മണ്ണിലെ കാർബൺ സംഭരണം

ഡോ. ബാലഗോപാലൻ
കേരള വനഗവേഷണ ഇൻസ്റ്റിട്യൂട്ട്
പീച്ചി – 68065, തൃശൂർ, കേരള

പ്രകൃതിയിലെ വിലപ്പെട്ട സമ്പത്തുക്കളിൽ ഒന്നാണ് മണ്ണ്. ഭൂമിയുടെ വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിൽ പലതരത്തിലുള്ള മണ്ണ് കാണപ്പെടുന്നു. ഈ വിലപ്പെട്ട സമ്പത്ത് അനേകായിരം വർഷങ്ങൾ കൊണ്ട് പല സൂക്ഷ്മ പ്രക്രിയകൾ മുഖേനയാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്. ഓരോ പ്രദേശത്തും പല ഘടകങ്ങളെയും ആശ്രയിച്ചാണ് മണ്ണിന്റെ ഫലഭൂയിഷ്ഠതയും, ഘടനയും അവസ്ഥയും ഇരിക്കുന്നത്. പ്രധാനമായും അതിലെ ജൈവാംശത്തെ ആശ്രയിച്ചാണ്. വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിൽ പലതരത്തിലുള്ള മണ്ണ് കാണപ്പെടുന്നു.

മണ്ണിലെ ഏറ്റവും പ്രധാന ഘടകമായ ജൈവാംശം പല രൂപത്തിലുള്ളതാണ്. പുതിയതായി ചേർക്കപ്പെടുന്നവ, പലതട്ടുകളിൽ വിഘടിക്കാത്തവ മുതൽ പൂർണ്ണമായും വിഘടിച്ചവ എന്നിവയടങ്ങുന്നതാണ് മണ്ണിലെ ജൈവാംശം. പ്രധാനമായും മണ്ണിന്റെ ഉപരിതലതട്ടുകളിലാണ് ജൈവാംശം കൂടുതലുള്ളത്. ഇതു കൂടാതെ ധാതുപടലങ്ങളടങ്ങിയ തട്ടുകളിലും ജൈവാംശം കാണപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഇതിന്റെ അളവ് താരതമ്യേന കുറവാണ്. മണ്ണിലെ ജൈവാംശം ഉണ്ടാകുന്നതും നിലനില്ക്കുന്നതും ചുരുങ്ങിയ കാലയളവ് മുതൽ അനേകായിരം വർഷം വരെ നീണ്ടുനില്ക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ ആശ്രയിച്ചാണ്.

ശൈലപ്രദേശങ്ങളിൽ പ്രത്യേകസാഹചര്യം മൂലം പുതുതായി ചേർക്കപ്പെടുന്ന ജൈവാംശം മുഴുവനായി വിഘടിക്കാതെ അടിഞ്ഞുകൂടി ഉണ്ടാകുന്ന ഉപരിതലമുണ്ട്. ഇതിനെ 'പീറ്റ്' അല്ലെങ്കിൽ 'മക്ക്' എന്ന് വിളിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ ഉപരിതലം ജൈവാംശം വളരെ കൂടുതലുള്ള പ്രതലമാണെങ്കിലും താരതമ്യേന ഫലഭൂയിഷ്ഠത കുറഞ്ഞവയാണ്. ഇവിടെ ജലാംശം വളരെ കൂടുതലായി കെട്ടിനിൽക്കുന്നത് മൂലം ഇതൊരു നീരുറവയായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇതിന് പുറമെ മരുപ്രദേശങ്ങളിൽ കാർബൺ വിവിധ കാർബണേറ്റ് ധാതുവിന്റെ രൂപത്തിൽ സംഭരിക്കുകയും മണ്ണിന്റെ താഴെയുള്ള തട്ടുകളിൽ അടിഞ്ഞ് കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു.

