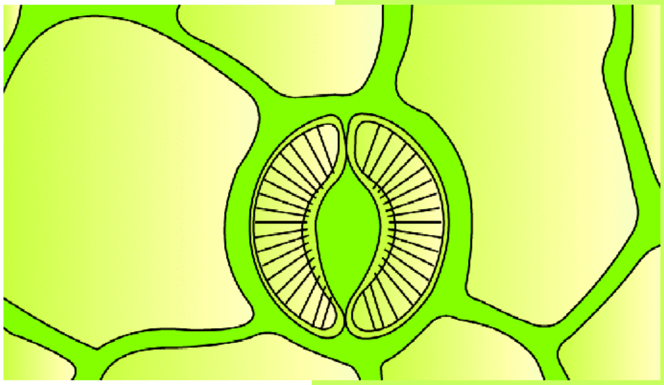


യൂണിറ്റ് IV
സസ്യശരീരധർമ ശാസ്ത്രം
(PLANT PHYSIOLOGY)

അധ്യായം 11
സംവഹനം സസ്യങ്ങളിൽ

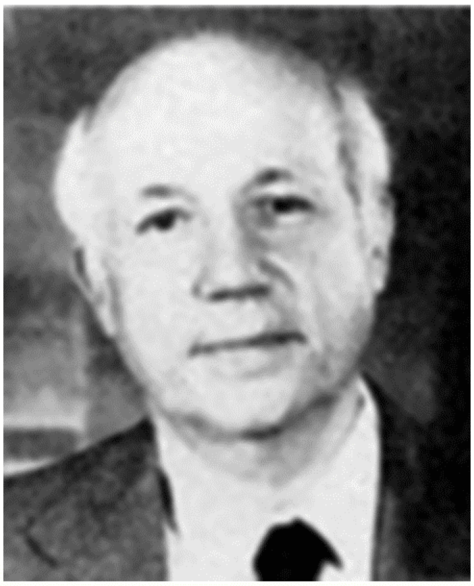
അധ്യായം 12
ധാതുപോഷണം

അധ്യായം 13
പ്രകാശസംശ്ലേഷണം-ഉയർന്ന തലത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളിൽ

അധ്യായം 14
ശ്വസനം-സസ്യങ്ങളിൽ

അധ്യായം 15
സസ്യവളർച്ചയും വികാസവും

ജീവജാലങ്ങളുടെ ഘടനയെക്കുറിച്ചും ഒരു നിശ്ചിതകാലയളവിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനങ്ങളെക്കുറിച്ചുമുള്ള വിവരണം വ്യക്തമായും ചെന്നെത്തുന്നത് ജീവശാസ്ത്രത്തിന്റെ ചോർന്നു പോകാത്ത രണ്ട് വ്യത്യസ്ത വീക്ഷണങ്ങളിലാണ്. ഈ രണ്ട് വീക്ഷണങ്ങളും കുടികൊള്ളുന്നത് ജീവജാലങ്ങളുടെ ഘടനയുടെയും ജീവൽപ്രതിഭാസങ്ങളുടെയും രണ്ട് തലത്തിലാണ്. ഇതിലൊന്ന് ജീവതലത്തെയും അതിലും ഉയർന്ന ഘടനാതലത്തെയും വിവരിക്കുമ്പോൾ രണ്ടാമത്തേത് കോശതലത്തിലും തന്മാത്രാതലത്തിലും ഉള്ള ഘടന വിവരിക്കുന്നു. ആദ്യത്തേത് പരിസ്ഥിതി ശാസ്ത്രത്തെയും അനുബന്ധ ശാഖകളെയും സൃഷ്ടിച്ചു. രണ്ടാമത്തേത് ശരീരധർമ്മശാസ്ത്രത്തെയും ജൈവരസതന്ത്രത്തെയും സൃഷ്ടിച്ചു. സപുഷ്പികളിലെ ശരീരധർമ്മപരമായ പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ചുള്ള ഒരു വിവരണം ഉദാഹരണമായി ഈ യൂണിറ്റിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നു. സസ്യങ്ങളിലെ ധാതുപോഷണം, പ്രകാശസംശ്ലേഷണം, സംവഹനം, ശ്വസനം എന്നിവയും അവസാനമായി സസ്യവളർച്ചയും വികാസവും തുടങ്ങിയ പ്രക്രിയകൾ തന്മാത്രാതലത്തിലും ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ കോശപ്രവർത്തനങ്ങളുടെയും ചിലപ്പോൾ ജീവികളുടെ തലത്തിലും വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു. അനുയോജ്യമായ ഇടങ്ങളിലെല്ലാം പരിസ്ഥിതിയും ശരീരധർമ്മപരമായ പ്രക്രിയകളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധവും ചർച്ചചെയ്തിരിക്കുന്നു.



മെൽവിൻ കാൽവിൻ

1911 ഏപ്രിൽ മാസം മിനിസോട്ടയിൽ മെൽവിൻ കാൽവിൻ ജനിച്ചു. മിനിസോട്ട സർവകലാശാലയിൽ നിന്ന് അദ്ദേഹത്തിന് രസതന്ത്രത്തിൽ പി.എച്ച്.ഡി. ലഭിച്ചു. ബെർക്കിലിയിലെ കാലിഫോർണിയ സർവകലാശാലയിൽ (University of California) അദ്ദേഹം രസതന്ത്ര അധ്യാപകനായി സേവനമനുഷ്ഠിച്ചിട്ടുണ്ട്.

രണ്ടാം ലോക മഹായുദ്ധത്തെത്തുടർന്ന് ഹിരോഷിമയിലും, നാഗസാക്കിയിലുമുണ്ടായ ബോംബ് ആക്രമണങ്ങളും, റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റിയുടെ ദൂഷ്യഫലങ്ങളും കണ്ട് ഞെട്ടിയിരുന്ന ലോകത്തിൽ, റേഡിയോ ആക്റ്റിവിറ്റിയെ ഉപകാരപ്രദമായ കാര്യങ്ങൾക്കായി മെൽവിൻ കാൽവിനും സഹപ്രവർത്തകരും ഉപയോഗിച്ചു. ഹരിതസസ്യങ്ങൾ അസംസ്കൃത പദാർഥങ്ങളായ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, ജലം, ധാതുക്കൾ തുടങ്ങിയവയിൽ നിന്ന് പഞ്ചസാരയും മറ്റു പദാർഥങ്ങളും നിർമിക്കുന്ന രാസപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് അദ്ദേഹം ജെ.എ. ബാഷാമിനോടൊപ്പം പഠിച്ചു. ഇതിനായി അവർ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിനെ C^{14} ഉപയോഗിച്ച് ലേബൽ ചെയ്തു. ചിട്ടയായി ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന വർണവസ്തുക്കളിലൂടെയും മറ്റു ചില പദാർഥങ്ങളിലൂടെയും ഇലക്ട്രോണുകൾ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നതിലൂടെ സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശോർജത്തെ രാസോർജമാക്കി മാറ്റുമെന്ന് അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിച്ചു. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിൽ കാർബൺ സ്വാംശീകരണത്തിന്റെ പാത രേഖപ്പെടുത്തിയതിന് 1961 ൽ അദ്ദേഹത്തിന് നോബൽ സമ്മാനം ലഭിച്ചു.

കാൽവിൻ ആവിഷ്ക്കരിച്ച പ്രകാശസംശ്ലേഷണ തത്വങ്ങളെ ഇന്ന് പുനരുപയോഗിക്കാൻ കഴിയുന്ന ഊർജവിഭവങ്ങൾ, വസ്തുക്കൾ, സൗരോർജത്തിന്റെ അടിസ്ഥാന പഠനങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള ഗവേഷണങ്ങൾക്ക് ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു.

K7D5T9

അധ്യായം 11

സംവഹനം സസ്യങ്ങളിൽ

(Transport in Plants)

11.1 സംവഹനത്തിനുള്ള മാർഗങ്ങൾ

11.2 സസ്യ - ജലബന്ധങ്ങൾ

11.3 ജലത്തിന്റെ ദീർഘദൂര സംവഹനം

11.4 സസ്യസ്വേദനം

11.5 ധാതുപോഷകങ്ങളുടെ ആഗിരണവും സംവഹനവും

11.6 ഫ്ളോയം സംവഹനം: ഉറവിടത്തിൽനിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്കുള്ള ഒഴുക്ക്

വൃക്ഷങ്ങളുടെ മുകൾഭാഗത്ത് ജലം എങ്ങനെ എത്തിച്ചേരുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ ആശ്ചര്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടാകാം. പദാർഥങ്ങൾ ഒരു കോശത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേയ്ക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് എങ്ങനെയെന്നും എന്തിനെന്നും നിങ്ങൾക്കറിയാമോ? എല്ലാ വസ്തുക്കളുടെയും സഞ്ചാരം ഒരേ രീതിയിലും ഒരേ ദിശയിലുമാണോ? പദാർഥങ്ങളുടെ ഈ സഞ്ചാരത്തിന് ഉപാപചയ പ്രക്രിയയിലൂടെ ലഭിക്കുന്ന ഊർജം ആവശ്യമുണ്ടോ എന്നൊക്കെ നിങ്ങൾ ചിന്തിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം. ജന്തുക്കളെ അപേക്ഷിച്ച് സസ്യങ്ങളിൽ പ്രത്യേക പര്യയന വ്യവസ്ഥകളൊന്നും കാണുന്നില്ലെങ്കിലും അവ തന്മാത്രകളെ ദീർഘദൂരത്തിൽ സംവഹനം ചെയ്യുന്നു. വേരുകൾ വലിച്ചെടുക്കുന്ന ജലം കാണ്ഡത്തിന്റെ വളരുന്ന അഗ്രഭാഗം ഉൾപ്പെടെ സസ്യങ്ങളുടെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും എത്തിച്ചേരേണ്ടതുണ്ട്. ഇലകൾ നിർമ്മിക്കുന്ന ആഹാരവും മണ്ണിന്റെ ആഴങ്ങളിൽ കാണുന്ന വേരുകളുടെ അഗ്രഭാഗം വരെ എത്തേണ്ടതുണ്ട്. കോശത്തിനകത്തുള്ളതോ, സ്തരങ്ങൾക്ക് കുറുകെയുള്ളതോ, കലകളിലെ കോശങ്ങൾ തമ്മിലുള്ളതോ ആയ ഹ്രസ്വദൂരസഞ്ചാരങ്ങളും നടക്കേണ്ടതുണ്ട്. സസ്യങ്ങളിലെ പദാർഥസംവഹനത്തെപ്പറ്റി മനസ്സിലാക്കാൻ കോശഘടന, സസ്യങ്ങളുടെ ആന്തരികഘടന എന്നിവയെപ്പറ്റിയുള്ള അടിസ്ഥാന അറിവ് നമ്മൾ ഓർത്തിരിക്കേണ്ടതാണ്. കെമിക്കൽ പൊട്ടൻഷ്യൽ, അയോണുകൾ, വ്യാപനം എന്നിവയെപ്പറ്റിയുള്ള അറിവുകളും നമ്മൾ മുൻകൂട്ടി മനസ്സിലാക്കിയിരിക്കണം.

വസ്തുക്കളുടെ സഞ്ചാരത്തെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുമ്പോൾ നമ്മൾ ആദ്യമായി നിർവചിക്കേണ്ടത് ഏത് തരത്തിലുള്ള സഞ്ചാരമാണെന്നതും ഏതെല്ലാം വസ്തുക്കളാണ് സഞ്ചരിക്കപ്പെടേണ്ടതും എന്നുമാണ്. ജലം, ധാതുപോഷകങ്ങൾ, കാർബണിക പോഷകങ്ങൾ, സസ്യവളർച്ചാനിയന്ത്രണ ഘടകങ്ങൾ എന്നിവയാണ് സപുഷ്പികളിൽ പ്രധാനമായും സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടേണ്ടത്. പദാർഥങ്ങൾ ഹ്രസ്വദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നത് പ്രധാനമായും വ്യാപനം വഴിയും സക്രിയസംവഹനത്താലുള്ള (Active transport) കോശദ്രവ്യ പ്രവാഹത്താലുമാണ് (Cytoplasmic streaming). സൈലത്തിലൂടെയും ഫ്ളോയത്തിലൂടെയുമുള്ള ദീർഘ ദൂരസഞ്ചാരത്തിനെ **സ്ഥാനമാറ്റം (Translocation)** എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ഇവിടെ പരിഗണിക്കേണ്ട ഒരു പ്രധാനകാര്യം സഞ്ചാരത്തിന്റെ ദിശയാണ്. മണ്ണിലുറച്ചു നിൽക്കുന്ന സസ്യങ്ങളിൽ വേരിൽ നിന്ന് കാണ്ഡത്തിലേക്ക് സൈലത്തിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെയും ധാതുക്കളുടെയും സഞ്ചാരം ഏകദിശയിലുള്ളതാണ്. എന്നാൽ കാർബണിക പോഷകങ്ങളുടെയും ധാതുപോഷകങ്ങളുടെയും സഞ്ചാരം ബഹുദിശയിലുള്ളതാണ്. പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിലൂടെ ഇലകളിൽ നിർമ്മിക്കുന്ന ജൈവസംയുക്തങ്ങൾ സസ്യത്തിന്റെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്കും സംഭരണാവയവങ്ങളിലേക്കും മാറ്റപ്പെടുന്നു. പിന്നീട് സംഭരണാവയവങ്ങളിൽ നിന്നും ഇവ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് പുനർവിന്യസിക്കപ്പെടുന്നു. വേരുകൾ വലിച്ചെടുക്കുന്ന ധാതുപോഷകങ്ങൾ മുകളിലേക്ക് സഞ്ചരിച്ച് കാണ്ഡം, ഇലകൾ, വളരുന്ന ഭാഗങ്ങൾ എന്നിവയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. വാർധക്യത്തിന് വിധേയമാകുന്ന സസ്യഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് പോഷകങ്ങളെ പിൻവലിച്ച് അവയെ വളരുന്ന ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് മാറ്റുന്നു. ഹോർമോണുകൾ അല്ലെങ്കിൽ സസ്യവളർച്ചാ നിയന്ത്രണ ഘടകങ്ങൾ മറ്റ് രാസപദാർഥങ്ങൾ എന്നിവ ചെറിയ അളവിൽ അവയുടെ നിർമ്മാണ സ്ഥലത്തുനിന്ന് ഏകദിശയിൽ മറ്റു ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം സപുഷ്പികളിൽ സംയുക്തങ്ങൾ പല ദിശകളിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ഓരോ അവയവവും ചില പദാർഥങ്ങളെ സ്വീകരിക്കുകയും മറ്റുചിലതിനെ പുറത്തേക്ക് നൽകുകയും ചെയ്യുന്ന ഒരു സങ്കീർണമായ പോക്കുവരവ് കാണാനാകും.

11.1 സംവഹനത്തിനുള്ള മാർഗങ്ങൾ

11.1.1 വ്യാപനം (Diffusion)

വ്യാപനം വഴിയുള്ള സഞ്ചാരം നിഷ്ക്രിയമാണ് (Passive). ഇത്തരത്തിലുള്ള സഞ്ചാരം കോശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്ത് നിന്ന് മറ്റൊരു ഭാഗത്തേക്കോ, കോശത്തിൽ നിന്ന് കോശത്തിലേക്കോ ഹ്രസ്വദൂരത്തേക്കോ, അതായത് ഇലകളുടെ കോശാന്തരസ്ഥലത്തുനിന്ന് പുറത്തേക്കോ ആകാം. വ്യാപനം നടക്കുന്നതിന് ഊർജത്തിന്റെ ആവശ്യം ഇല്ല. വ്യാപനത്തിൽ തന്മാത്രകൾ ക്രമരഹിതമായി സഞ്ചരിച്ച് അവയുടെ ഗാഢതകൂടിയ ഭാഗത്തുനിന്ന് ഗാഢത കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്നു. വ്യാപനം സാവധാനം നടക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയും 'ജീവവ്യവസ്ഥയെ' ആശ്രയിക്കാത്തതുമാണ്. വാതകങ്ങളിലും ദ്രാവകങ്ങളിലും വ്യാപനം സാധാരണമാണെങ്കിലും ഖരപദാർഥങ്ങളിൽ ഇത് വളരെ കുറവാണ്. സസ്യങ്ങൾക്ക് വ്യാപനം വളരെ പ്രധാനപ്പെട്ടതാണ്, കാരണം സസ്യങ്ങളിൽ വായു സഞ്ചാരത്തിനുള്ള ഏകമാർഗമാണിത്.

