38 වෙළුම - 3 කලාපය 2021 ජූලි - සැප්තැම්බර්
ISSN 1391-0299

විද්‍යාව

ජාතික විද්‍යා පදනමේ විද්‍යා සඟරාව

ක්ෂුද්‍රජීවීන්

ඌන - උපයෝජිත ජාතික සම්පත

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION

විදුරාව

38 වෙළුම - 3 කලාපය
2021 ජූලි - සැප්තැම්බර්

සභාපති
මහාචාර්ය රංජිත් සේනාරත්න

වැඩබලන අධ්‍යක්‍ෂ ජනරාල්
රවීන්ද්‍ර පත්මප්‍රිය

ජාතික විද්‍යා පදනමේ විදුරාව අනු කමිටුව
තුසිත මලලසේකර
අසෝක ද සිල්වා
ආචාර්ය ගෞරි මූර්ති
ආචාර්ය එන්. කාර්තිකේයන්

සංස්කාරක
තුසිත මලලසේකර

සංස්කරණ උපදේශකත්වය
ආචාර්ය පී. ආර්. එම්. පී. දිල්රුක්ෂි

විදුරාව සම්බන්ධීකාරක
අපේක්‍ෂා හේරත්

අකුරු සැකසුම හා පිටු නිර්මාණය
ලක්ෂිකා පියුමි නිශ්ශංක

පිටකවරය
ලක්ෂිකා පියුමි නිශ්ශංක

ප්‍රකාශනය සහ මුද්‍රණය
ජාතික විද්‍යා පදනම
47/5, මේට්ලන්ඩ් පෙදෙස
කොළඹ 07

පිළිබිඹු මූලාශ්‍රයඃ ලේඛකයන්/අන්තර්ජාලය
දුරකථනයඃ 2696771
ෆැක්ස්ඃ 2694754
විද්‍යුත් ලිපිනයඃ vidurava@nsf.gov.lk

විදුරාව විද්‍යා සඟරාව ජාතික විද්‍යා පදනමේ වෙබ් අඩවිය වන www.nsf.gov.lk හි අන්තර්ගත කොට ඇත.

පටුන

2 කතුවැකිය

3 සජීවී ක්‍ෂුද්‍රජීවීන්ඃ ගෝලීය අසීමිත සම්පතක්
මහාචාර්ය එස්. ඒ. කුලසූරිය

8 අනාගත ජෛව පොහොර අවශ්‍යතා සඳහා ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන්
ආචාර්ය චතුරංග බමුණුආරච්චිගේ, එච්. කේ. එස්. ද සොයිසා සහ ආචාර්ය පී. එන්. යාපා

13 වී වගාවේ ට්‍රිපල් සුපර් පොස්පේට් යෙදීම අවම කිරීම සඳහා බලාපොරොත්තු රැඳවියහැකි ක්‍රමයක් වශයෙන් පොස්පරස් ද්‍රාව්‍යකරණය සිදු කරන ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන් භාවිතා කිරීම
ආචාර්ය ඩී. එම්. එස්. එච්. දිසානායක සහ ජේ. පී. එච්. යූ. ජයනෙත්ති

16 සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන්ගේ කර්මාන්තමය වැදගත්කම
එස්. කේ. ජයසේකර

20 ක්‍ෂුද්‍ර ඇල්ගී - ශ්‍රී ලංකාව ඌන උපයෝජනය ලක් කෙරුණු ක්‍ෂුද්‍රජීවී සම්පත
ආචාර්ය තිළිණි යූ. ආරියදාස

26 බල ශක්තිය සපයන ගුරු රසායනඥයා - ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන්
ආචාර්ය අමා දම්සර ජයවර්ධන

32 ලැබූ දැනුම විමසමු

© ජාතික විද්‍යා පදනම-ශ්‍රී ලංකාව

ISSN 1391-0299

මෙම ප්‍රකාශනයෙහි අඩංගු ලිපිවල අන්තර්ගතය එම ලිපි සැකසූ ලේඛකයන්ගේ අදහස් වන අතර ජාතික විද්‍යා පදනම ඒ හා සම්බන්ධව වග කියනු නොලැබේ.