സസ്യങ്ങൾ ഉള്ള പ്രദേശങ്ങളും ഇല്ലാത്തവയും തമ്മിൽ കാർബൺ സംഭരണശേഷിയിൽ വളരെ വ്യത്യാസം ഉണ്ട്. ഇല്ലാത്ത പ്രദേശങ്ങളിൽ സസ്യങ്ങൾ വളർന്ന് വരു

മ്പോൾ അവിടെ പ്രത്യേകതരം ഉപരിതലം രൂപപ്പെടുന്നു. ഇതാണ് മണ്ണിലെ കാർബൺ സംഭരണത്തിന്റെ പരമ്പരയിൽ പ്രഥമസ്ഥാനത്ത് നിൽക്കുന്ന ഘടകം. സസ്യങ്ങളുടെ തുടർച്ചയായുള്ള വളർച്ച, സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങളുടെ വിഘടനം തുടങ്ങി വിവിധ പ്രക്രിയ മൂലം മണ്ണിന്റെ ജൈവാംശം ഒരു സുസ്ഥിരമായ അവസ്ഥയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. മണ്ണിലെ ജൈവാംശത്തിലാണ് കാർബൺ ഉള്ളത് എന്നതുകൊണ്ട് ജൈവാംശത്തിന്റെ തോതനുസരിച്ച് കാർബണിന്റെ അളവ് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ഒരു ആവാസ വ്യവസ്ഥയിലെ കാർബൺ സംഭരണം മണ്ണ്, ജൈവ സാന്ദ്രത എന്നിവയിലെ കാർബണിന്റെ അളവിനെ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. ആകെയുള്ള കാർബണിന്റെ അളവ് ഓരോ ആവാസവ്യവസ്ഥയിലും വ്യത്യസ്തമാണ്. ഈ അളവ് സന്തുലിതാവസ്ഥയിലായാൽ മാത്രമേ ആ ആവാസവ്യവസ്ഥക്കു നിലനില്പ്പുള്ളൂ.

ആഗോളതലത്തിൽ കാർബൺ പരിവൃത്തിയിൽ മണ്ണിന് വളരെയേറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഭൂവിനിയോഗത്തിലുള്ള മാറ്റങ്ങൾ ആവാസവ്യവസ്ഥയെ പ്രതികൂലമായി ബാധിക്കുക മാത്രമല്ല അതിലെ കാർബണിന്റെ അളവിനെയും അവസ്ഥാ വിശേഷത്തെയും ബാധിക്കുന്നു. കൃഷി ഭൂവിനിയോഗത്തിലെ മാറ്റങ്ങൾ മൂലം ഏകദേശം 20 മുതൽ 50% വരെ മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവു കുറയുന്നു. ഈ കാർബൺ സംഭരണം മണ്ണിലേക്ക് ചേർക്കുന്ന അടിത്തട്ടിലെയും മുകൾഭാഗത്തെയും ജൈവസാന്ദ്രത, ഈർപ്പം, ഊഷ്മാവ്, മണ്ണിലേക്ക് ചേരുന്ന വിളകളുടെ അവശിഷ്ടത്തിന്റെ ശിഥിലീകരണവും, മണ്ണ് ഉഴുതുമറിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടാവുന്ന ഉലച്ചിലും, മണ്ണിന്റെ സംഗ്രഹത്തിലുള്ള കുറവും, മണ്ണൊലിപ്പിനെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

കൃഷിയിടങ്ങളിലെ വനവത്കരണം മുഖേന മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവ് കൂടുവാൻ സാധിക്കുമെന്ന് പഠനങ്ങൾ തെളിയിച്ചിട്ടുണ്ട്. അടുത്ത കാലത്ത് അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഉയർന്നുവരുന്ന ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ കത്തിക്കുമ്പോഴുണ്ടാവുന്ന കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിനെ ആഗിരണം ചെയ്യാനുള്ള മണ്ണിന്റെ കഴിവിനെ കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾക്ക് വളരെയധികം പ്രാധാന്യമേറിയിരുന്നു. ഇത് കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാന പഠനങ്ങളെ വളരെയധികം സഹായിക്കുന്നു.

മണ്ണിലെ കാർബൺ ശേഖരം ലോകത്തിൽ ആകെയുള്ള 4.1 ബില്യൺ ഹെക്ടർ വനങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ഈ വനങ്ങൾ ഓരോ വർഷവും 9.4 മില്യൺ ഹെക്ടർ എന്ന തോതിൽ നശിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ഇങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നതു മൂലം ഓരോ വർഷവും 1.6 - 1.7 Pg കാർബൺ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് ചേരുന്നു.