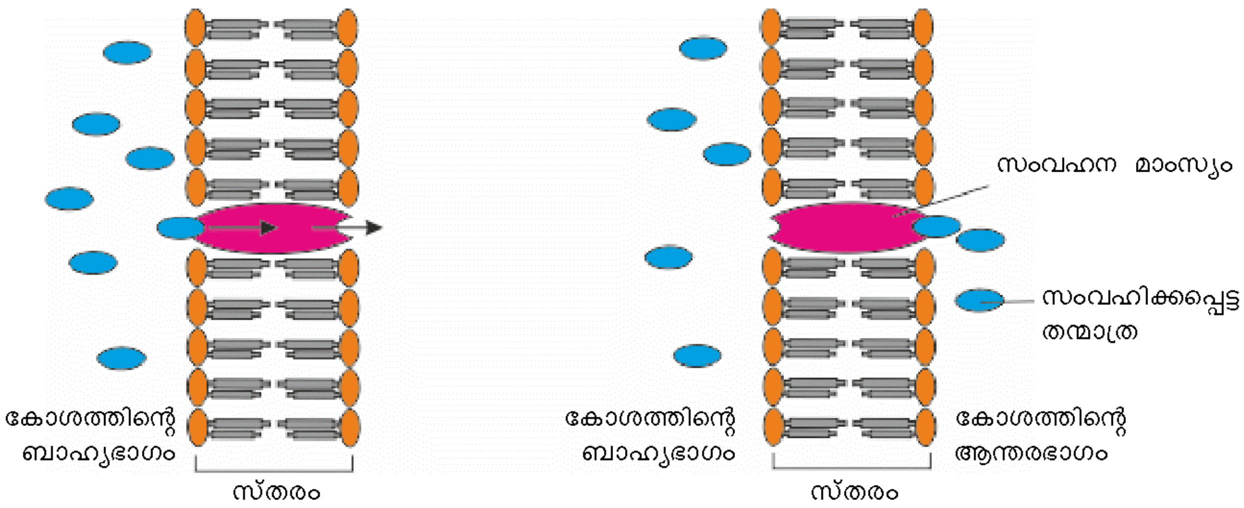
വ്യാപന നിരക്കിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് ഗാഢതാവ്യതിയാനം, തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന സ്തരത്തിന്റെ താര്യത, താപനില, മർദം എന്നിവ.

11.1.2 സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം (Facilitated diffusion)

മുൻപ് പറഞ്ഞതുപോലെ, വ്യാപനം നടക്കുന്നതിന് ഗാഢതാവ്യതിയാനം അത്യാവശ്യമാണ്. വ്യാപനനിരക്ക് പദാർഥങ്ങളുടെ വലുപ്പത്തിനനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെടുന്നു; അതായത് ചെറിയ പദാർഥങ്ങളാണ് വളരെവേഗം വ്യാപനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. സ്തരത്തിനു കുറുകെയുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ വ്യാപനം സ്തരങ്ങളുടെ

പ്രധാനപ്പെട്ട ഘടകമായ കൊഴുപ്പിൽ ലയിക്കുന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കൊഴുപ്പിൽ ലയിക്കുന്ന പദാർഥങ്ങൾ വേഗത്തിൽ സ്തരത്തിലൂടെ വ്യാപിക്കുന്നു. ജലതന്മാത്രകളോട് ആഭിമുഖ്യമുള്ള (Hydrophilic) വസ്തുക്കൾക്ക് സ്തരത്തിലൂടെ കടന്ന് പോകുവാൻ പ്രയാസമാണ്; അവയുടെ സഞ്ചാരം സുഗമമാക്കപ്പെടണം. സ്തര മാംസ്യങ്ങളാണ് അത്തരം പദാർഥങ്ങൾക്ക് സ്തരത്തിന് കുറുകെ കടക്കാനുള്ള പാതകൾ ഒരുക്കുന്നത്. അവ ഗാഢതാവ്യതിയാനം സംജാതമാക്കാറില്ല: തന്മാത്രകൾക്ക് മാംസ്യത്തിന്റെ സഹായത്താൽ വ്യാപനം നടത്തണമെങ്കിൽപ്പോലും ഒരു ഗാഢതാവ്യതിയാനം മുമ്പേതന്നെ ഉണ്ടായിരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ സംവഹനമാംസ്യത്തിന്റെ സഹായത്താൽ നടക്കുന്ന വ്യാപനത്തെ **സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം** എന്നു പറയുന്നു.

സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനത്തിൽ ATP വിനിയോഗം ഇല്ലാതെ പ്രത്യേക മാംസ്യങ്ങളുടെ സഹായത്താൽ വസ്തുക്കൾ സ്തരങ്ങളെ മറികടക്കുന്നു. സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനത്തിൽ കുറഞ്ഞ ഗാഢതയിൽ നിന്ന് കൂടിയ ഗാഢതയിലേക്ക് പദാർഥങ്ങൾ സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടാറില്ല - ഇതിന് ഊർജം ആവശ്യമായി വരുന്നു. എല്ലാ മാംസ്യസംവാഹകരും (Protein transporters) പൂർണമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ സംവഹനനിരക്ക് അതിന്റെ പരമാവധിയിലെത്തുന്നു, (പൂരിതമാകുന്നു). സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം വളരെ നിശ്ചിതമാണ്: കാരണം കോശത്തിന് ആവശ്യമായ വസ്തുക്കൾ തിരഞ്ഞെടുക്കാൻ ഇത് അനുവദിക്കുന്നു. തടസ്സകാരികൾ (Inhibitors) മാംസ്യത്തിന്റെ പാർശ്വശ്രേണിയുമായി (Protein side chains) പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലേർപ്പെടുന്നത് ഈ പ്രക്രിയയെ ബാധിക്കും.



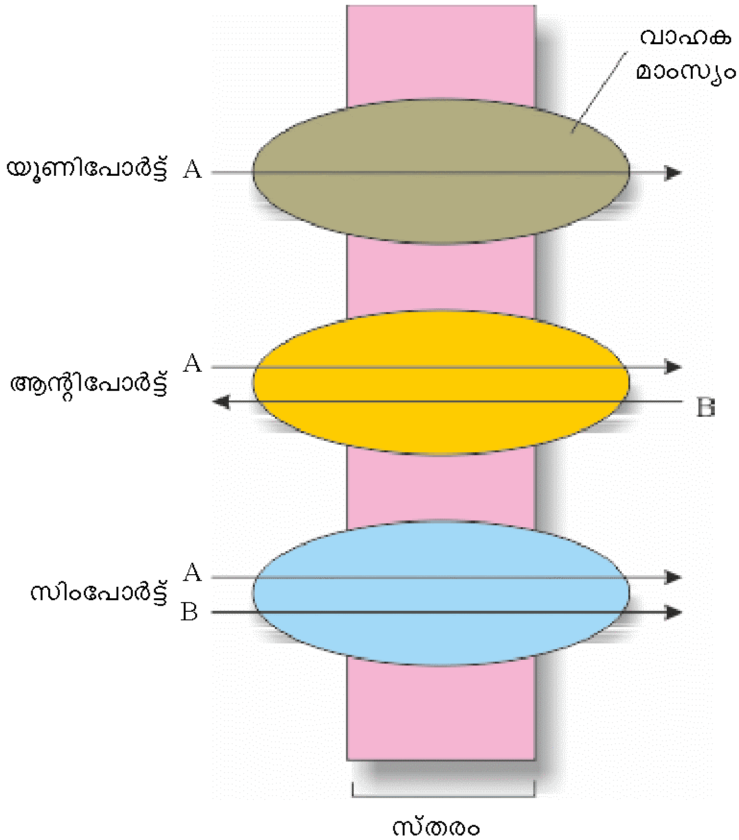
ചിത്രം 11.1 സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം

സ്തര മാംസ്യങ്ങൾ തന്മാത്രകളെ കടത്തിവിടുന്നതിനുള്ള ചാനലുകളായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ഇത്തരം ചാനലുകളിൽ ചിലത് എപ്പോഴും തുറന്നിരിക്കുന്നവയും ചിലത് നിയന്ത്രണവിധേയവുമാണ്. ചില ചാനലുകൾ പല തരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളെ കടത്തിവിടാൻ ഉതകുന്ന തരത്തിൽ വളരെ വലുതാണ്. പ്ലാസ്റ്റിഡുകൾ (Plastids), മൈറ്റോകോൺട്രിയ (Mitochondria), ചില ബാക്ടീരിയകൾ തുടങ്ങി

യവയുടെ ബാഹ്യസ്തരങ്ങളിൽ വലിയ സുഷിരങ്ങളായി കാണപ്പെടുന്ന മാംസ്യ ങ്ങളെയാണ് **പോറിനുകൾ (Porins)** എന്നു പറയുന്നത്. ചെറിയ മാംസ്യങ്ങളുടെ അത്രയും വലുപ്പമുള്ള തന്മാത്രകളെപ്പോലും കടത്തിവിടാൻ അനുവദിക്കുന്നവ യാണ് പോറിനുകൾ.

ചിത്രം 11.1 ൽ കോശത്തിന് പുറത്തുള്ള ഒരു തന്മാത്ര സംവഹന മാംസ്യത്തിൽ ബന്ധിതമായിരിക്കുന്നത് കാണിച്ചിരിക്കുന്നു. തുടർന്ന് സംവഹന മാംസ്യം തിരി ഞ്ഞ് (Rotates) പ്രസ്തുത തന്മാത്രയെ കോശത്തിനുള്ളിലേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കു ന്നു. ഉദാഹരണമായി ജലചാനലുകൾ-എട്ട് വിവിധതരം **അക്വാപോറിനുകൾ (Aquaporins)** ചേർന്നാണ് രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.

11.1.2.1. നിഷ്ക്രിയ സിംപോർട്ടുകളും ആന്റിപോർട്ടുകളും (Passive symports and antiports)



ചിത്രം 11.2 സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം

ചില സംവഹന അഥവാ വാഹക മാംസ്യ ങ്ങൾ രണ്ട്തരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകൾ ഒരു മിച്ച് സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ മാത്രമേ വ്യാപനം നടത്താറുള്ളൂ.

സിംപോർട്ട് : രണ്ട് തരത്തിലുള്ള തന്മാത്ര കൾ സ്തരത്തിലൂടെ ഒരേ ദിശയിൽ കടന്നു പോകുന്നു.

ആന്റിപോർട്ട് : രണ്ട് തരത്തിലുള്ള തന്മാത്രകളും വിപരീത ദിശകളിൽ സ്തര ത്തിനുകുറുകെ കടന്നുപോകുന്നു (ചിത്രം 11.2).

യൂണിപോർട്ട് : സ്തരത്തിനു കുറുകെ യുള്ള തന്മാത്രകളുടെ സഞ്ചാരം മറ്റ് തന്മാ ത്രകളുടെ സഞ്ചാരത്തെ ആശ്രയിക്കാതെ സ്വതന്ത്രമായി നടക്കുന്നു.

11.1.3 സക്രിയ സംവഹനം (Active transport)

ഇവിടെ തന്മാത്രകളുടെ സംവഹനവും പമ്പ് ചെയ്യലും ഊർജം ഉപയോഗിച്ചു കൊണ്ട് ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിന് എതിരെ നടക്കുന്നു. സക്രിയ സംവഹനം നടത്തുന്നത് നിശ്ചിതമായ സ്തരമാംസ്യ ങ്ങളാണ്. ആയതിനാൽ, സ്തരത്തിലെ വ്യത്യസ്ത മാംസ്യങ്ങൾ സക്രിയ സംവ ഹനത്തിലും നിഷ്ക്രിയ സംവഹനത്തിലും പങ്കുവഹിക്കുന്നു. ഇവിടെ പമ്പായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് പദാർഥങ്ങളെ കോശസ്തരത്തിനു കുറുകെ കടത്തിവിടുന്ന മാംസ്യങ്ങളാണ്. ഇത്തരം മാംസ്യ പമ്പുകൾ പദാർഥ ങ്ങളെ കുറഞ്ഞ ഗാഢതയിൽ നിന്ന് കൂടിയ ഗാഢതയിലേയ്ക്ക് (Uphill transport)

സംവഹിപ്പിക്കാൻ കഴിവുള്ളവയാണ്. എല്ലാ മാംസ്യ സംവഹകരും ഉപയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അല്ലെങ്കിൽ പൂരിതമാക്കപ്പെടുമ്പോൾ (Saturated) സംവഹന നിരക്ക് പരമാവധിയാകുന്നു. രാസാഗ്നികളെപ്പോലെ വാഹകമാംസ്യങ്ങളും കടത്തിവിടേണ്ട പദാർഥങ്ങളുടെ കാര്യത്തിൽ നിശ്ചിത (Specific) സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു. മാംസ്യങ്ങളുടെ പാർശ്വശ്രേണിയുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന തടസ്സകാരികൾ ഈ മാംസ്യങ്ങളെയും ബാധിക്കുന്നു.

11.1.4 വിവിധ സംവഹന പ്രക്രിയകളുടെ താരതമ്യം

വിവിധ സംവഹന പ്രക്രിയകളുടെ താരതമ്യം കാണിക്കുന്ന പട്ടികയാണ് 11.1 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്. സ്തരത്തിലെ മാംസ്യങ്ങൾ സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനത്തിലും സക്രിയ സംവഹനത്തിലും പങ്കെടുക്കുന്നതിനാൽ അവയ്ക്ക് ചില പൊതു സ്വഭാവ ഗുണങ്ങൾ ഉണ്ട്. അവ തിരഞ്ഞെടുത്ത തന്മാത്രകളെ മാത്രമേ കടത്തിവിടാറുള്ളൂ. അവ പൂരിതമാക്കപ്പെടാവുന്നതും, തടസ്സകാരികളോട് പ്രതികരിക്കുന്നതും, ഹോർമോണുകളാൽ നിയന്ത്രിതവുമാണ്. എന്നാൽ വ്യാപനം സുഗമമാക്കപ്പെട്ടതായാലും അല്ലെങ്കിലും ഊർജരഹിതമായി, ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തു നിന്ന് കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്ക് നടക്കുന്നു.

പട്ടിക 11.1 വിവിധ സംവഹന പ്രക്രിയകളുടെ താരതമ്യം

പ്രത്യേകത	ലളിതമായ വ്യാപനം	സുഗമമാക്കപ്പെട്ട സംവഹനം	സക്രിയ സംവഹനം
സവിശേഷമായ സ്തര മാംസ്യങ്ങൾ ആവശ്യമാണ്	വേണ്ട	വേണം	വേണം
തന്മാത്രകളെ തിരഞ്ഞെടുത്ത് മാത്രമെ കടത്തിവിടാറുള്ളൂ	ഇല്ല	അതെ	അതെ
സംവഹനം പൂരിതമാകും	ഇല്ല	അതെ	അതെ
ഗാഢത കുറഞ്ഞഭാഗത്ത് നിന്ന് കൂടിയ ഭാഗത്തേക്കുള്ള സംവഹനം (Uphill transport)	അല്ല	അല്ല	അതെ
ATP ഊർജം ആവശ്യമാണ്.	വേണ്ട	വേണ്ട	വേണം

11.2 സസ്യ-ജല ബന്ധങ്ങൾ (Plant-water relations)

സസ്യങ്ങളിലെ എല്ലാ ശാരീരിക പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും ജലം അത്യാവശ്യമാണ്. അതുപോലെ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളിലും ജലത്തിന് മുഖ്യമായ സ്ഥാനമുണ്ട്. ഒട്ടുമിക്ക പദാർഥങ്ങളും ലയിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു മാധ്യമമായി ജലം വർത്തിക്കുന്നു. കോശത്തിനുള്ളിലെ ജലവും അതിൽ ലയിച്ചിരിക്കുന്നതും അല്ലാത്തതുമായ (Suspended) പദാർഥങ്ങളും ചേർന്നതാണ് ജീവദ്രവ്യം. ഒരു തണ്ണിമത്തന്റെ 92 ശതമാനവും ജലമാണ്. മിക്ക ഔഷധികളിലും ജീവാവസ്ഥയിലുള്ള ഭാരത്തിന്റെ 10 മുതൽ 15 ശതമാനം വരെ മാത്രമേ നിർജലവസ്തുക്കൾ (Dry matter) കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ഒരു സസ്യത്തിനുള്ളിൽപോലും ജലത്തിന്റെ വിതരണം വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. മരത്തടിയിൽ ജലാംശം വളരെ കുറവാണ്. എന്നാൽ മൃദു ഭാഗങ്ങളുടെ ഏറിയഭാഗവും ജലമാണ്. വിത്തുകൾ ഉണങ്ങിയാണിരിക്കുന്നതെങ്കിലും അവയിൽ ജലം ഉണ്ട്. ഇല്ലായിരുന്നെങ്കിൽ അവ ജീവിക്കുകയോ ശ്വസിക്കുകയോ ചെയ്യുമായിരുന്നില്ല.

