരെ കുറവാണ് ഫോസ്ഫറസിന്റെ ലഭ്യത. മാത്രവുമല്ല ജീവജാലങ്ങളും പരിസ്ഥിതിയും തമ്മിലുള്ള ഫോസഫറസിന്റെ കൈമാറ്റവും തുലോം കുറവാണ്.

## 14.8 ആവാസവ്യവസ്ഥ സേവനങ്ങൾ (Ecosystem Services)

വിവിധതരത്തിലുള്ള സാമ്പത്തിക, പാരിസ്ഥിതിക, സൗന്ദര്യാത്മക വസ്തുക്കളുടെയും സേവനങ്ങളുടെയും അടിസ്ഥാനം ജൈവസമ്പന്നമായ ആവാസവ്യവസ്ഥകളാണ്. ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന പ്രക്രിയകളുടെ ഉൽപ്പന്നങ്ങളെയാണ് ആവാസവ്യവസ്ഥ സേവനങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നത്. ഉദാഹരണമായി വനം എന്ന ആവാസവ്യവസ്ഥ നൽകുന്ന സേവനങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണെന്ന് നോക്കൂ. വായുവും ജലവും ശുദ്ധമാക്കുക, വെള്ളപ്പൊക്കവും വരൾച്ചയും കുറയ്ക്കുക, പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രിക പ്രവാഹം സാധ്യമാക്കുക, ഫലപുഷ്ടിയുള്ള മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണം നടത്തുക, വന്യജീവികൾക്ക് ആവാസം നൽകുക, ജൈവവൈവിധ്യം നിലനിർത്തുക, സസ്യങ്ങളിൽ പരാഗണം നടത്തുക, കാർബൺ സംഭരണ കേന്ദ്രമായി വർത്തിക്കുക, സൗന്ദര്യ സാംസ്കാരിക, ആത്മീയ മൂല്യങ്ങൾ പ്രദാനം ചെയ്യുക തുടങ്ങിയവ ചില ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള സേവനങ്ങളുടെ മൂല്യം കണക്കാക്കാൻ കഴിയില്ലയെങ്കിലും ജൈവവൈവിധ്യത്തിന് ഭാരിച്ച വില നൽകുന്നത് ഉചിതമായിരിക്കും.

പ്രകൃതിയുടെ ജീവൻ നിലനിർത്താൻ സഹായകമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വില നൽകുവാൻ റോബർട്ട് കോൺസ്റ്റാൻസയും (Robert Constanza) അദ്ദേഹത്തിന്റെ സഹപ്രവർത്തകരും ശ്രമം നടത്തി. ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ അടിസ്ഥാനപരമായ സേവനങ്ങൾക്ക് ഒരു വർഷത്തേക്ക് ഗവേഷകർ കണക്കാക്കിയ തുക 33 ട്രില്യൺ US ഡോളർ ആണ്. ഇത് ആഗോള മൊത്ത ദേശീയ ഉൽപ്പാദനത്തിനു (Global gross national product - GNP) നൽകിയിട്ടുള്ള വിലയുടെ ഏകദേശം രണ്ടു മടങ്ങാണ് (US ഡോളർ 18 ട്രില്യൺ).

ആവാസവ്യവസ്ഥ സേവനങ്ങൾക്കായി ആകെ കണക്കാക്കിയ തുകയുടെ ഏകദേശം 50 ശതമാനം നീക്കി വച്ചത് മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണത്തിനായാണ്. 10 ശതമാനത്തിൽ കുറയാതെയുള്ള തുക വീതം വിനോദപരമായ സേവനങ്ങൾക്കും പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രിക പ്രവാഹത്തിനും കണക്കാക്കി. കാലാവസ്ഥ നിയന്ത്രണത്തിനും വന്യജീവികളുടെ ആവാസത്തിനുമായി 6 ശതമാനം വീതവും കണക്കാക്കി.

# സംഗ്രഹം

പ്രകൃതിയുടെ ധർമ്മപരമായ ഒരു ഏകകമാണ് ആവാസവ്യവസ്ഥ. ഇതിൽ അജീവിയ ഘടകങ്ങളും ജീവിയ ഘടകങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നു. അകാർബണിക വസ്തുക്കൾ, വായു, ജലം, മണ്ണ് എന്നിവയാണ് അജീവിയ ഘടകങ്ങൾ. ഉൽപ്പാദകർ, ഉപഭോക്താക്കൾ, വിഘാടകർ എന്നിവരാണ് ജീവിയ ഘടകങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. ജീവിയവും അജീവിയവുമായ ഘടകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പരാശ്രയത്വത്തിന്റെ ഫലമായാണ് ഓരോ ആവാസവ്യവസ്ഥയ്ക്കും സവിശേഷമായ ഭൗതിക ഘടന ഉണ്ടാകുന്നത്. ജീവിവർഗങ്ങളുടെ വിന്യാസവും സ്ട്രാറ്റിഫിക്കേഷനുമാണ് ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയുടെ പ്രധാനപ്പെട്ട രണ്ട് ഘടനാ സവിശേഷതകൾ. പോഷണത്തിന്റെ സ്രോതസ് അനുസരിച്ച് എല്ലാ ജീവികൾക്കും ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ പ്രത്യേക സ്ഥാനമുണ്ട്.