කතුවැකිය

නොදකින ලොව දක්නට වෙර දරමු

"ක්‍ෂුද්‍රජීවීන්" යන වචනය ඇසූ පමණින් අප වැඩි දෙනෙකුගේ මුහුණ ඇඹුල් වනු දැකිය හැකිය. ඒ අප ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් දකිනුයේ මිනිසාට සතුරු වූ, රෝග බෝ කිරීමට මුල්වූ, ජීවීන් කොටසක් ලෙස වෛරීය හැඟීමකින් යුතුවය. එහෙත් සත්‍යය එය නොවේ. ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් සුළු පිරිසක් රෝග කාරක හා වෙනත් අහිතකර කාර්යයන් සිදු කළද ඉතා වැඩි පිරිසක් අපට ප්‍රයෝජනවත් වන කාර්යයන් රැසක නියැලෙන බව ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් පිළිබඳ අප සතුව ඇති දැනුම තුළින් හෙළිදරව් වී ඇත්තේය.

ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් පිළිබඳව විද්‍යාත්මකව හඳුන්වන ක්ෂේත්‍රය නම්කර ඇත්තේ "මයික්‍රෝබයෝලජි" නැතිනම් ක්‍ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාව ලෙසය. ඒ ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් ඉංග්‍රිසියෙන් "මයික්‍රෝබ්ස්" හෝ "මයික්‍රෝඕර්ගනිසම්ස්" ලෙස හැඳින්වෙන හෙයිනි. බොහෝ විවිධත්වයන් පෙන්නුම්කරන ක්‍ෂුද්‍රජීවීහු පොදුවේ ගත් කළ ඉතා ඉතා කුඩා එසේම සරල ජීවී විශේෂය: බැක්ටීරියා, ආකියා, ඇල්ගී, දිලීර (ෆන්ගයි), ප්‍රොටොසෝවා සහ වයිරස ආදී එකිනෙකට වෙනස් වූ ව්‍යුහය සහිත ජීවීන් සුවිශාල සංඛ්‍යාවක් මේ යටතට අයත් වේ.

"මයික්‍රෝබ්ස්" සහ වචනය මෙම ජීවීන් විස්තර කිරීම සඳහා භාවිතා කිරීම ඇරඹුයේ 19 වන සියවසේ අවසන් සමයේදීය. එහෙත් 13 වන සියවසේ සිටම දිරාපත් කිරීමට හා රෝග ඇතිකිරීමට යම් අදෘශ්‍යමාන බලවේග සමත් බවට දැනීමක් තිබිණ. 17 වන සියවස වන විට පියවි ඇසට නොපෙනෙන ජීවී වර්ග පවතින බව සොයා ගැනීමට විද්‍යාඥයන් සමත් වූ අතර ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් ඔවුන්ගේ ස්වභාවයෙන් මුලින්ම දකිනු ලැබුයේ ප්‍රභේදයක් ලෙස අනුදක්නයන් තුළින් පරිසරයට පිවිසීමට හුරුව සිටි ඇන්තනි වැන් ලියුවෙන්හොක් විසින් 1670 දී පමණය.

ක්‍ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාවේ පරිණාමය වීම පිළිබඳ අධ්‍යනයට ඉපැරණි ග්‍රීක මතිමතාන්තර වෙත යොමු වීම අවශ්‍යය. අතීතයේදී ඔවුන්ගේ මතය වූයේ අජීවී ද්‍රව්‍ය තුළින් ජීවීන් බෝවෙන බවය. එය ඕපපාතික හෝ ස්වයංජනන කාර්යයකි. එසේම "ගියා" නම් දෙව්දුවට පාෂාණ තුළින් ජීවීන් ඉපදවිය හැකි බවට විශ්වාසයක් ද ඔවුන් තුළ පැවතින. ඇරිස්ටෝටල් මෙම මතය බැහැර කළද පසෙහි පවතින යම් ජීවී කොටස් වෙතින් හදිස්සියේම හෙවත් ඉබේම සතුන් ඇති විය හැක යන මතය බැහැර නොකලේය. කෙසේ වෙතත් 17 වන සියවස තුළදී මෙම අදහස් ප්‍රතික්ෂේප වෙමින් වර්තමාන අදහස් සංවර්ධනය වීම ඇරඹින.

ගිරොලොමෝ ෆ්‍රැකුස්ටොරෝ නම් ඉතාලියානු විද්වතා එක් ද්‍රව්‍යකින් තවත් ද්‍රව්‍යක් වෙත රෝග පැතිරිය හැකි බවට 1500 ගණන්වලදී පළකළ මතය ප්‍රංශ ජාතික ලුයි පැස්චර්, ජර්මන් ජාතික රොබට්කොක් යන විද්‍යාඥයන් ඇතුළු විද්‍යාඥයන් රැසක් පර්යේෂණ තුළින් වර්තමානයේ දී තහවුරු කර ඇත. ක්‍ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාව (මයික්‍රෝබයෝලොජී) විද්‍යාව සංවර්ධනය වූයේ මේ විද්‍යාඥයන්ගේ කැපවීම් තුළින්ය.

ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් පිළිබඳව හදාරණ විද්‍යාව ලොවට කරුණු හෙළිදරව් කරනුයේ ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් පිළිබඳව පමණක් නොව සියළු ජීවීන් පිළිබඳවය. ජීවය පිළිබඳ සංකීර්ණ ක්‍රියාවළි හඳුනාගැනීමට, විශේෂයෙන්ම ජාන විද්‍යාව (ජෙනටික්ස්) සහ පරිවෘත්තීය පිළිබඳව අණුක මට්ටමේ පර්යේෂණ සිදු කිරීමට අද බොහෝවිට යොදාගැනෙන්නේ ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීහුය.

රෝග හා ආසාදන ඇතිවීම කෙරෙහි පමණක් නොව ඒවා සුව කිරීමට, ක්‍ෂුද්‍රජීවී ජෛව පොහොර නිෂ්පාදනයන් වල සිට බලශක්ති උපදවලීමට, අදට වඩා සැපවත් ජීවිතයක් හෙට උරුමකර දීමට ක්‍ෂුද්‍රජීවී ලෝකය සමත්වනු ඇති බවට දැන් සැකයක් නොවේ. "විදුරාව" මෙවර කලාපය මෙන්ම ඊළඟ කලාපය තුළින්ද විමසා බලනු ඇත්තේ "ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන්" ලෙස හැඳින්වෙන විවිධත්වයෙන් යුත් සුවිශාල ජීවී සමූහය පිළිබඳ මූලික තොරතුරු පමණක් නොවන අතර මිනිසා ඇතුළු පියවි ඇසට පෙනෙන ලෝකයට ඒවායෙන් ලබාගත හැකි ඉමහත් එල ප්‍රයෝජන ගලපා සකස් කිරීමද එමගින් බලාපොරොත්තුවෙයි.

තුසිත මලලසේකර

සජීවී ක්ෂුද්‍රජීවීන්: ගෝලීය අසීමිත සම්පතක්

මහාචාර්ය එස්. ඒ. කුලසූරිය

පෘථිවි ග්‍රහයා මත පවතින ජීවී වර්ග අතර ඉතා බහුල,ඉතා සුලබ හා පුළුල්ව පැතිරුණ ජීවීන්වනවා පමණක් නොව ජීවයේ පැවැත්මට නැතුවම බැරි ජීවී විශේෂයන් ලෙස, තමන්ගේම ස්ව සම්භවයෙන් බිහිවූ පියවි ඇසට නොපෙනෙන ක්ෂුද්‍රජීවීන් හැඳින්වීමට පුළුවන.

විද්‍යාඥ ඇන්තනි වැන් ලියුවෙන්හොක් (1632-1723) දී ක්ෂුද්‍රජීවීන් සොයා ගැනීම විද්‍යා ක්ෂේත්‍රය තුළ විප්ලවයක් ඇති කිරීමට සමත් විය. සියලු සජීවී ජීවී වර්ග ශාක හෝ සත්ව හෝ ලෙස ඒ වන විට කාණ්ඩ ගත කර තිබුණි. වර්ගීකරණ විද්‍යාඥයන් අතර ආන්දෝලනාත්මක තත්වයක් ඇති කිරීමට මෙම සොයා ගැනීම හේතු විය.