കരയിലെ സസ്യങ്ങൾ ദിവസവും ധാരാളം ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നുവെങ്കിലും അതിൽ ഏറിയ ഭാഗവും ഇലയിലൂടെ ബാഷ്പീകരിച്ച് നഷ്ടപ്പെടുന്നു, അതായത്, **സസ്യസ്വേദനത്തിലൂടെ (Transpiration)** നഷ്ടപ്പെടുന്നു. വളർച്ച പൂർത്തീകരിച്ച ഒരു ചോളച്ചെടി ദിവസവും ഏകദേശം 3 ലിറ്റർ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. എന്നാൽ ഒരു കടുകുചെടി അതിന്റെ ഭാരത്തിന് തുല്യമായ ജലം വെറും 5 മണിക്കൂർകൊണ്ട് ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ജലം ഏറെ ആവശ്യമുള്ളതുകൊണ്ട് പലപ്പോഴും കാർഷികമേഖലയിലും ചുറ്റുപാടുമുള്ള പ്രകൃതിയിലും സസ്യവളർച്ചയെയും ഉൽപ്പാദനത്തെയും നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഒരു ഘടകമായി ജലം മാറുന്നതിൽ അത്ഭുതപ്പെടാനില്ല.

11.2.1 ജലക്ഷമത (Water potential)

സസ്യജലബന്ധങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കണമെങ്കിൽ ചില അടിസ്ഥാന പദങ്ങൾ അറിഞ്ഞിരിക്കേണ്ടത് ആവശ്യമാണ്. ജലത്തിന്റെ സംവഹനം മനസ്സിലാക്കാൻ **ജലക്ഷമത (Ψw)** എന്ന ആശയം അടിസ്ഥാനപരമായി അറിഞ്ഞിരിക്കണം. ജലക്ഷമത നിർണയിക്കുന്ന രണ്ട് പ്രധാന ഘടകങ്ങളാണ് **ലീനശേഷിയും (Solute potential Ψs) മർദശേഷിയും (Pressure potential Ψp)**.

ജലതന്മാത്രകൾക്ക് ഗതികോർജം (Kinetic energy) ഉണ്ട്. ദ്രാവക രൂപത്തിലും വാതക രൂപത്തിലും ജലതന്മാത്രകൾ അതിവേഗവും ക്രമരഹിതമായും നിരന്തരം ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു വ്യവസ്ഥയിൽ (System) ജലത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുംതോറും അതിന്റെ ഗതികോർജം അല്ലെങ്കിൽ ജലക്ഷമത (Water potential) വർധിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ ഏറ്റവും കൂടിയ ജലക്ഷമത ശുദ്ധജലത്തിനാണ് ഉള്ളത്. ജലതന്മാത്രകളുടെ ഗാഢതയിൽ വ്യത്യാസമുള്ള രണ്ടു വ്യവസ്ഥകൾ തമ്മിൽ ബന്ധം പുലർത്തുമ്പോൾ ജല തന്മാത്രകൾ അതിന്റെ ഊർജം കൂടിയ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞതിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. അതിനാൽ ജലം, ജലക്ഷമത കൂടിയ വ്യവസ്ഥയിൽ നിന്ന് ജലക്ഷമത കുറഞ്ഞതിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ പദാർഥങ്ങൾ സ്വതന്ത്ര ഊർജവ്യത്യാസത്തിന് അനുകൂലമായി സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രക്രിയയെ ആണ് വ്യാപനം (Diffusion) എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ജലക്ഷമതയെ ഗ്രീക്ക് പ്രതീകമായ സൈ (Psi അഥവാ Ψ) കൊണ്ടാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. കൂടാതെ മർദത്തിന്റെ യൂണിറ്റായ പാസ്ക്കൽസ് (Pascals, Pa) ആണ് ഇതിന്റെയും യൂണിറ്റ്. സാധാരണ ഊഷ്മാവിലും മർദത്തിലും ശുദ്ധജലത്തിന്റെ ജലക്ഷമത പൂജ്യമായി കണക്കാക്കുന്നു.

ശുദ്ധജലത്തിൽ ലീനം (Solute) ലയിക്കുമ്പോൾ, ലായനിയിൽ (Solution) സ്വതന്ത്രജലകണികകൾ കുറയുന്നതുമൂലം ജലത്തിന്റെ ഗാഢത (സ്വതന്ത്ര ഊർജം) കുറയുകയും തന്മൂലം ജലക്ഷമതയിൽ കുറവുണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. അതുകൊണ്ട് എല്ലാ ലായനികൾക്കും ശുദ്ധജലത്തെക്കാൾ കുറഞ്ഞ ജലക്ഷമതയാണുള്ളത്. ലീനം ലയിക്കുമ്പോൾ ഏതളവിലാണോ ലായകത്തിന്റെ (Solvent) ജലക്ഷമത കുറയുന്നത്, അതിനെ **ലീനശേഷി (Solute potential)** എന്ന് പറയുന്നു. ലീനശേഷി **(Ψs)** എപ്പോഴും നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കും. ലീനത്തിന്റെ തന്മാത്രകൾ കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് ലീനശേഷി കുറഞ്ഞുകൊണ്ടേയിരിക്കും (കൂടുതൽ നെഗറ്റീവ് ആകും). സാധാരണ അന്തരീക്ഷ മർദത്തിൽ ലായനിയുടെ ജലക്ഷമതയും ലീനശേഷിയും തുല്യമായിരിക്കും.

അന്തരീക്ഷമർദത്തിനെക്കാൾ കൂടിയ അളവിൽ മർദം പ്രയോഗിച്ചാൽ ശുദ്ധജലത്തിന്റെയോ അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ലായനിയുടെയോ ജലക്ഷമത വർധിക്കും. ജലം ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്നും മറ്റൊരുസ്ഥലത്തേയ്ക്ക് പമ്പ് ചെയ്യുന്നതിന് തുല്യമാണിത്. നമ്മുടെ ശരീരത്തിലെ ഏതെങ്കിലും ഒരു വ്യവസ്ഥയിൽ മർദം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതിനെപ്പറ്റി നിങ്ങൾക്ക് ചിന്തിക്കാനാകുമോ? ഒരു സസ്യകോശത്തിലേക്ക് വ്യാപനം വഴി ജലം കയറുമ്പോൾ സസ്യവ്യവസ്ഥയിൽ മർദം സംജാതമാകുകയും കോശഭിത്തിക്ക് എതിരായി മർദം രൂപപ്പെടാൻ കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. കോശഭിത്തിയിലേക്കുള്ള ഈ മർദം മൂലം കോശം **വീർത്തതാവുകയും (Turgid) മർദശേഷി (Pressure potential)** കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു (ഭാഗം 11.2.2 കാണുക). മർദശേഷി സാധാരണയായി പോസിറ്റീവ് ആണെങ്കിലും ഒരു നെഗറ്റീവ് മർദം അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് ശേഷി (Tension) ആണ് കാണ്ഡത്തിന്റെ സൈലത്തിലൂടെ ജലത്തെ മുകളിലേക്ക് കയറാൻ സഹായിക്കുന്നത്. മർദശേഷിയുടെ പ്രതീകമാണ് Ψp.

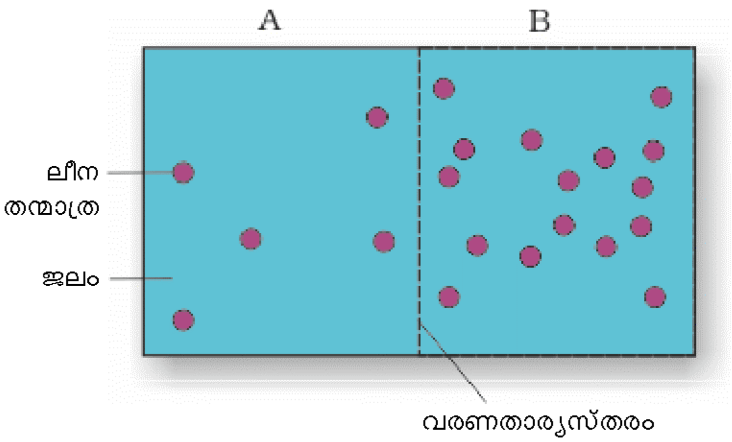
ഒരു കോശത്തിന്റെ ജലക്ഷമതയെ ബാധിക്കുന്ന രണ്ട് ഘടകങ്ങളാണ് മർദ്ദശേഷിയും ലീനശേഷിയും. അവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധമാണ് താഴെ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്.

$$\Psi w = \Psi s + \Psi p$$

11.2.2 വ്യതിവ്യാപനം (Osmosis)

സസ്യകോശത്തെ ആവരണം ചെയ്ത് കോശസ്തരവും കോശഭിത്തിയും കാണപ്പെടുന്നു. കോശഭിത്തി ലായനിയിലെ ജലത്തെയും പദാർഥങ്ങളെയും സ്വതന്ത്രമായി കടത്തിവിടുന്നതിനാൽ (Permeable) സഞ്ചാരത്തിന് തടസ്സമാകാറില്ല. സസ്യകോശങ്ങളിൽ മധ്യഭാഗത്തായി കാണപ്പെടുന്ന വലിയ ഫേനത്തിലടങ്ങിയിട്ടുള്ള ഫേനദ്രവം (Vacuolar sap) കോശത്തിന് ലീനശേഷി പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. സസ്യകോശങ്ങളിൽ പദാർഥങ്ങളുടെ അകത്തേക്കും പുറത്തേക്കുമുള്ള സഞ്ചാരത്തെ പ്രധാനമായും നിയന്ത്രിക്കുന്നത് കോശസ്തരവും ഫേനത്തിന്റെ സ്തരമായ ടോണോപ്ലാസ്റ്റും (Tonoplast) ആണ്.

ഒരു വരണതാര്യസ്തരത്തിലൂടെയുള്ള (Selectively permeable membrane) ജലത്തിന്റെ വ്യാപനത്തെയാണ് **വ്യതിവ്യാപനം** എന്നു പറയുന്നത്. വ്യതിവ്യാപനത്തിന്റെ ദിശയെയും നിരക്കിനെയും ബാധിക്കുന്ന രണ്ട് ഘടകങ്ങളാണ് **മർദവ്യത്യാസവും (Pressure gradient) ഗാഢതാവ്യതിയാനവും (Concentration gradient)**. ജലം അതിന്റെ ഗാഢതകൂടിയ അല്ലെങ്കിൽ രാസശേഷി (Chemical potential) കൂടിയ ഭാഗത്ത് നിന്ന് ഗാഢതകുറഞ്ഞ അല്ലെങ്കിൽ രാസശേഷി കുറഞ്ഞഭാഗത്തേയ്ക്ക് സന്തുലിതാവസ്ഥ കൈവരിക്കുന്നതുവരെ സഞ്ചരിക്കുന്നു. സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ രണ്ടു ലായനികളിലും ജലക്ഷമത



ചിത്രം 11.3

തുല്യമായിരിക്കും. മുൻ ക്ലാസ്സുകളിൽ നിങ്ങൾ ഉരുളക്കിഴങ്ങ് ഉപയോഗിച്ച് ഓസ്മോ മീറ്റർ നിർമിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം. ഉരുളക്കിഴങ്ങിന്റെ അറയിൽ പഞ്ചസാര ലായനി നിറച്ച്, അത് ജലത്തിൽ വയ്ക്കുകയാണെങ്കിൽ വ്യതിവ്യാപനം വഴി ജലം അറയിലേക്ക് കയറുന്നതായി കാണാം.

ചിത്രം 11.3 കാണുക. A, B എന്നീ അറകളിലെ ലായനികളെ ഒരു അർധതാര്യ സ്തരം (Semi-permeable membrane) കൊണ്ട് വേർതിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

(a) *ഏത് അറയിലെ ലായനിക്കാണ് കുറഞ്ഞ ജലക്ഷമതയുള്ളത്?*

(b) *ഏത് അറയിലെ ലായനിക്കാണ് കുറഞ്ഞ ലീനശേഷി ഉള്ളത്?*

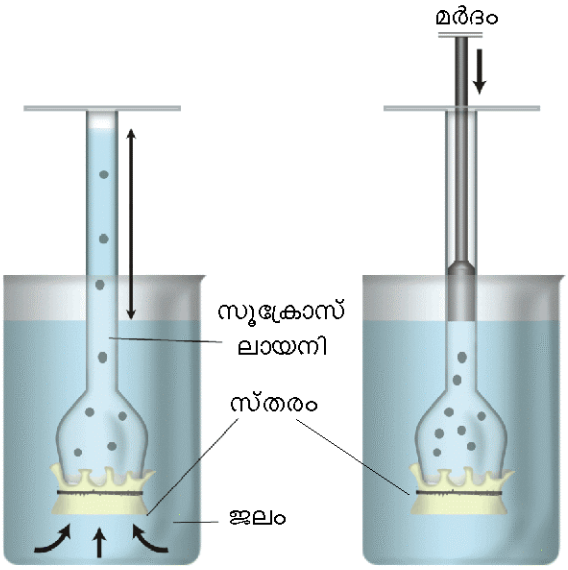
(c) *ഏത് ദിശയിലായിരിക്കും വ്യതിവ്യാപനം നടക്കുന്നത്?*

(d) *ഏത് ലായനിക്കാണ് ഉയർന്ന ലീനശേഷി ഉള്ളത്?*

(e) *സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ ഏത് അറയിലാണ് കുറഞ്ഞ ജലക്ഷമത ഉള്ളത്?*

(f) *രണ്ട് അറകളിൽ ഒന്നിന്റെ ജലക്ഷമത* Ψ *-2000 kPa യും രണ്ടാമത്തെ അറയുടേത് -1000 kPa യും ആണെങ്കിൽ അറകളിൽ ഏതിനാണ് ഉയർന്ന ജലക്ഷമത ഉള്ളത്?*

(g) Ψw = *0.2 MPa യും* Ψw = *0.1 MPa യും ഉള്ള രണ്ട് ലായനികൾ ഒരു അർധതാര്യസ്തരംകൊണ്ട് വേർതിരിച്ചിരിക്കുകയാണെങ്കിൽ ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരം ഏത് ദിശയിലായിരിക്കും?*



ചിത്രം 11.4 വ്യതിവ്യാപനം കാണിക്കുന്നതിനുള്ള ഒരു പ്രവർത്തനം. ഒരു തിസിൽ ഫണലിൽ സൂക്രോസ് ലായനി നിറച്ച് ജലം എടുത്തിരിക്കുന്ന ഒരു ബീക്കറിൽ തലകീഴായി വയ്ക്കുക. (a) സ്തരത്തിന് കുറുകെ വ്യതിവ്യാപനം വഴി (അമ്പ് അടയാളം കാണിച്ചിരിക്കുന്ന പ്രകാരം) ജലം ഫണലിലേക്ക് പ്രവേശിച്ച് ലായനിയുടെ നിരപ്പ് കൂട്ടുന്നു. (b) ചിത്രത്തിൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ മർദം പ്രയോഗിക്കുക വഴി ഫണലിലേയ്ക്കുള്ള ജലസഞ്ചാരം തടയാം.