ഉൽപ്പാദനക്ഷമത, ജീർണനം (വിഘടനം), ഊർജപ്രവാഹം, പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രിക പ്രവാഹം എന്നിവയാണ് ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ പ്രധാനപ്പെട്ട നാല് ധർമപരമായ സവിശേഷതകൾ. ഉൽപ്പാദകർ സൗരോർജം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന നിരക്ക് അഥവാ ജൈവ പിണ്ഡം നിർമിക്കുന്ന നിരക്കിനെയാണ് പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത എന്നു പറയുന്നത്. ഇതിനെ പ്രധാനമായും രണ്ടായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയാണ് ആകെയുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയും (GPP) ഫലത്തിലുള്ള പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയും (NPP).

സൗരോർജാഗിരണ നിരക്കിനെയോ ആകെയുള്ള ജൈവവസ്തുവിന്റെ ഉൽപ്പാദനത്തിനെയോ ആണ് GPP എന്നു പറയുന്നത്. ഉൽപ്പാദകർ ഉപയോഗിച്ചതിന് ശേഷം അവശേഷിക്കുന്ന ജൈവപിണ്ഡം അഥവാ ഊർജത്തെയാണ് NPP എന്നു പറയുന്നത്. ഉപഭോക്താക്കൾ ഊർജം സ്വാംശീകരിക്കുന്ന നിരക്കിനെയാണ് ദ്വിതീയ ഉൽപ്പാദനക്ഷമത എന്നു പറയുന്നത്. വിഘാടകർ ജീർണനത്തിലൂടെ സങ്കീർണമായ ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങളെ കാർബൺ ഡയോക്സൈഡ്, ജലം, അജൈവ പോഷകങ്ങൾ എന്നിവയാക്കി മാറ്റുന്നു. ജീർണനത്തിലെ മൂന്ന് പ്രക്രിയകളാണ് മൃതാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ ഫ്രാഗ്മെന്റേഷൻ, ലീച്ചിംഗ്, അപചയം എന്നിവ.

ഊർജപ്രവാഹം ഒരു ദിശയിലേക്കാണ് നടക്കുന്നത്. സൗരോർജം ആദ്യം സസ്യങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. തുടർന്ന് ആഹാരം ഉൽപ്പാദകരിൽ നിന്നും വിഘാടകരിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. പ്രകൃതിയിലെ വ്യത്യസ്ത പോഷണതലത്തിലുള്ള ജീവികൾ ആഹാരം അഥവാ ഊർജത്തിനായി പരസ്പരം ആശ്രയിക്കുന്നിനെ ഭക്ഷ്യശൃംഖല എന്നു പറയുന്നു. ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ വ്യത്യസ്ത ഘടകങ്ങളിൽ പോഷക മൂലകങ്ങൾ സംഭരിക്കുന്നതിനെയും പ്രവഹിക്കുന്നതിനെയും പോഷകങ്ങളുടെ ചാക്രിക പ്രവാഹം എന്നു പറയുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയിലൂടെ പോഷകങ്ങളുടെ ആവർത്തിച്ചുള്ള ഉപയോഗം നടക്കുന്നു. വാതക ചക്രം, അവസാദചക്രം എന്നിങ്ങനെ രണ്ടുതരത്തിലുള്ള പോഷക ചക്രങ്ങളുണ്ട്. അന്തരീക്ഷം അല്ലെങ്കിൽ ജലമാണ് വാതകചക്രത്തിന്റെ സംഭരണ കേന്ദ്രം (കാർബൺ), എന്നാൽ അവസാദചക്രത്തിന്റെ സംഭരണകേന്ദ്രം ഭൂവല്ക്കമാണ് (ഫോസ്ഫ

റസ്). ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന പ്രക്രിയകളുടെ ഉൽപ്പന്നത്തെ ആവാസവ്യവസ്ഥ സേവനങ്ങൾ എന്നു പറയുന്നു. ഉദാഹരണമായി വനങ്ങൾ വായു, ജലം എന്നിവ ശുദ്ധീകരിക്കുന്നത്.