රූපය 1: විද්‍යාඥ ඇන්තනි වැන් ලියුවෙන්හොක්

ක්ෂුද්‍රජීවීන් ශාක හෝ සත්ව හෝ යන කාණ්ඩ දෙකින් එකකටවත් එක් කළ නොහැකි වූයේ ඒවා එම කාණ්ඩ දෙකටම පොදු වූ ගති ලක්ෂණ පෙන්වූ නිසා පමණක් නොව ඒවාටම ආවේනික වූ ලක්ෂණද පැවතීම හේතුකරගෙනය. සමහර වර්ගීකරණ විද්‍යාඥයන් මෙම ජීවීන් "අරූපද්‍රව්‍ය" ලෙස හැඳින්වීමටද ඉදිරිපත් වූහ. එහෙත් මෙම ජීවීන්ගේ රූපකාය, භෞතවේදය, ජෛව රසායනය, ජාන විද්‍යාත්මක සහ අණුක ජීව විද්‍යාත්මක තොරතුරු පිළිබඳව කල්යත්ම දැනුවත්වීම තුළින් ඒවා එක් පොදු ලක්ෂණයකින් පමණක් සමානවන ආන්තික විවිධත්වයකින් යුත් කණ්ඩායමක් ලෙස පිළිගත හැකි සාක්ෂි මතු විය. එකම පොදු ලක්ෂණය වූයේ උපකරණ සහයක් නොමැතිව ඇසට නොපෙනීම හෙවත් පියවි ඇසට නොපෙනීම පමණය. මෙම ජීවීන්ගේ සොයා ගැනීමත් සමග විද්‍යාවේ නව ක්ෂේත්‍රයක් ලෙස ක්ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාව බිහි විය. එමගින් ක්ෂුද්‍රජීවීන් පිළිබඳ අධ්‍යනය කිරීම සිදු වෙයි.

ක්ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාව පිළිබඳ පුරෝගාමී අධ්‍යයන දහනමවන සියවසේදී සිදු කරනු ලැබ ඇත්තේ බොහෝ සුප්‍රකට යුරෝපීය විද්‍යාඥයන් පිරිසකි. වෛද්‍යමය ක්ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාවේ කැපී පෙනෙන අධ්‍යයන සිදු කළ පුරෝගමීන්වනුයේ ලුයි පාස්චර්, ෆර්ඩිනැන්ඩ් කොහෙන්, සහ රොබට් කොක් (බැක්ටීරියාවේදයේ සමාරම්භක) යන විද්‍යාඥයන්ය. බෙයිජෙරිනෙක් විද්‍යාඥයා සහ පාරිශ්‍රාව්‍ය වයිරස සහ ශාක හා සත්ව ව්‍යාධිවේදීන් ගණනාවක් විසින් සිදුකළ පර්යේෂණ මගින් බෝවෙන රෝග සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවීන් හේතු කාරකවන බව පෙන්වා දෙනු ලැබීය. එසේම ශාක සහ සත්වයන්ට ව්‍යාධි ඇති කරන බොහෝ ව්‍යාධිකාරකද (රෝගකාරක) ක්ෂුද්‍රජීවීන් බව වාර්තා විය. මේ සියලු කරුණු හේතු කොට ක්ෂුද්‍රජීවීන් යනු බියකරු ජීවීන් කොටසක් බවට සළකනු ලැබූ අතර ඒවා විනාශ කිරීමට අවශ්‍ය ක්‍රමවේද සහ ද්‍රව්‍ය සංවර්ධනය ද සිදුවිය.