മറ്റൊരു പരീക്ഷണം നോക്കാം. ഇവിടെ സുക്രോസ് ലായനി ഒരു ഫണലിൽ (Funnel) എടുത്ത് അതിനെ ബീക്കറിലുള്ള ശുദ്ധജലത്തിൽ നിന്ന് ഒരു അർധതാര്യസ്തരം കൊണ്ട് വേർതിരിക്കുന്നു (ചിത്രം 11.4). *ഒരു മുട്ടയിൽ നിന്ന് ഇത്തരത്തിലുള്ള ഒരു സ്തരം എടുക്കാവുന്നതാണ്. മുട്ടയുടെ ഒരു വശത്ത് ഒരു ചെറു സുഷിരം ഇടുക. മഞ്ഞക്കരുവും വെള്ളക്കരുവും സുഷിരത്തിലൂടെ പുറത്തെടുക്കുക. മുട്ടത്തോട്, നേർപ്പിച്ച ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് ലായനിയിൽ ഏതാനും മണിക്കൂർ വയ്ക്കുക. മുട്ടയുടെ തോട് അലിഞ്ഞ് പോവുകയും സ്തരം കേടുകൂടാതെ വേർപെടുകയും ചെയ്യുന്നു.* ജലം ബീക്കറിൽ നിന്ന് ഫണലിലേക്ക് കയറുകയും തൽഫലമായി ഫണലിലെ ലായനിയുടെ നിരപ്പ് ഉയരുകയും ചെയ്യുന്നു. സന്തുലിതാവസ്ഥ പ്രാപ്തമാകുന്നതു വരെ ഈ പ്രവർത്തനം തുടരുന്നു. *അതേസമയം സ്തരത്തിലൂടെ സൂക്രോസ് പുറത്തേക്ക് വ്യാപനം ചെയ്യപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ എപ്പോഴെങ്കിലും ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ സംജാതമാകുമോ?*

ബീക്കറിലെ ജലം സ്തരത്തിലൂടെ ഫണലിലേക്ക് കയറുന്നത് തടയുന്നതിനായി ഫണലിന്റെ മുകൾഭാഗത്ത് ഒരു ബാഹ്യമർദം പ്രയോഗിക്കാം. ജലത്തിന്റെ വ്യതി വ്യാപനം തടയുന്നതിന് വേണ്ടിവരുന്ന ഈ മർദമാണ് വ്യതിവ്യാപന മർദം (Osmotic pressure). ഇത് ലീനത്തിന്റെ ഗാഢതയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ലീന ത്തിന്റെ ഗാഢത കൂടുംതോറും ജലത്തിന്റെ വ്യതിവ്യാപനം തടയുന്നതിന് വേണ്ടി വരുന്ന മർദവും കൂടും. സംഖ്യാപരമായി വ്യതിവ്യാപന മർദം വ്യതിവ്യാപന ക്ഷമതയ്ക്ക് (Osmotic potential) തുല്യമാണ്, എന്നാൽ ചിഹ്നം വിപരീതമായി രിക്കും. അതായത്, വ്യതിവ്യാപന ക്ഷമത നെഗറ്റീവ് ആയിരിക്കെ പ്രയോഗി ക്കുന്ന പോസിറ്റീവ് മർദമാണ് വ്യതിവ്യാപന മർദം.

11.2.3 ജീവദ്രവ്യശോഷണം (Plasmolysis)

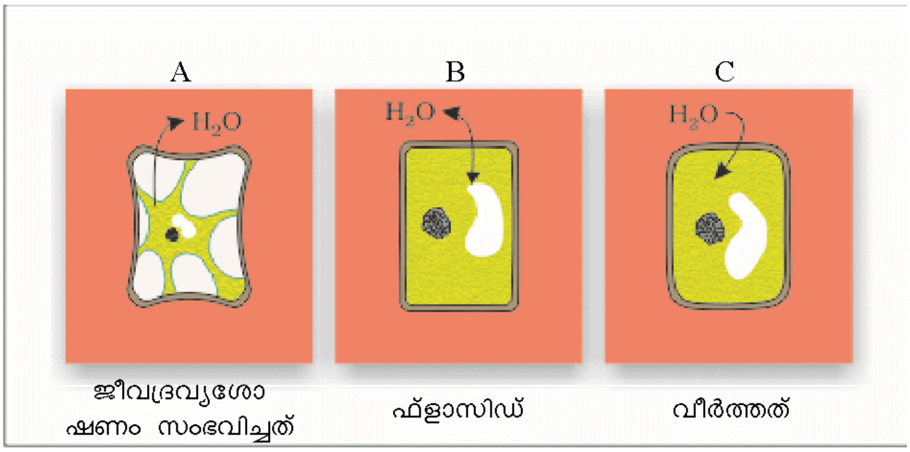
ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരം അനുസരിച്ചുള്ള സസ്യകോശങ്ങളുടെ (കലകളുടെ) സ്വഭാവം അതിന്റെ ചുറ്റുപാടുമുള്ള ലായനിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ബാഹ്യ ലായനിയുടെ വ്യതിവ്യാപനമർദം കോശദ്രവ്യത്തിന്റേതിന് തുല്യമായാൽ അതിനെ **സമഗാഢലായനി (Isotonic)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ബാഹ്യലായനി കോശദ്രവ്യ ത്തെക്കാൾ കൂടുതൽ നേർത്തതാണെങ്കിൽ അതിനെ **അൽപ്പഗാഢലായനി (Hypotonic)** എന്നും ബാഹ്യലായനി കൂടുതൽ ഗാഢതയുള്ളതാണെങ്കിൽ അതിനെ **അതിഗാഢലായനി (Hypertonic)** എന്നും വിളിക്കുന്നു. അൽപ്പ ഗാഢലായനിയിൽ കോശങ്ങൾ വീർക്കുകയും അതിഗാഢലായനിയിൽ ചുരു ങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഒരു സസ്യകോശത്തിൽ **ജീവദ്രവ്യശോഷണം** നടക്കുന്നത് കോശത്തിലെ ജലം പുറത്തേക്ക് നഷ്ടപ്പെട്ട് കോശസ്തരം കോശഭിത്തിയിൽ നിന്നും ചുരുങ്ങുമ്പോ ഴാണ്. സസ്യകോശം ഒരു അതിഗാഢലായനിയിൽ ഇടുമ്പോഴാണ് ഇങ്ങനെ സംഭ വിക്കുന്നത്. ജലം ആദ്യം കോശദ്രവ്യത്തിൽ നിന്നും പിന്നീട് ഫേനത്തിൽനിന്നും പുറത്തേക്ക് പോകുന്നു. കോശത്തിൽ നിന്നും പുറത്തുള്ള ദ്രാവകത്തിലേക്ക് വ്യാ പനം വഴി ജലം നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ കോശഭിത്തിയിൽ നിന്നും ജീവദ്രവ്യം (Protoplast) ചുരുങ്ങി മാറുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള കോശത്തെ ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിച്ച കോശം (Plasmolysed) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവിടെ സ്തരത്തിന് കുറു കെയുള്ള ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരം നടക്കുന്നത് ജലക്ഷമത കൂടുതലുള്ള സ്ഥലത്ത് നിന്ന് (അതായത്, കോശം) ജലക്ഷമത കുറഞ്ഞ കോശത്തിന്റെ പുറംഭാഗത്തേക്കാ ണ് (ചിത്രം 11.5).

ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിച്ച കോശത്തിൽ കോശഭിത്തിക്കും ചുരുങ്ങിയ ജീവ ദ്രവ്യത്തിനും ഇടയിലുള്ള സ്ഥലത്ത് എന്താണുള്ളത്?

കോശമോ കലയോ ഒരു സമഗാഢലായനിയിലാണ് വയ്ക്കുന്നതെങ്കിൽ അവിടെ പുറത്തേക്കോ അകത്തേക്കോ ജലത്തിന്റെ യാതൊരു പ്രവാഹവും ഫലത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നില്ല. കോശത്തിന് പുറത്തുള്ള ലായനിയുടെയും കോശദ്രവ്യത്തിന്റെയും വ്യതിവ്യാപനമർദം തുല്യമായിവരുന്ന അവസ്ഥയിലാണ് സമഗാഢത കൈവരി ക്കുന്നത്. കോശത്തിന്റെ അകത്തേക്കും പുറത്തേക്കും ജലം സഞ്ചരിക്കുകയും ഇത് സന്തുലിതമായിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന അവസ്ഥയിൽ, അത്തരം കോശങ്ങൾ സന്തുലിതമായവ അല്ലെങ്കിൽ **ഫ്ളാസിഡ് (Flaccid)** എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ജീവദ്രവ്യശോഷണം എന്ന പ്രവർത്തനം ഉഭയദിശയിലുള്ളതാണ്. ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിച്ച ഒരു കോശത്തെ **അൽപ്പഗാഢ** ലായനിയിൽ (കോശദ്രവ്യവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ ജലക്ഷമത കൂടിയത് അല്ലെങ്കിൽ നേർപ്പിച്ച ലായനി) ഇടുകയാണെങ്കിൽ ജലം കോശത്തിനുള്ളിലേക്ക് കയറുകയും കോശദ്രവ്യം കോശഭിത്തിയിലേക്ക് ഒരു മർദം പ്രയോഗിക്കുകയും ചെയ്യും. ഈ മർദത്തെയാണ് **സ്ഥിതി മർദം (Turgor pressure)** എന്ന് പറയുന്നത്. ജലം ഉള്ളിൽ പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ ജീവദ്രവ്യം കോശത്തിന്റെ ദൃഢമായ ഭിത്തികളിൽ പ്രയോഗിക്കുന്ന മർദത്തെയാണ് മർദശേഷി (Pressure potential, Ψp) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. കോശഭിത്തി ദൃഢമായതിനാൽ കോശം പൊട്ടിപ്പോകുന്നില്ല. ഈ സ്ഥിതിമർദമാണ് ആത്യന്തികമായി കോശത്തിന്റെ നീളത്തിലും വലുപ്പത്തിലുമുള്ള വളർച്ചയെ സഹായിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 11.5 സസ്യകോശത്തിന്റെ ജീവദ്രവ്യശോഷണം

ഒരു ഫ്ളാസിഡ് കോശത്തിന്റെ Ψp എന്തായിരിക്കും? സസ്യങ്ങളെ കൂടാതെ മറ്റേത് ജീവികൾക്കാണ് കോശഭിത്തി ഉള്ളത്?

11.2.4 ആപാനം (Imbibition)

ഖരപദാർഥങ്ങൾ - കൊളോയ്ഡ്കൾ - ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുകയും തന്മൂലം അവയുടെ വ്യാപ്തം കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള പ്രത്യേകതരം വ്യാപനത്തെയാണ് **ആപാനം (Imbibition)** എന്നു പറയുന്നത്. വിത്തുകളും ഉണങ്ങിയ തടിയും ജലം വലിച്ചെടുക്കുന്നത് ആപാനത്തിന് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഉണങ്ങിയ തടി ജലം വലിച്ചെടുത്ത് വീർക്കുന്നതുമൂലം ഉണ്ടാകുന്ന മർദത്തെ ചരിത്രാതീത കാലമനുഷ്യർ പാറകളും, കല്ലുകളും പിളർക്കുവാൻ ഉപയോഗിച്ചിരുന്നു. ആപാനം വഴിയുള്ള മർദം ഇല്ലായിരുന്നുവെങ്കിൽ വിത്തുകൾക്ക് മുളച്ച് മണ്ണിലേക്ക് ഇറങ്ങുന്നതിനും പുതിയ സസ്യമായി വളരുന്നതിനും കഴിയുമായിരുന്നില്ല.

ആപാനവും ഒരു തരത്തിലുള്ള വ്യാപനമാണ്. കാരണം ഇവിടെയും ജലം ഗാഢത കൂടിയ ഭാഗത്തുനിന്നും കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു. വിത്തുകളിലും അതുപോലുള്ള മറ്റ് വസ്തുക്കളിലും ജലം തീർത്തും കുറവായതിനാൽ അവയ്ക്ക് വളരെ എളുപ്പത്തിൽ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യാൻ സാധിക്കുന്നു. ജലവും ജലത്തെ വലിച്ചെടുക്കുന്ന വസ്തുക്കളും തമ്മിലുള്ള ആഭിമുഖ്യവും അവ തമ്മിലുള്ള ജലക്ഷമതാ വ്യത്യാസവും ആപാനം നടക്കുന്നതിനുവേണ്ട പ്രാരംഭ ആവശ്യകതകളാണ്.

11.3 ജലത്തിന്റെ ദീർഘദൂര സംവഹനം (Long distance transport of water)

വെള്ളപ്പൂക്കൾ ഉള്ള ഒരു ശാഖ നിറമുള്ള ജലത്തിൽവച്ച് പൂക്കളുടെ നിറം മാറുന്ന പരീക്ഷണം നിങ്ങൾ മുമ്പ് നടത്തിയിട്ടുണ്ടാകാം. കാണ്ഡത്തിന്റെ മുറിഞ്ഞ അറ്റം കുറച്ച് മണിക്കൂറുകൾക്ക് ശേഷം നിരീക്ഷിക്കുക വഴി നിറമുള്ള ജലം സഞ്ചരിച്ച പാത ഏതെന്ന് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം. ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരപാത സംവഹന നാളീവ്യൂഹങ്ങളിലൂടെ (Vascular bundles) പ്രത്യേകിച്ച്, സൈലത്തിലൂടെയാണെന്ന് തെളിയിക്കുന്ന ഒരു ലളിതമായ പരീക്ഷണമാണിത്. ഇനി നമുക്ക് സസ്യങ്ങളിൽ ജലവും മറ്റ് പദാർഥങ്ങളും മുകളിലേക്ക് എങ്ങനെ സഞ്ചരിക്കുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം.

സസ്യങ്ങളിൽ പദാർഥങ്ങളുടെ ദീർഘദൂരസംവഹനം വ്യാപനംകൊണ്ട് മാത്രമല്ല നടക്കുന്നത്. വ്യാപനം സാവധാനം നടക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാണ്. പദാർഥങ്ങളുടെ ഹ്രസ്വദൂര സംവഹനത്തിന് മാത്രമാണ് വ്യാപനം കാരണമാകുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഏകദേശം 2.5 സെക്കന്റ് സമയമാണ് ഒരു തന്മാത്ര സസ്യകോശത്തിന് കുറുകെ (ഏകദേശം $50\mu m$) സഞ്ചരിക്കാനെടുക്കുന്നത്. *ഈ നിരക്കിൽ സസ്യത്തിന്റെയുള്ളിൽ ഒരു തന്മാത്രക്ക് വ്യാപനം വഴി മാത്രം 1 മീറ്റർ സഞ്ചരിച്ചെത്താൻ എത്ര വർഷമെടുക്കുമെന്ന് കണക്കുകൂട്ടാമോ?*

വലുപ്പമേറിയതും കൂടുതൽ സങ്കീർണവുമായ ജീവജാലങ്ങളിൽ പദാർഥങ്ങൾക്ക് തീർച്ചയായും വലിയദൂരത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. ചിലപ്പോൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കുന്ന അല്ലെങ്കിൽ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന സ്ഥലവും സംഭരണഭാഗവും തമ്മിൽ ഏറെ ദൂരമുണ്ടാകാം. ഈ ദൂരസഞ്ചാരത്തിന് വ്യാപനവും സക്രിയ സംവഹനവും മതിയാവില്ല. പ്രത്യേക ദീർഘദൂര സംവഹനവ്യൂഹം ഇതിനായി ആവശ്യമാണ്. എങ്കിൽമാത്രമേ പദാർഥങ്ങൾക്ക് വളരെ വേഗത്തിൽ ദീർഘദൂരം സഞ്ചരിക്കാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. ജലം, ധാതുക്കൾ, ആഹാരം എന്നിവ പൊതുവെ മൊത്തമായാണ് (Mass or Bulk flow) സഞ്ചരിക്കുന്നത്. പദാർഥങ്ങൾ മൊത്തമായി അല്ലെങ്കിൽ *എൻ മാസ്സെ (en masse)* ആയി മർദം കൂടിയ ഭാഗത്ത് നിന്നും മർദംകുറഞ്ഞ ഭാഗത്തേയ്ക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നതിനെയാണ് **മാസ് പ്രവാഹം (Mass flow)** എന്നു പറയുന്നത്. പദാർഥങ്ങളെ സംവഹനലായനിയിലോ ലായകത്തിൽ പൊങ്ങിക്കിടക്കുന്ന രൂപത്തിലോ ഒരേ വേഗതയിൽ ഒഴുകുന്ന പുഴയിലെന്നപോലെ നീക്കികൊണ്ടുപോകുന്നു എന്നതാണ് മാസ് പ്രവാഹത്തിന്റെ ഒരു സവിശേഷത. ഇത് വ്യത്യസ്ത പദാർഥങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായി അവയുടെ ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിനനുസൃതമായി സഞ്ചരിക്കുന്ന വ്യാപനത്തിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാണ്. ഒരു പോസിറ്റീവ് ജലസ്ഥിതി മർദവ്യത്യാസത്തിലൂടെയോ (ഉദാ: ഉദ്യാനത്തിലെ ഹോസ്) അല്ലെങ്കിൽ നെഗറ്റീവ് ജലസ്ഥിതി മർദവ്യത്യാസത്തിലൂടെയോ (ഉദാ: സ്ട്രോയിലൂടെ വലിച്ചെടുക്കുന്നത്) മാസ് പ്രവാഹം സംഭവിക്കാം.