വനങ്ങളും അതിലെ മണ്ണും ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന കാർബണിന്റെ അളവ് 1240 Pg ആണ്. ഇതിൽ തന്നെ 37% അക്ഷാംശ രേഖയുടെ താഴെയും 14% മധ്യ ഭാഗത്തും 49% ഉയർന്ന പ്രദേശത്തുമാണ് ഉള്ളത്. ഭൂതലത്തിലുള്ള ചെടികളിലെ കാർബണിന്റെ സാന്ദ്രത ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ളത് ഉഷ്ണ മേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിലെ വനങ്ങളിലാണ്. ഇത് ഒരു ഹെക്ടറിൽ ഏകദേശം 120-194 Mg ആണ്.

മേൽക്കാണിച്ച കാർബണിന്റെ മൂന്നിൽ രണ്ട് ഭാഗം മണ്ണിൽ ആണ് ഉള്ളത്. മണ്ണിലേയും, ചെടികളിലേയും കാർബണിന്റെ അളവ് 0.9-1.2 എന്ന തോതിലാണ്.

വനങ്ങളിലെ മണ്ണിലുള്ള കാർബണിന്റെ അളവ് 0-50% എന്ന തോതിലാണ്. എന്നാൽ ഭൂരിഭാഗം മണ്ണിലും ഈ അളവ് 0.3- 15.5% വരെയാണ്. ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിലെ വനങ്ങൾ നാമാവശിഷ്ടമാവുന്നത് മൂലം 1.6 മുതൽ 1.7 Pg കാർബൺ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഓരോ വർഷവും ചേരുന്നു.

മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവിനെയും സാന്ദ്രതയേയും ആശ്രയിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളിൽ കാലാവസ്ഥ ഒരു പ്രധാന പങ്കു വഹിക്കുന്നു. ഇതിൽ തന്നെ, മഴയുടെ അളവ്, മണ്ണിൽ നിന്നും നഷ്ടപ്പെടുന്ന ഈർപ്പം, ഇവ തമ്മിലുള്ള അനുപാതം എന്നിവയാണ് പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ. ഇത് കൂടാതെ ഭൂമിയുടെ ചെരിവ്, ജലനിർഗ്ഗമനം, മണ്ണിന്റെ സ്വഭാവവും ഘടനയും, സവിശേഷതകളും കാർബണിന്റെ അളവ് നിശ്ചയിക്കുന്നു.

വനങ്ങളിലെ മണ്ണിലുള്ള കാർബണിന്റെ അളവ് പ്രകൃതിദത്തവും, മാനുഷിക പ്രവർത്തനങ്ങളെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കാട്ടുതീ, വരൾച്ച, കീടങ്ങൾ, രോഗങ്ങൾ എന്നിവയാണ് പ്രധാനമായും പ്രകൃതിദത്തമായ ഘടകങ്ങൾ. മാനുഷിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ പ്രധാനമായും വനനശീകരണവും അതുമൂലം ഉണ്ടാവുന്ന പ്രത്യാഘാതങ്ങളുമാണ്. മരം മുറിച്ച് നീക്കപ്പെടുന്നത് മൂലം ഏകദേശം 50 ശതമാനത്തോളം മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവ് ആദ്യത്തെ 20 വർഷം കൊണ്ട് കുറയുന്നു. അതിനു ശേഷം കാർബണിന്റെ അളവ് കൂടുന്നുണ്ടെങ്കിലും ആദ്യകാല അളവിന്റെ അടുത്തൊന്നും എത്തുന്നതായി കാണുന്നില്ല. ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം മരം മുറിച്ച് നീക്കുകയാണെങ്കിൽ പ്രകൃതിദത്തമായ പ്രവർത്തനങ്ങളെ വളരെ കുറച്ച് മാത്രമേ ബാധിക്കുകയുള്ളൂ. തൻനിമിത്തം മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ സംഭരണ ശേഷിയെ വളരെക്കുറച്ച് മാത്രമേ ഇത് ബാധിക്കുകയുള്ളൂ.