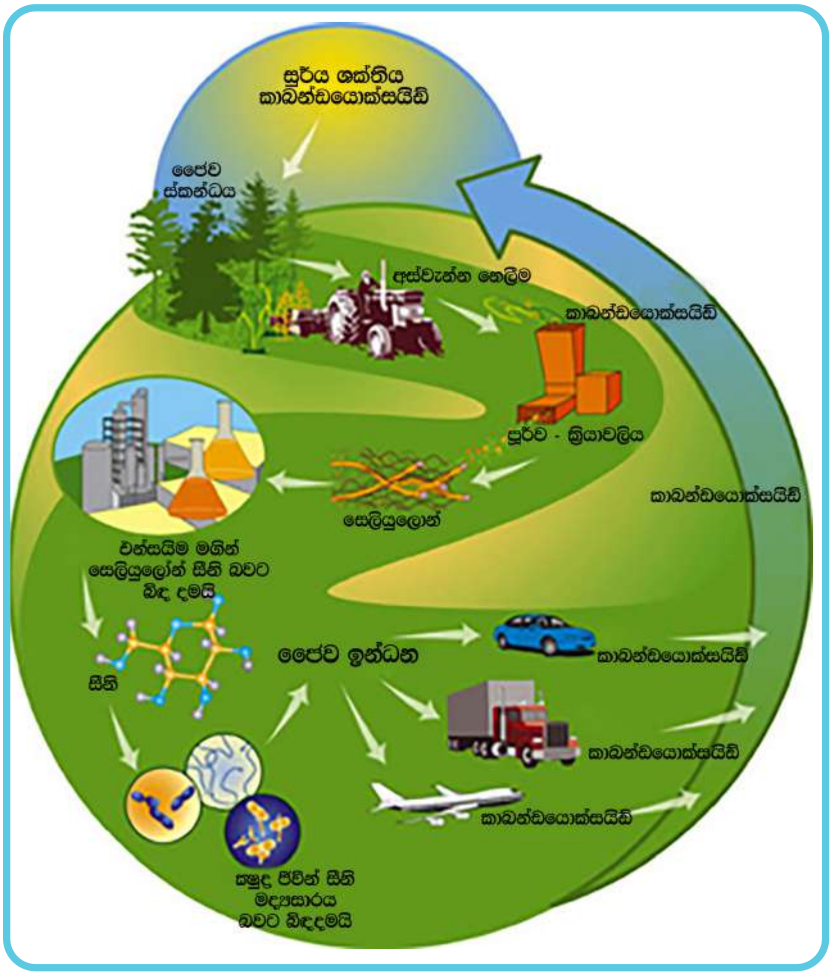
පෘථිවිය මත ජීවය පවත්වා ගෙනයාමට හා තවත් ප්‍රයෝජනවත් කාර්යයන් කිහිපයක් සිදු කිරීමට ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් සතුව පවතින හැකියාව හෙළිදරව් කරගැනීමත් සමග ක්ෂුද්‍රජීවීන් විසින් සිදු කරන අත්‍යවශ්‍ය කාර්යභාරය සාක්ෂාත් වීමත් සමග මෙතෙක් පැවති ආකල්පය වෙනස් විය. ශාක වායුගෝලීය නයිට්‍රජන් තිර කිරීමට සමත් බව 1836 දි හම්ප්‍රි ඩේවි මුලින්ම ඉදිරිපත් කළ අදහස් බවුසින් ගාල්ට් විද්‍යාඥයා 1838 දී ප්‍රායෝගිකව පෙන්වා දුනි. 1885 දී ඇට්වෙකර් නම් විද්‍යාඥයා රනිල ශාක තුළ සිදුවන සහජීවී නයිට්‍රජන් තිර කිරීම පිළිබඳව සහ 1862 දි ජෝර්ඩන් විද්‍යාඥයා නිදහස්ව ජීවත් වන ක්ෂුද්‍රජීවීන් ගැන පළ කිරීම මෙහිදි කැපී පෙනෙන කඩයිම්ය. 1901 දී බෙයිජරින්ක්, එයරොබැක්ට ක්‍රොකොකුම් (*Aerobactor chrococcum*) නම් බැක්ටීරියාව ස්වායු නයිට්‍රජන් තිරකරණය සිදු කරන බවත් එමෙන්ම එය නිර්වායු ස්වසන ක්‍රියාවක් වන සල්ෆේට් අවකරණය සිදු කරන බවත් පෙන්වා දුනි. සර්ජි එන් විනෝග්‍රැඩ්ස්කි (1856-1953) නම් යුක්රේනියානු - රුසියන් ක්ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාඥයා ක්ලොස්ට්‍රිඩියම් පැස්ටිරියේනම් (*Clostridium Pasteurianum*) නම් බැක්ටීරියාව නිර්වායු නයිට්‍රජන් තිරකිරීමට සමත් බව පෙන්වා දුනි. එමෙන්ම පෝෂක චක්‍රීකරණය පිළිබඳ සංකල්පයද ඔහු විසින් යෝජනා කරනු ලැබීය. බෙගිඇටොටා (Beggiatota) ඔක්සිකරණය කරන හයිඩ්‍රජන් සල්ෆයිඩ් බලශක්ති මූලාශ්‍රයක් ලෙසටද ඔහු විසින් වාර්තා කරනු ලැබීය. ඔහු නයිට්‍රජන් තිරකරණ බැක්ටීරියා පිළිබඳව සිදුකළ පර්යේෂණ තුළින් හෙළිදරව් කරගත් තවත් වැදගත් කරුණු අතර ස්වශක්ති ස්වරූපය ප්‍රථම වරට සොයා ගැනීම සහ රසායනික ශක්තිය භාවිතයෙන් ලිතෝට්‍රොෆික් කාබන්ඩයොක්සයිඩ් තිර කිරීම සිදු කිරීමද ඇතුළත් වේ. මෙම සොයා ගැනීම් ජෛව භූ රසායනික චක්‍ර වටහා ගැනීමට ඉතා වැදගත් වේ. බෝග නිෂ්පාදනයේදි ජෛවීය නයිට්‍රජන් තිර කිරීම, දියුණු කිරීම සහ යෙදවීම, ක්ෂුද්‍රජීවීන්හට විශේෂ මෙහෙයුම් බලයක් අත්පත් කර දීමට සමත් විය. වසර සිය ගණනාවක් මුලුල්ලේ සිදු කරන ලද පර්යේෂණ අධ්‍යයන වලින් පසුව ජෛවීය නයිට්‍රජන් තිර කිරීම සමහර ප්‍රෝකැරියෝටික ක්ෂුද්‍රජීවීන්ට සහ ඔවුන්ගේ සහජීවී සම්බන්ධතාවන් පමණක් සීමා වන බව මේ වන විට සනාථ වී ඇත. බ්‍රිතාන්‍ය (ස්කොට්ලන්ත) ජාතික වෛද්‍ය ඇලෙක්සැන්ඩර් ෆ්ලෙමින් (1889-1955) ක්ෂුද්‍රජීවී විද්‍යාඥයකු මෙන්ම ඖෂධවේදියෙකු ලෙසද සිදු කළ පර්යේෂණ තුළින් ලයිසොසයිම් (1922 දී) සොයාගත් අතර පෙනිසිලියම් (1929 දී) නම් දිලීරය යොදා ගෙන සිදු කළ පර්යේෂණ තුළින් පෙනිසිලින් නම් ප්‍රථම ප්‍රතිජීවකය වෙන් කර හඳුනාගෙන ඒ පිළිබඳව පර්යේෂණ කරනු ලැබීය. ක්ෂුද්‍රජීවීන් පිළිබඳව සමාජය තුළ පැවති අහිතකර (සෘණාත්මක) ආකල්ප වෙනස් කිරීමට ඉන් පසුව ක්ෂුද්‍රජීවීන් යොදා ගෙන නිපදවීමට හැකි වූ අසීමිත ප්‍රතිජීවකවලට සෘජුව කැපී පෙනෙන අවස්ථාවක් උදා කළේය.