സംവഹനകലകളിലൂടെയുള്ള പദാർഥങ്ങളുടെ കൂട്ടമായുള്ള സഞ്ചാരത്തെയാണ് **സ്ഥാനമാറ്റം (Translocation)** എന്നു പറയുന്നത്.

ഉയർന്ന സസ്യങ്ങളിലെ വേര്, കാണ്ഡം, ഇല എന്നിവയുടെ കുറുകെയുള്ള ഛേദം എടുത്ത് സംവഹന വ്യൂഹത്തിന്റെ ഘടന പഠിച്ചത് നിങ്ങൾ ഓർക്കുന്നുണ്ടോ? ഉയർന്നതരം സസ്യങ്ങളിൽ വളരെ സവിശേഷമായ സംവഹന കല

കൾ- സൈലവും ഫ്ളോയവും ഉണ്ട്. ജലം, ധാതുലവണങ്ങൾ, ചില കാർബണിക നൈട്രജൻ, ഹോർമോണുകൾ എന്നിവയെ വേരിൽനിന്ന്, സസ്യങ്ങളുടെ മുകൾ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നത് സൈലമാണ്. ഫ്ളോയം പ്രധാനമായും ഇലകളിൽ നിന്ന് കാർബണികവും അകാർബണികവുമായ ലീനങ്ങളെ സസ്യത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം വഴി എത്തിക്കുന്നു.

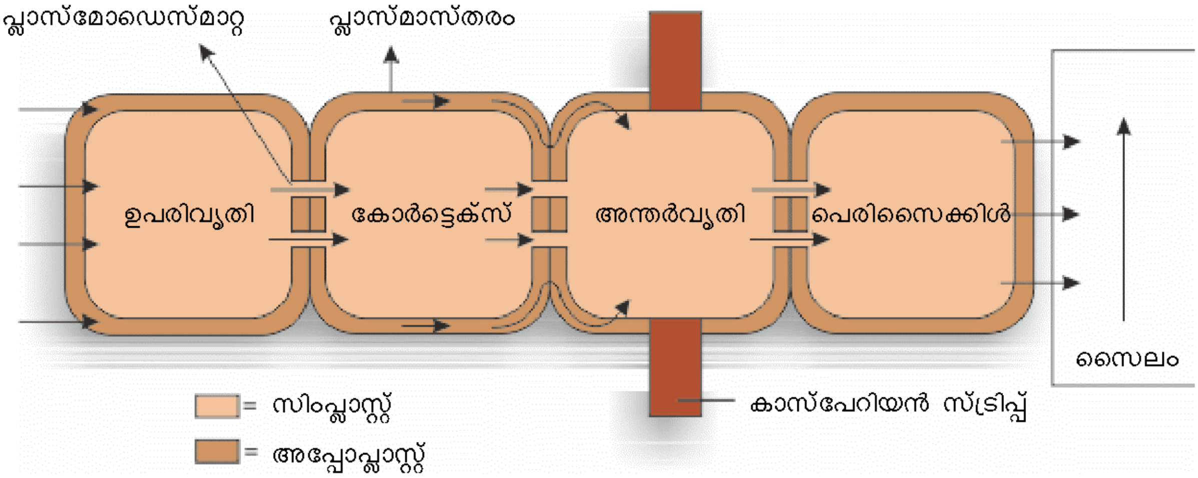
11.3.1 എങ്ങനെയാണ് സസ്യങ്ങൾ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്?

സസ്യങ്ങളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന ജലത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് വേരുകളാണെന്ന് നമുക്കറിയാം. അതുകൊണ്ടാണ് നാം ഇലകളിൽ ഒഴിക്കാതെ ജലം മണ്ണിൽ ഒഴിച്ചുകൊടുക്കുന്നത്. ജലം, ധാതുക്കൾ എന്നിവയെ ആഗിരണം ചെയ്യേണ്ട സവിശേഷമായ ചുമതല നിർവഹിക്കുന്നത് വേരുകളുടെ അഗ്രഭാഗങ്ങളിൽ കാണുന്ന ദശലക്ഷക്കണക്കിന് മൂലലോമങ്ങളാണ് (Root hairs). വേരിന്റെ ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളിൽനിന്ന് നീണ്ടുകിടക്കുന്ന ലോലമായതും നേർത്ത കോശഭിത്തിയുള്ളതുമായ ഭാഗങ്ങളാണ് മൂലലോമങ്ങൾ. ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതിനുള്ള പ്രതലവിസ്തീർണം മൂലലോമങ്ങൾ വർധിപ്പിക്കുന്നു. ധാതുക്കളോടൊപ്പം ജലം മൂലലോമങ്ങളിലേക്ക് ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് തികച്ചും വ്യാപനത്തിലൂടെയാണ്. മൂലലോമങ്ങളിൽനിന്ന് ജലം വേരിന്റെ ആന്തരികപാളികളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് രണ്ടു വഴികളിലൂടെയാണ്. അവയാണ്:

- അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും (Apoplast pathway)
- സിംപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും (Symplast pathway)

വേരിന്റെ അന്തർവൃതിയിലെ **കാസ്പേറിയൻ** സ്ട്രിപ്സ് ഒഴികെ, സസ്യങ്ങളിൽ തുടർച്ചയായും അടുത്തടുത്തായും കാണപ്പെടുന്ന കോശഭിത്തികളുടെ വ്യവസ്ഥയെയാണ് **അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ്** പാത എന്നു പറയുന്നത് (ചിത്രം 11.6). കോശാന്തര സ്ഥലങ്ങൾ, കോശങ്ങളുടെ ഭിത്തികൾ എന്നിവയിലൂടെ മാത്രം നടക്കുന്ന ജല സംവഹനമാണ് അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാത. അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയിൽ ജലം ഒരിക്കലും കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കുന്നില്ല. ഈ സഞ്ചാരപാത ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയിൽ ജലസംവഹനം ഒരിക്കലും തടസ്സപ്പെടുന്നില്ല. മാസ് പ്രവാഹത്തിലൂടെയാണ് ജലം ഇവിടെ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ജലം ബാഷ്പീകരിച്ച് കോശാന്തര സ്ഥലത്തേക്കോ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്കോ പോകുമ്പോൾ അപ്പോപ്ലാസ്റ്റിലെ ജലത്തിന്റെ തുടർപ്രവാഹത്തിൽ സമ്മർദം (Tension) അനുഭവപ്പെടുകയും തൽഫലമായി, ജലത്തിന്റെ ഒട്ടിച്ചേരൽ (Adhesive), സംസക്തി (Cohesive) എന്നീ സവിശേഷതകൾ കൊണ്ട് ജലത്തിന്റെ മാസ് പ്രവാഹം നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

സിംപ്ലാസ്റ്റിക് വ്യവസ്ഥ എന്നുപറയുന്നത് പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടുകിടക്കുന്ന ജീവദ്രവ്യങ്ങളുടെ വ്യവസ്ഥയാണ്. **പ്ലാസ്മോഡെസ്മാറ്റയിലൂടെ** നീണ്ടുകിടക്കുന്ന കോശദ്രവ്യതന്തുക്കൾ അടുത്തടുത്തുള്ള കോശങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. സിംപ്ലാസ്റ്റ് സഞ്ചാരത്തിൽ ജലം കോശദ്രവ്യത്തിലൂടെയും കോശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള പ്ലാസ്മോഡെസ്മാറ്റയിലൂടെയും സഞ്ചരിക്കുന്നു. ജലം കോശത്തിന്റെ ഉള്ളിൽ പ്രവേശിക്കുന്നത് കോശസ്തരത്തിലൂടെയാണ്. അതിനാൽ ഇത് താര



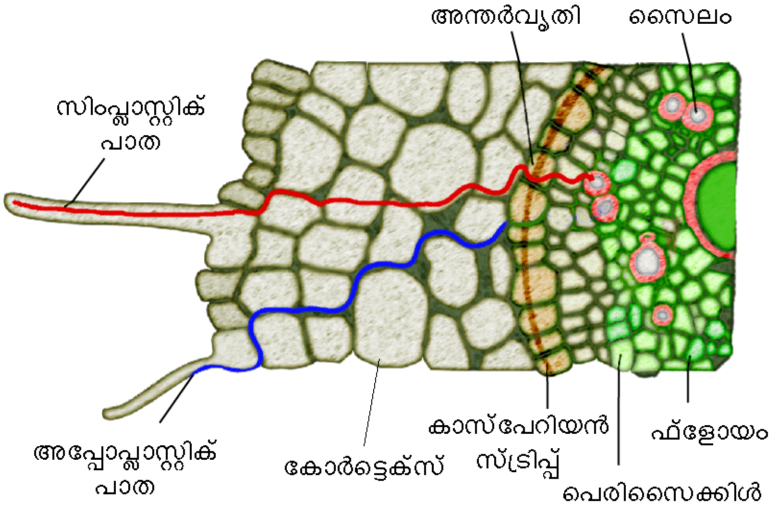
ചിത്രം 11.6 വേരിനുള്ളിലെ ജലസഞ്ചാരത്തിന്റെ പാത

തമ്യേന സാവധാനമാണ് നടക്കുന്നത്. ഈ സഞ്ചാരവും ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിനനുസൃതമാണ്. കോശദ്രവ്യപ്രവാഹം (Cytoplasmic Streaming) സിംപ്ലാസ്റ്റിക് സഞ്ചാരത്തിന് സഹായകമാകാറുണ്ട്. *ഹൈഡ്രില്ല* ചെടിയുടെ ഇലകളിലെ കോശദ്രവ്യപ്രവാഹം നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ടാകാം; അതിൽ ഹരിതകണങ്ങളുടെ ചലനം വളരെ വ്യക്തമായി കാണാവുന്നതാണ്.

വേരുകളിൽ ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്ക് പ്രധാനമായും അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയിലൂടെയാണ് നടക്കുന്നത്. ഇതിന് കാരണം അയഞ്ഞ രീതിയിൽ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന കോർട്ടെക്സിലെ കോശങ്ങൾ ഇതിന് ഒരു തടസ്സവും സൃഷ്ടിക്കുന്നില്ല എന്നതാണ്. എന്നിരുന്നാലും കോർട്ടെക്സിന്റെ ഏറ്റവും ഉള്ളിലുള്ളപാളിയായ **അന്തർവൃതി (Endodermis)** ജലത്തെ കടത്തിവിടുന്നില്ല. ഇതിന് കാരണം അന്തർവൃതിയിൽ ജലത്തെ കടത്തിവിടാത്ത സൂബറിൻ (Suberin) എന്ന പദാർഥം കൊണ്ട് നിർമിതമായ **കാസ്പേറിയൻ സ്ട്രിപ്പുകൾ (Casparian strips)** ഉള്ളതാണ്. ജലതന്മാത്രകൾക്ക് ഇവയെ കടന്നുപോകാൻ സാധിക്കാത്തതിനാൽ, സൂബറിൻ ഇല്ലാത്ത ഭാഗത്തുകൂടി കോശസ്തരത്തെ മറികടന്ന് ജലം സഞ്ചരിക്കുന്നു. സൈലത്തിന്റെ കോശങ്ങളിൽ എത്തുന്നതിനായി ജലം തുടർന്നും സിംപ്ലാസ്റ്റിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയും വീണ്ടും സ്തരത്തെ മുറിച്ചുകടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വേരിന്റെ പാളിയിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ സംവഹനം അന്തർവൃതിയിലെത്തുമ്പോൾ ആത്യന്തികമായി സിംപ്ലാസ്റ്റ് രീതിയിലാകുന്നു. ഈ മാർഗത്തിലൂടെ മാത്രമേ ജലത്തിനും മറ്റ് ലീനങ്ങൾക്കും സംവഹന കലകളിൽ എത്തിചേരുവാൻ സാധിക്കൂ.

ഒരിക്കൽ സൈലത്തിനുള്ളിലെത്തിയാൽ ജലം സ്വതന്ത്രമായി കോശങ്ങൾക്കിടയിലൂടെയും ഉള്ളിലൂടെയും സഞ്ചരിക്കുന്നു. പ്രായം കുറഞ്ഞ വേരുകളിൽ ജലം നേരിട്ട് സൈലത്തിന്റെ വെസ്സൽ അല്ലെങ്കിൽ ട്രക്കീഡിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇവ രണ്ടും ജീവനില്ലാത്ത കുഴലുകളായതിനാൽ അപ്പോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയുടെ ഭാഗമായി കണക്കാക്കുന്നു. വേരിലെ സംവഹന വ്യവസ്ഥയിൽ നടക്കുന്ന ജലത്തിന്റെയും ധാതു അയോണുകളുടെയും സഞ്ചാരപാതയുടെ സംഗ്രഹമാണ് ചിത്രം 11.7 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്.

ചില സസ്യങ്ങളിൽ അവയുമായി ചേർന്നുകാണുന്ന ചില ഘടകങ്ങൾ ജലത്തിന്റെയും ധാതുക്കളുടെയും ആഗിരണത്തെ സഹായിക്കുന്നു. ഫംഗസുകളും ചില ചെടികളുടെ വേരുകളും തമ്മിലുള്ള പരസ്പരം ഉപകാരപ്രദമായിട്ടുള്ള ബന്ധത്തെയാണ് **മൈക്കോറൈസ (Mycorrhiza)** എന്നു പറയുന്നത്. ഫംഗസുകളുടെ ഹൈഫകൾ വേരിന് ചുറ്റും ഒരു ശൃംഖല തീർക്കുകയും ചിലപ്പോൾ വേരിന്റെ കോശങ്ങളിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് പ്രതലവിസ്തീർണം വർധിപ്പിക്കുകയും ഫംഗസുകളുടെ ഹൈഫകൾ കൂടിയ അളവിൽ ജലവും ധാതുക്കളും മണ്ണിൽ നിന്ന് വലിച്ചെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ജലവും ധാതുക്കളും വേരിന് പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത് ഫംഗസാണ്. ഫംഗസുകൾക്കാവശ്യമായ പഞ്ചസാര, നൈട്രജൻ അടങ്ങിയ സംയുക്തങ്ങൾ എന്നിവ വേര് ഫംഗസുകൾക്ക് തിരികെ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നു. ചില സസ്യങ്ങൾക്ക് മൈക്കോറൈസയുമായി സ്ഥിരമായ ഒരു ബന്ധം ഉണ്ട്. ഉദാഹരണമായി പൈൻ (Pinus) മരങ്ങളുടെ വിത്തുകൾ മുളയ്ക്കുന്നതിനും വളരുന്നതിനും മൈക്കോറൈസ ബന്ധം അത്യാവശ്യമാണ്.



ചിത്രം 11.7 വേരുകളിൽ ജലത്തിന്റെയും അയോണുകളുടെയും ആഗിരണവും സഞ്ചാരവും നടക്കുന്ന സിംപ്ലാസ്റ്റിക്, അപ്പോപ്ലാസ്റ്റിക് പാതകൾ

11.3.2 സസ്യങ്ങളിലെ മുകളിലേക്കുള്ള ജല സഞ്ചാരം (Water movement up a plant)

സസ്യങ്ങൾ മണ്ണിൽനിന്ന് ജലം വലിച്ചെടുത്ത് സംവഹന കലകളിലെത്തിക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് നാം കണ്ടു. ഇനി നമുക്ക് ആഗിരണം ചെയ്ത ജലം എങ്ങനെയാണ് സസ്യത്തിന്റെ വിവിധഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് എന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. ഇത്തരത്തിലുള്ള ജലത്തിന്റെ സംവഹനം സക്രിയമാണോ അതോ നിഷ്ക്രിയമാണോ? കാണ്ഡത്തിലൂടെയുള്ള ജലസംവഹനം ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് എതിരെ നടക്കുന്നതിനാൽ ഇതിനുവേണ്ട ഊർജം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത് എന്താണ്?