വനമേഖലയിൽ ഉണ്ടാവുന്ന കാട്ടുതീ ആണ് മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവിനെ വളരെ കാലത്തേക്ക് ബാധിക്കുന്നത്. കാട്ടുതീ മൂലം മണ്ണിലെ ഊഷ്മാവ് കൂടുകയും വെള്ളത്തിന്റെ അളവ് കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. വളപ്രയോഗം മൂലം മണ്ണിന്റെ ഫലഭൂയിഷ്ഠത വർദ്ധിക്കുന്നു. ഇതുമൂലം ഉല്പാദനക്ഷമത കൂടുകയും മണ്ണിലേക്ക് ചേരുന്ന വൃക്ഷഭാഗങ്ങളുടെ അളവ് കൂടുകയും കാർബണിന്റെ സംഭരണം വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

വനവത്ക്കരണം മൂലം മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവ് വർധിക്കുന്നു. ഇത് കൂടാതെ കൃഷിയിടങ്ങളും തരിശ് ഭൂമികളും ചെടികൾ വച്ചു പിടിപ്പിക്കുന്നതു മൂലം ആ പ്രദേശങ്ങളിലെ മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവ് കൂടുന്നു. വനവത്ക്കരണം മൂലം മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവ് ഓരോ വർഷവും ഹെക്ടറിൽ 0.8 Mg കൂടുന്നതായി കാണുന്നു.

അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ അളവ് 0.4% എന്ന തോതിൽ കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. ഇത് 21-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ഇരട്ടിയാകുമെന്നാണ് കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നത്. ഇങ്ങനെയുള്ള വർധനവ് ദൂരവ്യാപകമായിട്ടുള്ള ഭവിഷ്യത്തുക്കൾ ഉണ്ടാക്കുമെന്ന് പഠനങ്ങൾ തെളിയിക്കുന്നു. ഇതു മൂലം കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുകയും പരിസ്ഥിതിയുടെ സന്തുലിതാവസ്ഥ നഷ്ടമാവുകയും ഉല്പാദനക്ഷമത, മണ്ണിലെ സൂക്ഷ്മജീവികളുടെ അളവ് എന്നിവ കുറയുകയും ചെയ്യുന്നു. കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനം മണ്ണിന്റെ ഘടനയെയും പ്രവർത്തനങ്ങളെയും ബാധിക്കുന്നു. ഇത് മണ്ണിന്റെ കാർബൺ സംഭരണശേഷിയെ ബാധിക്കുന്നു.

മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ അളവ് മുകൾത്തട്ടിലുള്ള 15cmൽ വ്യാപൃതമായിരിക്കുന്ന തലത്തെ ആശ്രയിച്ചാണ്. വികസിത വ്യവസായ രാജ്യങ്ങളിൽ കാർബൺ സംഭരണം 2010 ഓടെ ഓരോ വർഷവും 101Tgയും 2040 ഓടു കൂടി 505Tg ഉം ആകുമെന്നാണ് കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നത്. ഇത് വനമേഖലയിൽ 69Tgയും 200Tgയും ആണെന്നാണ് കണക്കാക്കിയിരിക്കുന്നത്.

കാർഷികോല്പന്നങ്ങളുടെ ഗുണനിലവാരവും, ഉല്പാദനക്ഷമതയും, ഉല്പാദനവും വർധിപ്പിക്കുവാൻ വേണ്ടി പല സാങ്കേതിക വിദ്യയും വികസിപ്പിച്ച് കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ കൂടുതലായി കാർബൺ സംഭരണശേഷി വർദ്ധിപ്പിക്കേണ്ടത് വളരെ ആവശ്യമാണ്. കൂടാതെ അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡിന്റെ അളവിനെ കുറയ്ക്കുന്നു. മണ്ണിലെ കാർബണിന്റെ സംഭരണം, വനപരിപാലനം, കാട്ടുതീ നിയന്ത്രണം, വനവത്കരണം, രാസവള പ്രയോഗം തുടങ്ങി പല ഘടകങ്ങളേയും മണ്ണിലെ കാർബൺ സംഭരണം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. വനനശീകരണം മണ്ണിലെ കാർബൺ സംഭരണശേഷിയെ കുറയ്ക്കുന്നു.