එබැවින් වර්තමාන සමාජය ක්ෂුද්‍රජීවීන් දෙස බලනුයේ වඩා සමතුලිත ආකාරයෙනි. මෙහිදී ක්ෂුද්‍රජීවීන් අපගේ ජීවිත කෙරෙහි ඇතිකරන හිතකර හා අහිතකර බලපෑම් යන දෙකම පිළිගනිමින්, ඒවා විසින් සිදු කරන වැදගත් කාර්යභාරයට නිසි පිළිගැනීමක් ලබා දීමද සිදු විය. වර්තමාන අදහස වන්නේ මිනිස් ජීවිතවලට අනර්ථකාරී ලෙස බලපෑමට සමත් වන්නේ ක්ෂුද්‍රජීවීන් අතරින් 1% ක් පමණක් බවත්, සැලකිය යුතු තරම් සංඛ්‍යාවක් අපට ප්‍රයෝජනවත්වන බවත්ය. එසේම ක්ෂුද්‍රජීවීන් අති විශාල ප්‍රමාණයක් තවමත් ගවේෂණයට හා උපයෝගීකර ගැනීමට ලක්ව නැති බැවින් ඒ සඳහා විවිධ පරීක්ෂණද සිදු කරමින් පවතී.

සම්භවය සහ පරිණාමය

පෘථිවිය මත ජීවයේ සම්භවය ඇති වූයේ මෙයට වසර බිලියන 3.8 කට පමණ පෙර බව විශ්වාස කෙරේ. විද්‍යාත්මක සාක්ෂි අනුව පෙනෙනුයේ අජීවී පරිණාමය සිදුවූ සමයේදී මතුවූ නිර්‍යුක්ලියෝටයිඩ ප්‍රොකැරියෝටික ක්ෂුද්‍රජීවීන් තුළ ඔවුනගේ ජානමය ද්‍රව්‍ය ලෙස පැවතියේ රයිබෝස් නියුක්ලෙයික් අම්ලය (ආර්.එන්.ඒ) පමණය. ඔක්සිජන් පරිණාමය සහිත ප්‍රොටෝසයනොබැක්ටීරියා දක්නට ලැබුණේ මෙයට වසර බිලියන 2.8ක් පමණ වූ අවධියේදීය. පැලියි ප්‍රෙටෙරෝසොයික යුගයේදී (වසර බිලියන 2.5 - 1.6 දක්වා වූ) දිගින් දිගටම ඇද හැලුන ධාරානිපාත වර්ෂාව හේතුකොට පෘථිවිය සිසිල්වීම පටන් ගැනිණි. එබැවින් සමුද්‍රීය ප්ලාන්ට්ප්ලැන්ක්ටන් (ශාක ප්ලවාංග) තුළින් සයනොබැක්ටීරියා ප්‍රගුණනය වීම ඇරඹිණි ඒවා කාබන් කොටසක් තිරකර සංචිත කිරීමටත්, ඔක්සිකරණය තුළින් වායුගෝලීය මීතේන් ප්‍රමාණය අඩු කිරීම සඳහා ඔක්සිජන් නිකුත් කිරීමටත් සමත් විය. සයනොබැක්ටීරියා සහ විෂමපෝෂී පුරාතන ඉයුකැරියෝටිකයන් අතර සිදුවූ අන්තඃ සහජීවී ක්‍රියාවලි හේතුකොට පරිණාමය වූ හරිතලව, වායුගෝලයට ඔක්සිජන් නිකුත් කිරීම වේගවත් කිරීමට සමත් විය. මේ අතර නිරන්තරයෙන් පෘථිවිය දෙසට ප්‍රහාර එල්ල කරන ප්‍රබල සූර්ය කිරණ. මේ ඔක්සිජන් (O_2) වලින් යම් ප්‍රමාණයක් ඕසෝන් (O_3) බවට හැරවීම සිදු කරයි. මෙම ඕසෝන් එක් රැස්වී පෘථිවිය වටා වායුගෝලයෙහි බිහිකළ ආරක්ෂිත ඕසෝන් ස්තරය පරිණාමයට සහ සාගර ජලයේ සිට භූමියට