11.3.2.1. മൂലമർദം (Root Pressure)

മണ്ണിൽനിന്ന് സക്രിയസംവഹനം വഴി വിവിധ അയോണുകൾ വേരുകളുടെ സംവഹന കലകളിൽ എത്തുന്നു. തൽഫലമായി ജലം (ജലക്ഷമതാവ്യതിയാനത്തിനനുസൃതമായി) സൈലത്തിലേക്ക് ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത് സൈലത്തിനുള്ളിലെ **മർദം** കൂടാൻ കാരണമാകുന്നു. ഈ പോസിറ്റീവ് മർദ്ദത്തെയാണ് **മൂലമർദം** എന്നു പറയുന്നത്. മൂലമർദം കാണ്ഡത്തിലെ ജലത്തെ കുറഞ്ഞ ഉയരങ്ങളിലേയ്ക്ക് തള്ളിവിടാൻ സഹായിക്കുന്നു. മൂലമർദത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം എങ്ങനെ കണ്ടെത്താൻ സാധിക്കും? അന്തരീക്ഷത്തിൽ നല്ല ഈർപ്പമുള്ള ഒരു ദിവസം അതിരാവിലെ, മൃദുകാണ്ഡമുള്ള ഒരു സസ്യത്തിന്റെ കാണ്ഡം മൂർച്ച

യേറിയ ബ്ലേയ്ഡ് കൊണ്ട് അടിഭാഗത്തിനടുത്തു വച്ച് തിരശ്ചീനമായി മുറിക്കുക. കാണ്ഡത്തിന്റെ മുറിഞ്ഞ ഭാഗത്തുകൂടി ദ്രാവകം കണികകളായി ഒലിച്ചിറങ്ങുന്നത് കാണാൻ സാധിക്കും. ഇതിനുകാരണം പോസിറ്റീവ് മൂലമർദം ആണ്. മുറിഞ്ഞഭാഗത്ത് ഒരു ചെറിയ റബർട്യൂബ് ചേർത്ത് വച്ച് ഒലിച്ചിറങ്ങുന്ന ദ്രാവകത്തെ ശേഖരിച്ച് അതിന്റെ നിരക്കും ദ്രാവകത്തിലെ ഘടകങ്ങളും നമുക്ക് കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിയും. ബാഷ്പീകരണത്തോത് കുറഞ്ഞ രാത്രികാലങ്ങളിലും അതിരാവിലെയും മൂലമർദത്താൽ പുല്ല്, ഓഷധികൾ എന്നിവയുടെ ഇലകളിൽ സിരകളുടെ അറ്റത്തുള്ള സൂക്ഷ്മ സുഷിരങ്ങൾക്ക് ചുറ്റുമായി ജലത്തുള്ളികൾ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ജലം ദ്രാവകരൂപത്തിൽ നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനെയാണ് **ഗട്ടേഷൻ (Guttation)** എന്നു പറയുന്നത്.

ജലസംവഹന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ മൂലമർദം ഒരു ചെറിയ തള്ളൽമാത്രമേ നൽകുന്നുള്ളു. ഉയരമുള്ള വൃക്ഷങ്ങളിൽ ജലസംവഹനത്തിന് മൂലമർദം പ്രധാനപ്പെട്ട യാതൊരു പങ്കും വഹിക്കുന്നില്ല. മൂലമർദത്തിന്റെ ഏറ്റവും വലിയ സംഭാവന എന്തെന്നാൽ സസ്യസ്വേദനം മൂലം സൈലത്തിലെ ജലകണികകളുടെ ശ്രേണിമുറിയുമ്പോൾ അതിനെ ഇടമുറിയാതെ പുനസ്ഥാപിച്ച് നിർത്തുക എന്നതാണ്. കൂടിയ തോതിലുള്ള ജലസംവഹനത്തിന് മൂലമർദം കാരണമാകാറില്ല; മിക്ക സസ്യങ്ങളും സസ്യസ്വേദന വലിവ് (Transpiration pull) വഴിയാണ് ഈ ആവശ്യം നിറവേറ്റുന്നത്.

11.3.2.2. സസ്യസ്വേദന വലിവ് (Transpiration pull)

സസ്യങ്ങളിൽ ഹൃദയമോ ഒരു പ്രത്യേക പര്യയനവ്യവസ്ഥയോ ഇല്ലെങ്കിലും താരതമ്യേന ഉയർന്ന നിരക്കിൽ, മണിക്കൂറിൽ 15 മീറ്റർ എന്ന തോതിൽ ജലത്തെ സൈലത്തിലൂടെ മുകളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യുന്നു. എങ്ങനെയാണ് ഈ സഞ്ചാരം സാധ്യമാക്കുന്നത്? ഏറെക്കാലം നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു ചോദ്യമായിരുന്നു ജലം, സസ്യത്തിനുള്ളിൽ 'തള്ളപ്പെടുകയാണോ' അല്ലെങ്കിൽ 'വലിക്കപ്പെടുകയാണോ' എന്നത്. ജലം പ്രധാനമായും സസ്യങ്ങൾക്കുള്ളിൽ 'വലിക്കപ്പെടുകയാണ്' എന്നും അതിന് സഹായിക്കുന്ന ബലം ഇലകളിൽ നടക്കുന്ന സസ്യസ്വേദനമാണ് എന്നും മിക്ക ശാസ്ത്രജ്ഞരും സമ്മതിക്കുന്നു. ഇതിനെ ജലസംവഹനത്തിനുള്ള **സംസക്തി - സമ്മർദ - സസ്യസ്വേദന വലിവ് മാതൃക (cohesion - tension - transpiration pull model)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഈ സസ്യസ്വേദന വലിവ് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയാണ്?

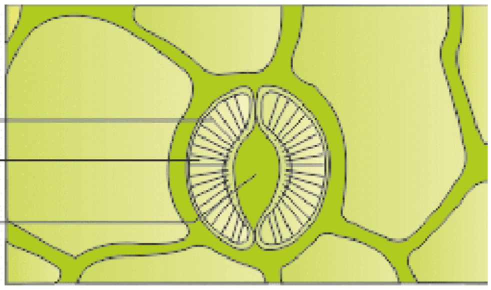
സസ്യങ്ങളിൽ ജലത്തിന് അൽപ്പായുസ്സേയുള്ളൂ. ഇലകളിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ജലത്തിന്റെ ഒരു ശതമാനത്തിൽ താഴെ മാത്രമാണ് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനും സസ്യവളർച്ചയ്ക്കും ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നത്. ഭൂരിഭാഗം ജലവും ഇലകളിലുള്ള **ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ** നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഈ ജലനഷ്ടത്തെയാണ് **സസ്യസ്വേദനം** എന്നു പറയുന്നത്.

നിങ്ങൾ മുൻക്ലാസ്സുകളിൽ ആരോഗ്യമുള്ള ഒരു ചെടിയെ പൊളിത്തീൻ ആവരണത്താൽ മൂടി, അതിനകത്ത് ജലത്തുള്ളികൾ ഉണ്ടാകുന്ന പരീക്ഷണം നടത്തി സ്വേദനത്തെപ്പറ്റി പഠിച്ചിട്ടുണ്ടാകും. ജലത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുമ്പോൾ ഒരു കോബാൾട്ട് ക്ലോറൈഡ് പേപ്പറിൽ ഉണ്ടാകുന്ന നിറമാറ്റം കണ്ട് മനസ്സിലാക്കിയും

നിങ്ങൾ ഇലയിൽ നിന്നുമുള്ള ജലനഷ്ടത്തെപ്പറ്റി പഠിച്ചിട്ടുണ്ടാകും.

11.4 സസ്യസ്വേദനം (Transpiration)

സസ്യങ്ങളിൽ നിന്നും ജലം ബാഷ്പമായി നഷ്ടപ്പെടുന്നതിനെയാണ് സസ്യസ്വേദനം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഇലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന **ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെയാണ്** (Stomata) ഇത് പ്രധാനമായും നടക്കുന്നത്. സസ്യസ്വേദനത്തിലൂടെയുള്ള ജലബാഷ്പത്തിന്റെ നഷ്ടപ്പെടൽ കൂടാതെ ഓക്സിജന്റെയും കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെയും വിനിമയവും ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിൽ കൂടി സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ സാധാരണയായി പകൽസമയങ്ങളിൽ തുറന്നും രാത്രികാലങ്ങളിൽ അടഞ്ഞും കാണപ്പെടുന്നു. **കാവൽ കോശങ്ങളുടെ (Guard cells)** സ്ഥിതിമർദത്തിലെ വ്യതിയാനമാണ് ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ തുറക്കലിനും അടയ്ക്കലിനുമുള്ള പ്രധാന കാരണം. **ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ സുഷിരത്തിനോട് (Stomatal aperture)** ചേർന്ന് കാണുന്ന കാവൽകോശങ്ങളുടെ ഉൾഭിത്തി ഇലാസ്തികതയുള്ളതും കട്ടിയുള്ളതുമാണ്. ഒരു ആസ്യരന്ധ്രത്തെ പൊതിഞ്ഞു കാണപ്പെടുന്ന രണ്ട് കാവൽകോശങ്ങളുടെയും സ്ഥിതി മർദം വർധിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ നേർത്ത പുറംഭിത്തി പുറത്തേക്ക് തള്ളപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി ഉൾഭിത്തികൾ അർധചന്ദ്രാകൃതിയിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ആസ്യരന്ധ്രത്തിന്റെ കാവൽകോശങ്ങളുടെ ഭിത്തിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന സൂക്ഷ്മതന്തുക്കളുടെ വിന്യാസരീതിയും ആസ്യരന്ധ്രത്തെ തുറക്കാൻ സഹായിക്കുന്നുണ്ട്. സെല്ലുലോസ് നിർമ്മിത സൂക്ഷ്മതന്തുക്കളെ നെടുകേ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നതിനുപകരം കുറുകേ വിന്യസിച്ചിരിക്കുന്നത് ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ തുറക്കലിനെ എളുപ്പമാക്കുന്നു. കാവൽ കോശങ്ങളിൽ നിന്ന് ജലം നഷ്ടപ്പെടുമ്പോൾ അവയുടെ സ്ഥിതിമർദം നഷ്ടപ്പെടുകയും, ഇലാസ്തികതയുള്ള ഉൾഭിത്തി യഥാർഥരൂപം കൈവരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതുമൂലം കാവൽകോശങ്ങൾ ദുർബലമാവുകയും ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ അടയ്ക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 11.8 ആസ്യരന്ധ്രവും കാവൽ കോശങ്ങളും

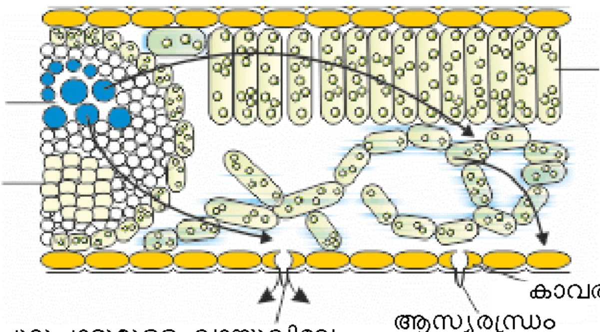
സാധാരണയായി ഉപരിതല അധോതല ഭിന്നമായ ഇലകളിൽ (ദ്വിബീജപത്ര സസ്യങ്ങൾ), ഇലയുടെ അടിഭാഗത്തുള്ള ഉപരിവൃതിയിലാണ് കൂടുതൽ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നത്. എന്നാൽ സമദ്വിപാർശ്വീയ ഇലകളുടെ രണ്ട് ഉപരിവൃതിയിലും ഏകദേശം തുല്യമായി ആസ്യരന്ധ്രങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഈർപ്പത്തിന്റെ അളവ്, ഊഷ്മാവ്, പ്രകാശം, കാറ്റിന്റെ വേഗത എന്നീ ബാഹ്യഘടകങ്ങൾ സസ്യസ്വേദനത്തിന്റെ തോതിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്നു. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ എണ്ണവും വിന്യാസവും, തുറന്നിരിക്കുന്ന ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ ശതമാനം, സസ്യങ്ങളിലെ ജലത്തിന്റെ അളവ്, ഇലച്ചാർത്തിന്റെ (Canopy) ഘടന മുതലായ സസ്യ ഘടകങ്ങളും സസ്യസ്വേദനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു.

സസ്യസ്വേദനം വഴി സൈലത്തിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ ഉയർച്ച ജലത്തിന്റെ താഴെ പറയുന്ന ഭൗതിക ഗുണങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു:

- **സംസക്തി (Cohesion)** - ജല തന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ആകർഷണം.
- **ഒട്ടിച്ചേരൽ (Adhesion)** - ജലതന്മാത്രകളും ജലപ്രതിപത്തിയുള്ള ഉപരിതലങ്ങളും (സൈലത്തിലെ ട്രക്കിയറിഘടകങ്ങളുടെ ഉപരിതലം) തമ്മിലുള്ള ആകർഷണം.
- **പ്രതലബലം (Surface tension)** - ദ്രാവകാവസ്ഥയിൽ ജലതന്മാത്രകൾ തമ്മിലുള്ള ആകർഷണം വാതകാവസ്ഥയിലുള്ളതിനെക്കാൾ കൂടുതലാണ്.

ഈ മൂന്ന് ഭൗതികഗുണങ്ങൾ ജലത്തിന് കൂടുതൽ **വലിവുബലവും (Tensile strength**- വലിവിനെ ചെറുക്കാനുള്ള കഴിവ്), **കേശികത്വവും (Capillarity** - (നേർത്ത നാളികളിലൂടെ ഉയരാനുള്ള കഴിവ്) നൽകുന്നു. സൈലത്തിന്റെ ചെറിയ വ്യാസമുള്ള നാളികളായ **ട്രക്കീഡുകളും, വെസലുകളും** കേശികത്വത്തെ സഹായിക്കുന്നു.

പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന് ജലം ആവശ്യമാണ്. ഇതിനാവശ്യമായ ജലം ലഭ്യമാക്കുന്നത് വേരുകൾ മുതൽ ഇലകൾ വരെ ക്രമീകരിച്ചിട്ടുള്ള സൈലം വെസലുകളുടെ വ്യൂഹം ആണ്. എന്നാൽ ജലതന്മാത്രകളെ ഇലകളിലെ പാരൻകൈമ കോശങ്ങളിലേക്ക് എത്തിക്കുവാൻ സസ്യം ഏത് ബലമാണ് പ്രയോജനപ്പെടുത്തുന്നത്? കോശങ്ങൾക്ക് ചുറ്റുമുള്ള ജലത്തിന്റെ നേർത്ത പാളി ഇടമുറിയാതെ നിലകൊള്ളുന്നതിനാൽ ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ സൈലത്തിൽ നിന്ന് ജലം ഓരോ തന്മാത്രകളായി ഇലകൾക്കുള്ളിലേക്ക് വലിച്ചെടുക്കപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ, ആസ്യരന്ധ്രത്തിന് താഴെയുള്ള അറയിലും കോശാന്തര സ്ഥലങ്ങളിലും കാണുന്ന ജലബാഷ്പത്തിന്റെ സാന്ദ്രത അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയെക്കാൾ കൂടുതലായതിനാൽ, ജലം, പുറത്തേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും ഒരു 'വലിവ്' സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 11.9).



ചിത്രം 11.9 ഇലയിലെ ജലസഞ്ചാരം. ഇലകളിൽ നിന്നുള്ള ബാഷ്പീകരണം മൂലം പുറത്തെ വായുവും ഇലകൾക്കുള്ളിലെ വായു അറകളും തമ്മിൽ ഒരു മർദവ്യതിയാനം രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ വ്യതിയാനം പ്രകാശസംശ്ലേഷണ കോശങ്ങളിലേക്കും ഇലകളിലെ സിരകളിൽ കാണുന്ന ജലം നിറഞ്ഞ സൈലത്തിലേക്കും വ്യാപിക്കുന്നു.

സ്വേദനം മുഖേന സംജാതമാകുന്ന ബലത്തിന് 130 മീറ്റർ ഉയരത്തിൽ വരെ, ജലത്തെ സൈലത്തിലൂടെ ഉയർത്താൻ കഴിയുമെന്നാണ് കണ്ടെത്തലുകൾ വെളിപ്പെടുത്തുന്നത്.

11.4.1 സസ്യസ്വേദനവും പ്രകാശസംശ്ലേഷണവും - ഒരു ഒത്തുതീർപ്പ്

സസ്യസ്വേദനത്തിന് ഒന്നിൽകൂടുതൽ ഉദ്ദേശങ്ങളുണ്ട്.

- ആഗിരണത്തിനും പദാർഥസംവഹനത്തിനുമായി സസ്യങ്ങളിൽ സസ്യസ്വേദനവലിവ് സൃഷ്ടിക്കുന്നു.
- പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിനാവശ്യമായ ജലം ലഭ്യമാക്കുന്നു.
- മണ്ണിൽനിന്ന് ധാതുക്കളെ സസ്യത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും എത്തിക്കുന്നു.
- ബാഷ്പീകരണം മുഖേന ഇലകളുടെ ഉപരിതലം തണുപ്പിക്കുന്നു; (ചിലപ്പോൾ 10 മുതൽ 15 ഡിഗ്രിവരെ)
- സ്ഥിതിമർദത്താൽ കോശങ്ങളെ വീർപ്പിക്കുന്നത് വഴി സസ്യകോശങ്ങളുടെ ആകൃതിയും ഘടനയും നിലനിർത്തുന്നു.