ജീവിസമുദായം സക്രിയവും കാലത്തിനനുസരിച്ചുള്ള മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകുന്നതുമാണ്. ഇത്തരത്തിൽ അനുക്രമമായി നടക്കുന്ന മാറ്റങ്ങളാണ് പാരിസ്ഥിതിക അനുക്രമം. തരിശായ സ്ഥലങ്ങളിൽ ആദ്യ ജീവിവർഗങ്ങൾ വളരുന്നതോടെ അനുക്രമം ആരംഭിക്കുന്നു. തുടർന്ന് വിവിധങ്ങളായ ജീവികൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുകയും അവസാനം സന്തുലിതമായ ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റി രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. പരിസ്ഥിതിയിൽ മാറ്റമുണ്ടാകാത്ത കാലത്തോളം ക്ലൈമാക്സ് കമ്യൂണിറ്റി സന്തുലിതമായി നിലനിൽക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

## പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. വിട്ടു പോയ ഭാഗങ്ങൾ പൂരിപ്പിക്കുക.

   a) കാർബൺ ഡയോക്സൈഡ് സ്ഥിരീകരിക്കുന്നതിനാൽ സസ്യങ്ങളെ ................ എന്നു പറയുന്നു.

   b) വളരെയധികം സസ്യങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്ന ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ സംഖ്യാപിരമിഡ് ................ തരത്തിലുള്ളതായിരിക്കും.

   c) ജല ആവാസവ്യവസ്ഥകളിൽ ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകമാണ് ................ .

   d) നമുക്ക് ചുറ്റുമുള്ള ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ സാധാരണ കാണപ്പെടുന്ന മൃതഭോജിയാണ് ................ .

   e) ഭൂമിയിലെ കാർബണിന്റെ പ്രധാന സംഭരണി ................ ആണ്.

2. ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നതിൽ ആരാണ് ഒരു ഭക്ഷ്യശൃംഖലയിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായുള്ളത്?

   a) ഉൽപ്പാദകർ

   b) പ്രാഥമിക ഉപഭോക്താക്കൾ

   c) ദ്വിതീയ ഉപഭോക്താക്കൾ

   d) വിഘാടകർ

3. ഒരു തടാകത്തിലെ രണ്ടാമത്തെ പോഷണതലത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്.

   a) സസ്യപ്ലവകം

   b) ജന്തുപ്ലവകം

   c) ബെൻത്തോസ് (ജലാശയത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിലുള്ള ജീവികൾ)

   d) മത്സ്യങ്ങൾ

4. ദ്വിതീയ ഉൽപ്പാദകർ ആണ്.

   a) സസ്യഭുക്കുകൾ

   b) ഉൽപ്പാദകർ

   c) മാംസഭുക്കുകൾ

   d) ഇവയൊന്നുമല്ല.

5. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള പതനരശ്മികളിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് അനുയോജ്യമായ വികിരണങ്ങൾ (PAR) എത്ര ശതമാനമാണ്?

   a) 100%

   b) 50%

   c) 1-5%

   d) 2-10%

**6. വ്യത്യാസം എഴുതുക.**

   a) ഗ്രേസിംഗ് ഭക്ഷ്യശൃംഖലയും മൃതാവശിഷ്ട ഭക്ഷ്യശൃംഖലയും

   b) ഉൽപ്പാദനവും ജീർണനവും

   c) നിവർന്ന പിരമിഡും തലകീഴായ പിരമിഡും.

   d) ഭക്ഷ്യശൃംഖലയും ഭക്ഷ്യശൃംഖലാജാലവും.

   e) ചപ്പുചവറുകളും ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങളും (ലിറ്ററും ഡിട്രിറ്റസും).

   f) പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയും ദ്വിതീയ ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയും

7. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഘടകങ്ങളെ കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കുക.

8. ഇക്കോളജിക്കൽ പിരമിഡ് നിർവചിക്കുക. സംഖ്യാപിരമിഡും ജൈവപിണ്ഡ പിരമിഡും ഉദാഹരണ സഹിതം വിശദമാക്കുക.

9. പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമത എന്നാലെന്ത്? പ്രാഥമിക ഉൽപ്പാദനക്ഷമതയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുക.

10. ജീർണനത്തിന്റെ നിർവചനം എഴുതുക. ജീർണനത്തിലെ പ്രക്രിയകളും ഉൽപ്പന്നങ്ങളും വിശദമാക്കുക.

11. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ ഊർജപ്രവാഹം വിശദമാക്കുക.

12. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിലെ അവസാദചക്രത്തിന്റെ പ്രധാന സവിശേഷതകൾ എഴുതുക.

13. ഒരു ആവാസവ്യവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന കാർബൺ ചക്രത്തിന്റെ പ്രധാന സവിശേഷതകൾ എഴുതുക.