ජීවය සංක්‍රමණය වීමටද සැලැස්වීය. වායුගෝලය තුළ ඔක්සිජන් ඇතිවීම, ස්වායු ශ්වසන ක්‍රියාවලිය සංවර්ධනය උත්තේජනය කිරීමටද සමත් විය. පැසවීම වැනි නිර්වායු ක්‍රියාවලියන්ට වඩා ශ්වසනය බොහෝ කාර්යක්ෂමවීම හේතුකොට නිර්වායුකයන් තුරන් කරන තරමටම පුදුමාකාර වේගයකින් ස්වායුකයන් පැතිරෙන්නට විය. වර්තමානයේදී 21%ක් ඔක්සිජන් පවතින වායුගෝලය තුළ හොඳින්ම වැජඹෙන ශාක සහ සත්ව ප්‍රජාව තුළ ප්‍රමුඛව පවතින්නේ ස්වායුකයන්ය. මෙම තොරතුරු සනාථ කරනුයේ පුරාතන ක්ෂුද්‍රජීවීන් විසින් සිදුකරන ලද මහගු කාර්යභාරයයි. එසේ නොවන්නට අද අප දකින බොහෝ ජීවී වර්ග මෙහි නොතිබෙන්නට පවා ඉඩ තිබිණි. වායුගෝලීය ව්‍යාප්තිය විමසන විට ක්ෂුද්‍රජීවීහු සාර්වත්‍රවර්තීය හෙවත් එකවිට සෑම තැනම පැතිර පැවතීමට සමත්ය. ආන්තික පරිසර තත්ව යටතේ පෘථිවිග්‍රහයාගේ සෑම අස්සක් මුල්ලක් නෑරම ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් පැතිරී පවතී. උණුදිය ජලාශ, අති ලවණමය ප්‍රදේශ, හිම මිදෙන පරිසර මෙන්ම කාන්තාර ප්‍රදේශයන්හීද ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් වෙසෙති. ඔවුන් දක්වන මෙම සාර්ව නිපුණත්ව හැකියා සහ අන්තඃ සහජීවකතාව ඇතුළු ඉතා සමීප සම්බන්ධතා අනෙකුත් ජීවී වර්ග සමග සන්සන්දනය කරන විට, ඒවා සතු පෞරාණික පුරෝගාමීත්වය මනාව පෙන්නුම් කරයි. වසර බිලියන 2.2ක් පමණ කාලයක් පුරා ආදී පෘථිවියෙහි එකම පදිංචිකරුවෝ මෙම ක්ෂුද්‍රජීවීහුමය. ඔවුහු තමන් ජීවත්වූ දීර්ඝ කාලය තුළදී, පෘථිවිය මත ලබාගත හැකි සියළු සජීවී සම්පත් උපයෝගී කර ගන්නා යාන්ත්‍රණ සංවර්ධනය කර ගන්නට ඇත. මෙම සුවිශාල ක්ෂුද්‍රජීවීන් සතු විවිධත්වය මිල කළ නොහැකි ජාන ප්ලාස්මය ස්වාභාවික ජෛව නිධානයකි. එය මිනිසාට අධ්‍යනය කිරීමට, සිය සියළු අවශ්‍යතා සහ ඕනෑඑපාකම් සඳහා සොයා බලා උපයෝගී කර ගැනීමට පවතින්නකි. ක්ෂුද්‍රජීවීන් සමග එකට එක්වී සිය වාසභූමි තුළ පරිණාමය වූ බැවින් අන්තඃ සහජීවීන් ඇතුළු අනෙකුත් සියළු ජීවීන් (ශාක, සතුන් හා මිනිසා) සමග ඉතා සමීප වූ සම්බන්ධතාවක් ක්ෂුද්‍රජීවීන් පවත්වාගෙන යාම පුදුමයට කරුණක් නොවේ' මිනිස් සිරුරේ පටකවල ඇති සියළු සෛල සංඛ්‍යාව ඉක්මවා යන තරම් ක්ෂුද්‍රජීවීන් ප්‍රමාණයක් සිරුර තුළ වෙසෙන බව දැන ගැනීම බියට පත්විය යුතු කරුණක් නම් නොවේ.