സജീവമായി പ്രകാശസംശ്ലേഷണം നടത്തുന്ന സസ്യങ്ങൾക്ക് ജലലഭ്യത വളരെ അത്യാവശ്യമാണ്. സസ്യസ്വേദനം മൂലം ലഭ്യമായ ജലം നഷ്ടപ്പെടുന്നത് പ്രകാശസംശ്ലേഷണത്തിന്റെ വേഗത കുറയ്ക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ വേരിൽ നിന്ന് ഇലകളിലേക്കും, ഇലകളിൽനിന്ന് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്കും തിരിച്ച് മണ്ണിലേക്കുമുള്ള ജലത്തിന്റെ ബഹുലമായ ചാക്രിക സഞ്ചാരംകൊണ്ടാണ് മഴക്കാടുകൾ കൂടുതൽ ആർദ്രമാകുന്നത്.

ഒരുപക്ഷേ, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിന്റെ ലഭ്യത വർധിപ്പിക്കുന്നതിനും ജലനഷ്ടം കുറയ്ക്കുന്നതിനും വേണ്ടിയുള്ള ഒരു തന്ത്രമായിരിക്കാം C_4 പ്രകാശസംശ്ലേഷണ വ്യവസ്ഥ. പ്രകാശസംശ്ലേഷണകാര്യത്തിൽ (പഞ്ചസാരയുടെ നിർമ്മാണം) C_3 സസ്യങ്ങളെക്കാൾ രണ്ടുമടങ്ങ് കാര്യക്ഷമതയുള്ളവയാണ് C_4 സസ്യങ്ങൾ. ഒരേ അളവിൽ CO_2 സ്ഥിരീകരണം നടത്തുമ്പോൾ C_3 സസ്യങ്ങൾ നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്ന ജലത്തിന്റെ പകുതി മാത്രമേ C_4 സസ്യങ്ങൾക്ക് നഷ്ടപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

11.5 ധാതുപോഷകങ്ങളുടെ ആഗിരണവും സംവഹനവും (Uptake and Transport of Mineral Nutrients)

സസ്യങ്ങൾ അവയ്ക്കാവശ്യമായ കാർബൺ, ഓക്സിജൻ എന്നിവ അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡിൽ നിന്ന് സ്വായത്തമാക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ആവശ്യമായി വരുന്ന മറ്റ് പോഷകങ്ങൾ സസ്യങ്ങൾക്ക് ലഭ്യമാകുന്നത് മണ്ണിലുള്ള ധാതുക്കളിൽനിന്നും ജലത്തിൽ നിന്നുമാണ്.

11.5.1 ധാതു അയോണുകളുടെ ആഗിരണം (Uptake of Mineral ions)

വേരുകളിലൂടെ ഊർജരഹിതമായി ജലം ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നതുപോലെ എല്ലാ ധാതുക്കളെയും ആഗിരണം ചെയ്യാൻ സസ്യങ്ങൾക്ക് സാധിക്കുന്നില്ല.

അതിന് കാരണമായ രണ്ടു ഘടകങ്ങളാണ്: (i) ധാതുക്കൾ ചാർജുള്ള കണങ്ങളാലാണ് (അയോണുകൾ) മണ്ണിൽ കാണപ്പെടുന്നത്. അതിനാൽ അവയ്ക്ക് കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കാൻ സാധ്യമല്ല. (ii) സാധാരണയായി ധാതുക്കളുടെ മണ്ണിലുള്ള ഗാഢത സസ്യങ്ങളുടെ വേരിലുള്ളതിനെക്കാൾ കുറവാണ്. അതിനാൽ ഒട്ടുമിക്ക ധാതുക്കളും **സക്രിയ ആഗിരണം (Active absorption)** വഴി വേരുകളുടെ ഉപരിവൃതികോശങ്ങളുടെ കോശദ്രവ്യത്തിലേക്ക് എത്തേണ്ടതുണ്ട്. ഇതിനായി സസ്യങ്ങൾ ATP രൂപത്തിൽ ഊർജം ഉപയോഗിക്കുന്നു. അയോണുകളുടെ ഈ സക്രിയ ആഗിരണം വേരുകളിൽ ജലക്ഷമതവ്യത്യാസം ഉണ്ടാവുന്നതിന് ഒരു കാരണമാണ്. ഇതുമൂലം വൃതിവ്യാപനം വഴി ജലത്തിന്റെ ആഗിരണവും നടക്കുന്നു. ചില അയോണുകൾ നിഷ്ക്രിയമായും വേരിന്റെ ഉപരിവൃതികോശങ്ങളിലേക്ക് എടുക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്.

സസ്യങ്ങൾ സക്രിയ ആഗിരണം വഴിയും നിഷ്ക്രിയ ആഗിരണം വഴിയും മണ്ണിൽനിന്ന് അയോണുകളെ വലിച്ചെടുക്കുന്നു. മൂലലോമങ്ങളുടെ കോശസ്തരത്തിലെ ചില പ്രത്യേക മാംസ്യങ്ങൾ ഉപരിവൃതി കോശങ്ങളുടെ കോശദ്രവ്യത്തിലേക്ക് അയോണുകളെ സജീവമായി പമ്പ് ചെയ്യുന്നു. മറ്റെല്ലാ കോശങ്ങളിലെയും പോലെതന്നെ അന്തർവൃതികോശങ്ങളുടെ കോശസ്തരത്തിലും നിരവധി സംവഹന മാംസ്യങ്ങൾ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. അവ ചില ലീനങ്ങളെ കടത്തിവിടുകയും ചിലതിനെ കടത്തിവിടാതിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. *അന്തർവൃതികോശങ്ങളിലുള്ള സംവഹന മാംസ്യങ്ങൾ നിയന്ത്രണ കേന്ദ്രങ്ങളായി വർത്തിച്ചുകൊണ്ട് പലതരത്തിലുള്ള ലീനങ്ങളെ വേണ്ട അളവിൽ സൈലത്തിൽ എത്തിക്കുന്നു.* വേരിലെ അന്തർവൃതിയിൽ സൂബറിൻ പാളിയുള്ളതിനാൽ അയോണുകളെ സക്രിയ സംവഹനത്താൽ ഒരു ദിശയിലേക്ക് മാത്രമെ കടത്തിവിടാറുള്ളൂ എന്നത് ഓർക്കുക.

11.5.2 ധാതു അയോണുകളുടെ സ്ഥാനമാറ്റം (Translocation of Mineral Ions)

സക്രിയ ആഗിരണം വഴിയോ നിഷ്ക്രിയ ആഗിരണം വഴിയോ അല്ലെങ്കിൽ ഇവ രണ്ടും മൂലമോ സൈലത്തിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന അയോണുകൾ പിന്നീട് സസ്യസ്വേദനപ്രവാഹം (Transpiration stream) വഴി കാണ്ഡത്തിലൂടെ സസ്യത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലേക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നു.

ധാതുമൂലകങ്ങളുടെ പ്രധാന വിനിയോഗ കേന്ദ്രം (Sink), സസ്യത്തിന്റെ വളരുന്ന ഭാഗങ്ങളായ അഗ്രവിഭജനകല, പാർശ്വവിഭജനകല, തളിരിലകൾ, വിരിയുന്ന പൂക്കൾ, ഫലങ്ങൾ, വിത്തുകൾ, സംഭരണ അവയവങ്ങൾ എന്നിവയാണ്. സൈലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന അയോണുകളെ സിരകളുടെ അഗ്രഭാഗത്ത് ഇറക്കിവയ്ക്കുന്നത് (Unloading) വ്യാപനത്തിലൂടെയാണ്. ഇവയെ വിനിയോഗകേന്ദ്രത്തിലെ കോശങ്ങൾ സക്രിയമായി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു.

വാർധക്യം സംഭവിക്കുന്ന പ്രായമേറിയ ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് ധാതുമൂലകങ്ങളെ മിക്കപ്പോഴും മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് പുനർവിന്യസിപ്പിക്കാറുണ്ട്. കൊഴിയാറായ ഇലകളിൽനിന്ന് തളിരിലകളിലേക്ക് ധാതുക്കളെ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നു. ഇതുപോലെ

ഇലകൊഴിക്കുന്ന സസ്യങ്ങളിൽ ഇലകൾ കൊഴിയുന്നതിന് മുമ്പ് അവയിലെ ധാതുക്കൾ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ സുഗമമായി കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ധാതുമൂലകങ്ങളാണ് ഫോസ്ഫറസ്, സൾഫർ, നൈട്രജൻ, പൊട്ടാസ്യം എന്നിവ. കോശഘടനയുടെ ഭാഗമാകുന്ന കാൽസ്യം പോലുള്ള മൂലകങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ പുനർവിന്യസിക്കപ്പെടാറില്ല.

സൈലത്തിൽ അടങ്ങിയിട്ടുള്ള സ്രവം വിശകലനം ചെയ്താൽ നൈട്രജൻ അകാർബണിക അയോണുകളായി സഞ്ചരിക്കുമെങ്കിലും, കൂടുതലും കാർബണിക രൂപങ്ങളായിട്ടുള്ള അമിനോ ആസിഡുകൾ, മറ്റ് ബന്ധപ്പെട്ട സംയുക്തങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെയുള്ള രൂപത്തിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത് എന്ന് കാണാം. അതുപോലെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ ഫോസ്ഫറസും സൾഫറും കാർബണിക സംയുക്തങ്ങളായി വഹിക്കപ്പെടുന്നു. കൂടാതെ, കുറഞ്ഞ അളവിൽ സൈലവും ഫ്ളോയവും തമ്മിൽ പദാർഥങ്ങളെ കൈമാറ്റം ചെയ്യാറുമുണ്ട്. ആയതിനാൽ സൈലം അകാർബണിക പോഷകങ്ങളെയും ഫ്ളോയം കാർബണിക പദാർഥങ്ങളെയും മാത്രമേ സംവഹിപ്പിക്കാറുള്ളൂ എന്ന പരമ്പരാഗത അറിവ് ശരിയാണെന്ന് വ്യക്തമായി പറയാൻ സാധിക്കില്ല.

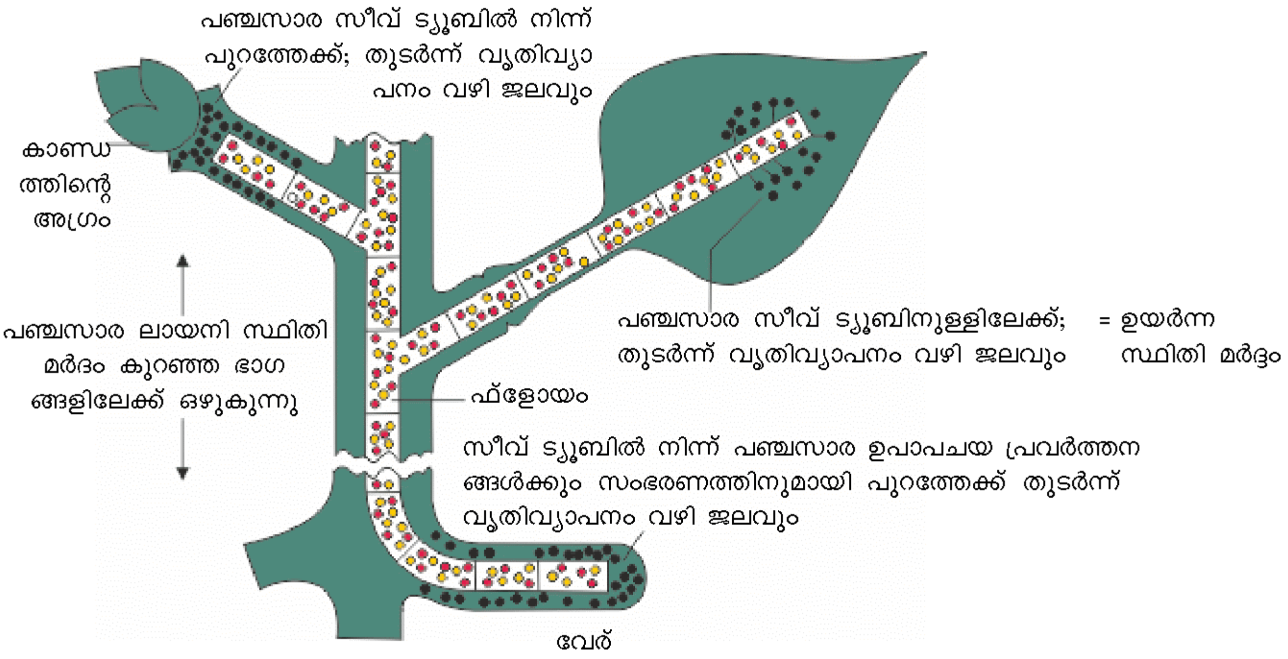
11.6 ഫ്ളോയം സംവഹനം : ഉറവിടത്തിൽനിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്കുള്ള ഒഴുക്ക്

ഉറവിടത്തിൽ (Source) നിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്ക് (Sink) ആഹാരം, പ്രത്യേകിച്ച് സൂക്രോസ് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് സംവഹനകലയായ ഫ്ളോയത്തിലൂടെയാണ്. സസ്യത്തിൽ ആഹാരം നിർമ്മിക്കുന്ന ഭാഗത്തെയാണ് സാധാരണയായി ഉറവിടം എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. അതായത് ഇലകൾ. ആഹാരം ആവശ്യമുള്ള ഭാഗങ്ങൾ അല്ലെങ്കിൽ സംഭരിച്ചു വയ്ക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളെയാണ് വിനിയോഗസ്ഥലം എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഋതുക്കൾ, സസ്യത്തിന്റെ ആവശ്യകത എന്നിവയ്ക്കനുസൃതമായി ഉറവിടവും വിനിയോഗസ്ഥലവും പരസ്പരം മാറാം. വസന്തകാലത്തിന്റെ പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ വേരുകൾ ഉറവിടങ്ങളായി വർത്തിക്കുകയും അവയിൽ സംഭരിച്ചിരിക്കുന്ന പഞ്ചസാര മരങ്ങളുടെ വിനിയോഗസ്ഥലങ്ങളായ മുകുളങ്ങളിലേക്ക് നീക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മുകുളങ്ങൾക്ക് അവയുടെ വളർച്ചയ്ക്കും പ്രകാശസംശ്ലേഷണവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഘടനാപരമായ വികസനത്തിനും ഊർജം ആവശ്യമാണ്. ഉറവിട-വിനിയോഗ സ്ഥലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനാൽ ഫ്ളോയത്തിൽക്കൂടിയുള്ള സഞ്ചാരദിശ മുകളിലേക്കോ താഴേക്കോ ആകാം. അതായത്, **ദ്വിദിശാസഞ്ചാരം (Bi-directional)**. ഇതിനു വിപരീതമായി സൈലത്തിലൂടെയുള്ള പദാർഥസംവഹനം മുകളിലേക്ക് മാത്രമുള്ള **ഏകദിശാസഞ്ചാരമാണ് (Unidirectional)**. അതുകൊണ്ട് സസ്യസ്വേദനസമയത്ത് ഏകദിശയിൽ ജലം സഞ്ചരിക്കുന്നതിൽനിന്ന് വ്യത്യസ്തമായി ഫ്ളോയത്തിലെ സ്രവത്തിന് ആവശ്യമായ ഏതുദിശയിലും സംവഹനം നടത്താം. അതിലേക്കായി പഞ്ചസാരയുടെ ഒരു ഉറവിടസ്ഥലവും പഞ്ചസാരയെ ഉപയോഗിക്കാനോ സംഭരിക്കാനോ പ്രാപ്തമായ ഒരു വിനിയോഗ സ്ഥലവും ആവശ്യമുണ്ടെന്നുമാത്രം.

ഫ്ളോയം സ്രവം പ്രധാനമായും സൂക്രോസും ജലവും ചേർന്നതാണ്. എന്നാൽ മറ്റ് പഞ്ചസാരകൾ, ഹോർമോണുകൾ, അമിനോ ആസിഡുകൾ തുടങ്ങിയവയും ഫ്ളോയത്തിലൂടെ സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നുണ്ട്.

11.6.1 മർദ പ്രവാഹം അല്ലെങ്കിൽ മാസ് പ്രവാഹ പരികൽപ്പന

ഉറവിടത്തിൽ നിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്കുള്ള പഞ്ചസാരയുടെ സംവഹനം വിവരിക്കുന്നതിന് സ്വീകാര്യമായ സംവിധാനത്തെ മർദപ്രവാഹ പരികൽപ്പന (Pressure flow hypothesis) എന്ന് വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 11.10). ഉറവിടത്തിൽ പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് നിർമിക്കപ്പെടുന്ന ഗ്ലൂക്കോസ്, ഡൈസാക്കറൈഡ് ആയ സൂക്രോസ് ആയി മാറ്റപ്പെടുന്നു. സൂക്രോസ് ഫ്ളോയത്തിന്റെ സഹകോശത്തിലേക്കും (Companion cell) തുടർന്ന് സീവ് നാളികോശത്തിലേക്കും സക്രിയ സംവഹനം വഴി പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഫ്ളോയത്തിൽ അതിഗാഢാവസ്ഥ (Hypertonic) സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി തൊട്ടടുത്തുള്ള സൈലത്തിൽ നിന്ന് ജലം ഫ്ളോയത്തിലേക്ക് വ്യതിവ്യാപനം വഴി പ്രവേശിക്കുന്നു. തുടർന്ന് ഫ്ളോയത്തിൽ വ്യതിവ്യാപന മർദം കൂടുകയും ഫ്ളോയം സ്രവം വ്യതിവ്യാപന മർദം കുറഞ്ഞ വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. വിനിയോഗസ്ഥലത്തെ വ്യതിവ്യാപനമർദം കുറഞ്ഞിരിക്കേണ്ടതുണ്ട്. വീണ്ടും സക്രിയസംവഹനം വഴി സൂക്രോസ് ഫ്ളോയം സ്രവത്തിൽ നിന്ന് പഞ്ചസാരയെ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്ന മറ്റ് കോശങ്ങൾക്കുള്ളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നു. ഇപ്രകാരം കോശങ്ങളിലേക്ക് എത്തിപ്പെടുന്ന സൂക്രോസ്, ഊർജം, അന്നജം അല്ലെങ്കിൽ സെല്ലുലോസ് എന്നിവയായി മാറ്റപ്പെടുന്നു. പഞ്ചസാര മാറ്റപ്പെടുന്നതു



ചിത്രം 11.10 സ്ഥാനമാറ്റത്തിന്റെ പ്രവർത്തനരീതിയുടെ രേഖാചിത്രീകരണം

മൂലം ഫ്ളോയത്തിൽ വ്യതിവ്യാപന മർദം കുറയുന്നതിനാൽ ജലം ഫ്ളോയ ത്തിൽ നിന്ന് പുറത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നു.

ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ, ഫ്ളോയത്തിലെ പഞ്ചസാരയുടെ സഞ്ചാരം ആരംഭിക്കു ന്നത് ഉറവിടത്തിൽ നിന്നുമാണ്. ഉറവിടത്തിൽ സീവ് ട്യൂബിലേക്ക് പഞ്ചസാര സക്രിയസംവഹനം വഴി നിറയ്ക്കപ്പെടുന്നു. ഫ്ളോയം നിറയ്ക്കപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി ജലക്ഷമതാ വ്യതിയാനം രൂപീകരിക്കപ്പെടുകയും അത് പദാർഥങ്ങ ളുടെ മാസ് പ്രവാഹത്തെ എളുപ്പമാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഫ്ളോയം കലകൾ നിർമ്മിച്ചിരിക്കുന്ന സീവ് ട്യൂബ് കോശങ്ങൾ നീണ്ട പൈപ്പ്പോലെ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ അഗ്രഭാഗത്ത് സുഷിരങ്ങളോടു കൂടിയ സീവ് പ്ലേറ്റുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭിത്തികൾ കാണാം. ഇത്തരം സുഷിരങ്ങളി ലൂടെ കടന്ന് പോകുന്ന കോശദ്രവ്യതന്തുക്കൾ തുടർച്ചയുള്ള ഇഴകളായി രൂപ പ്പെടുന്നു. സീവ്ട്യൂബിലെ ജലസ്ഥിതിമർദം കൂടുന്നതുമൂലം മർദപ്രവാഹം ആരം ഭിക്കുകയും സ്രവം (Sap) ഫ്ളോയത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേ സമയം വിനിയോഗസ്ഥലത്ത് എത്തിപ്പെടുന്ന പഞ്ചസാര, സങ്കീർണമായ ധാന്യ കങ്ങളായി മാറി ഫ്ളോയത്തിൽ നിന്ന് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ലീനം മാറ്റപ്പെടു മ്പോൾ ഫ്ളോയത്തിൽ ഒരു ഉയർന്ന ജലക്ഷമത സൃഷ്ടിക്കുകയും അനന്തരം ജലം തിരിച്ച് സൈലത്തിലേക്ക് ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു.

ആഹാരസംവഹനകല ഏതെന്ന് തിരിച്ചറിയുന്നതിനുള്ള ലളിതമായ ഒരു പരീ ക്ഷണമാണ് ഗർഡലിങ് (Girdling). മരത്തിന്റെ തടിയിൽ നിന്ന് അതിന്റെ തൊലി, ഫ്ളോയും പാളി ഉൾപ്പെടുന്ന ആഴത്തിൽ വളയാകൃതിയിൽ ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം നീക്കം ചെയ്യുക. ആഹാരസംവഹനം തടസ്സപ്പെടുന്നതിനാൽ തൊലിനീക്കം ചെയ്ത വളയാകൃതിയിലുള്ള മുറിവിന്റെ മുകൾഭാഗം ഏതാനും ആഴ്ചയ്ക്കുള്ളിൽ വീർത്ത് വരുന്നു. ഈ ലളിതമായ പരീക്ഷണം കാണിക്കുന്നത് ഫ്ളോയമാണ് ആഹാര സംവഹനകല എന്നും അത് ഏകദിശയിൽ വേരുകളിലേക്ക് നടക്കുന്നു എന്നുമാണ്. നിങ്ങൾക്കും ഈ പരീക്ഷണം എളുപ്പത്തിൽ ചെയ്യാവുന്നതാണ്.

സംഗ്രഹം

സസ്യങ്ങൾക്ക് പലതരത്തിലുള്ള അകാർബണിക മൂലകങ്ങൾ (അയോണുകൾ), ലവണങ്ങൾ എന്നിവ അവയുടെ ചുറ്റുപാടിൽ നിന്ന്, പ്രധാനമായും മണ്ണിൽനിന്നും ജലത്തിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്നു. ചുറ്റുപാടുകളിൽ നിന്ന് സസ്യങ്ങളിലേക്കും അതുപോലെതന്നെ ഒരു സസ്യകോശത്തിൽനിന്നും മറ്റൊരു സസ്യകോശത്തിലേക്കും ഈ പദാർഥങ്ങൾക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നതിന് തീർച്ചയായും കോശസ്തരം മറികടക്കേണ്ടതുണ്ട്. കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കാനുള്ള വഴികളാണ് വ്യാപനം, സുഗമമാക്കപ്പെട്ട വ്യാപനം അല്ലെങ്കിൽ സക്രിയ സംവഹനം എന്നിവ. വേര് ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ജലവും ധാതുക്കളും സൈലത്തിലൂടെയാണ് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. ഇലകൾ നിർമ്മിക്കുന്ന കാർബണിക പദാർഥങ്ങൾ ഫ്ളോയം വഴി സസ്യത്തിന്റെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

ജീവജാലങ്ങളിൽ കോശസ്തരത്തിനു കുറുകെ പോഷകങ്ങളുടെ സംവഹനം നടക്കുന്നതിനുള്ള രണ്ട് രീതികളാണ് നിഷ്ക്രിയ സംവഹനവും (വ്യാപനം, വ്യതിവ്യാപനം) സക്രിയ സംവഹനവും. നിഷ്ക്രിയ സംവഹനത്തിൽ പോഷകങ്ങൾ വ്യാപനം വഴി കോശസ്തരത്തെ മറികടക്കുന്നതിന് ഊർജം ഉപയോഗിക്കുന്നില്ല. കാരണം ഇത്തരത്തിലുള്ള വ്യാപനം ഗാഢതാ വ്യതിയാനത്തിനനുസരിച്ചാണ് നടക്കുന്നത്. ഇത് പദാർഥങ്ങളുടെ വലുപ്പം, ജലത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ കാർബണിക ലായകത്തിൽ (Organic solvent) ലയിക്കാനുള്ള കഴിവ് എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അർധതാര്യസ്തരത്തിലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ പ്രത്യേകമായ വ്യാപനത്തെയാണ് വ്യതിവ്യാപനം എന്നുപറയുന്നത്. ഇത് മർദവ്യത്യാസത്തെയും ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. സക്രിയ സംവഹനത്തിൽ ATP യിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ഊർജം ഉപയോഗിച്ച് പദാർഥങ്ങളെ ഗാഢതാവ്യതിയാനത്തിനെതിരെ കോശസ്തരത്തിലൂടെ പമ്പുചെയ്യുന്നു. ജലക്ഷമത, ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരത്തെ സഹായിക്കുന്ന സ്ഥിതികോർജമാണ്. ഇതിനെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് ലീനശേഷിയും മർദശേഷിയും. കോശങ്ങളുടെ സ്വഭാവസവിശേഷതകൾ ചുറ്റുപാടുമുള്ള ലായനിയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കോശത്തിനുചുറ്റും അതിഗാഢലായനി ആണെങ്കിൽ കോശത്തിന് ജീവദ്രവ്യശോഷണം സംഭവിക്കുന്നു. വിത്തുകളും ഉണങ്ങിയ തടികളും ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന പ്രത്യേക വ്യാപനരീതിയാണ് ആപാനം.

ഉയർന്ന സസ്യങ്ങളിൽ സൈലവും ഫ്ളോയവും ഉൾപ്പെട്ട സംവഹനവ്യൂഹമാണ് സ്ഥാനമാറ്റത്തിന് സഹായകമാകുന്നത്. സസ്യശരീരത്തിൽ വ്യാപനം വഴി മാത്രമല്ല ആഹാരം, ജലം, ധാതുക്കൾ എന്നിവ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. അവ സസ്യശരീരത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗത്തുനിന്ന് മറ്റൊരുഭാഗത്തേക്ക് മർദവ്യത്യാസംമൂലം മൊത്തമായിട്ടാണ് (Mass flow) സഞ്ചരിക്കുന്നത്.

മൂലലോമങ്ങൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ജലം വേരിന്റെ അന്തർഭാഗത്തേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്നത് രണ്ട് വ്യത്യസ്ത പാതകളിലൂടെയാണ്. അതായത് അപോപ്ലാസ്റ്റും സിംപ്ലാസ്റ്റും. മണ്ണിൽനിന്ന് ജലം, വിവിധ അയോണുകൾ എന്നിവ കാണ്ഡത്തിന്റെ കുറഞ്ഞ ഉയരങ്ങളിലേക്ക് മൂലമർദം വഴിയാണ് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. ജലത്തിന്റെ സംവഹന മാർഗം വിവരിക്കാനായി പൊതുവെ അംഗീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത് സസ്യസ്വേദന വലിവ് മാതൃക ആണ്. ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളിലൂടെ ജലം ബാഷ്പമായി നഷ്ടപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് സസ്യസ്വേദനം. സസ്യസ്വേദനനിരക്കിനെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് ഊഷ്മാവ്, പ്രകാശം, ആർദ്രത, കാറ്റിന്റെ വേഗത, ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ എണ്ണം എന്നിവ.

സസ്യങ്ങളിൽ അധികമുള്ള ജലം ഇലയുടെ അഗ്രഭാഗങ്ങളിലൂടെ ഗട്ടേഷൻ വഴിയും നഷ്ടപ്പെടുന്നു.

ഫ്ളോയമാണ് ആഹാരത്തെ, പ്രധാനമായും സൂക്രോസിനെ ഉറവിടത്തിൽനിന്ന് വിനിയോഗസ്ഥലത്തേക്ക് എത്തിക്കുന്നത്. ഫ്ളോയത്തിലൂടെയുള്ള സ്ഥാനമാറ്റം ദ്വിദിശയിലുള്ളതാണ്. ഉറവിടവും-വിനിയോഗസ്ഥലവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം പരസ്പരം മാറി വരും. ഫ്ളോയത്തിലൂടെയുള്ള സ്ഥാനമാറ്റം വിവരിക്കുന്നത് മർദ പ്രവാഹ പരികൽപ്പനയാണ്.

പരിശീലന പ്രവർത്തനങ്ങൾ

1. വ്യാപന നിരക്കിനെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?
2. എന്താണ് പോറിൻസ്? വ്യാപനത്തിൽ അവയുടെ പങ്ക് എന്ത്?
3. സസ്യങ്ങളിലെ സക്രിയസംവഹനത്തിൽ മാംസ്യപമ്പുകളുടെ പങ്ക് വിവരിക്കുക?
4. ശുദ്ധജലത്തിനാണ് ഏറ്റവും കൂടുതൽ ജലക്ഷമത, കാരണം വിശദമാക്കുക.
5. താഴെ പറയുന്നവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എഴുതുക.
   എ) വ്യാപനവും വ്യതിവ്യാപനവും
   ബി) സസ്യസ്വേദനവും ബാഷ്പീകരണവും
   സി) വ്യതിവ്യാപന മർദവും വ്യതിവ്യാപനശേഷിയും
   ഡി) ആപാനവും വ്യാപനവും
   ഇ) സസ്യങ്ങളിലെ ജലസഞ്ചാരത്തിനുള്ള അപോപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും സിംപ്ലാസ്റ്റ് പാതയും
   എഫ്) ഗട്ടേഷനും സസ്യസ്വേദനവും
6. ജലക്ഷമതയെക്കുറിച്ച് ലഘുവിവരണം എഴുതുക. ഇതിനെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
7. അന്തരീക്ഷമർദത്തെക്കാളും കൂടിയ ഒരു മർദം ശുദ്ധജലത്തിലോ ലായനിയിലോ പ്രയോഗിച്ചാൽ എന്തു സംഭവിക്കും?
8. എ) അടയാളപ്പെടുത്തിയ ഒരു ചിത്രത്തിന്റെ സഹായത്തോടെ ജീവദ്രവ്യശോഷണം വിശദമാക്കുക. അനുയോജ്യമായ ഉദാഹരണങ്ങൾ നൽകുക.
   ബി) ജലക്ഷമതകൂടിയ ലായനിയിൽ വച്ചിരിക്കുന്ന സസ്യകോശത്തിനുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ എന്തെല്ലാമെന്നെഴുതുക.
9. സസ്യങ്ങളുടെ മൈക്രോറൈസ ബന്ധം ജലത്തിന്റെയും ധാതുക്കളുടെയും ആഗിരണത്തെ സഹായിക്കുന്നതെങ്ങനെ?
10. സസ്യങ്ങളിലെ ജലസംവഹനത്തിൽ മൂലമർദത്തിന്റെ പങ്കെന്ത്?

11. ജലസംവഹനത്തിനുള്ള സസ്യസ്വേദന വലിവ് മാതൃക വിവരിക്കുക. സസ്യസ്വേദത്തെ ബാധിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തെല്ലാം? സസ്യങ്ങൾക്ക് ഇത് എങ്ങനെ സഹായകരമാകുന്നു?

12. സസ്യങ്ങളിലെ സൈലദ്രവങ്ങളുടെ മുകളിലേക്കുള്ള സഞ്ചാരത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ എന്തെന്ന് ചർച്ചചെയ്യുക.

13. സസ്യങ്ങളിൽ ധാതുമൂലകങ്ങളുടെ ആഗിരണത്തിൽ അന്തർവൃതിക്കുള്ള പ്രധാന പങ്ക് വിശദമാക്കുക.

14. സൈലംസംവഹനം ഏകദിശയിലാണെന്നും ഫ്ളോയം സംവഹനം ദ്വിദിശയിലാണെന്നും പറയുന്നത് എന്തുകൊണ്ട്?

15. സസ്യങ്ങളിൽ പഞ്ചസാരയുടെ സംവഹനത്തിനുള്ള മർദപ്രവാഹപരികൽപ്പന വിവരിക്കുക.

16. സസ്യസ്വേദനസമയത്ത് ആസ്യരന്ധ്രങ്ങളുടെ കാവൽകോശങ്ങൾ തുറക്കുകയും അടയുകയും ചെയ്യുന്നതിനുള്ള കാരണങ്ങൾ എന്തെല്ലാം?