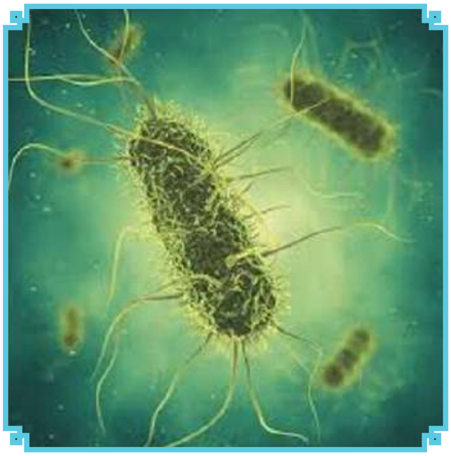
ක්ෂුද්‍රජීවීන් සහ පෘථිවිය මත පවතින අනෙක් සියළුම ජීවීන් අතර පුළුල්ව පැතිරෙන සහජීවී සම්බන්ධතාවය "සහජීවී පරිණාමය" ලෙස හැඳින්වෙන නව න්‍යායක් මතුවීමටද හේතුකාරක වී ඇත. මෙම සංකල්පයට අනුව විකෘති ඇති වීම" ජානමය ප්‍රතිසංයෝජනය සහ ස්වභාවික වරණයට අමතරව පරිණාමය සමග නව ව්‍යුහමය මානයන් ඇතිවීමේ සුසංගමනාවක් ඇති කිරීමට සහජීවී සම්බන්ධතාද එක්වන්නට ඇතැයි සැලකෙයි. මෙම න්‍යායට අනුව බොහෝ ඉයුකැරියෝටික ජීවීහු ඇත්තවශයෙන්ම සිය සංවර්ධනය හා අනුවර්තනය සඳහාවන පොදු ඉලක්කයක් සඳහා ක්‍රියාකාරී සුසංධානය වූ ජීවීහුය. පාංශු ක්ෂුද්‍රජීවීහු උසස් ශාකවල මූල පද්ධතියෙහි තනි තනිව සම්බන්ධව පවතින්නේ කලාතුරකින් බවත් ඒතැන්වල සුසංධානය වූ බහු ක්‍රියාකාරී ක්ෂුද්‍රජීවීහු ලෙස ඔවුන් පවතින බවත් වාර්තාකර ඇත. එවැනි බහු ක්‍රියාකාරී ක්ෂුද්‍රජීවී ප්‍රජාවන් හැඳින්වෙන්නේ "රයිසොපියර් මයික්‍රෝබයෝමන්" (*Rhisopheve microvbioms*) හෙවත් මූලධර ක්ෂුද්‍රජීවී සමූහ ලෙසය. නව්‍ය ජෛව පොහොර සෑදීම සඳහා වන පර්යේෂණවලදී අවධානය යොමුව ඇත්තේ බහුක්ෂුද්‍රජීවී ආක්‍රමණිකයන් සංවර්ධනයට හා ඒවායින් එහි කාර්යක්ෂම මූලධර ක්ෂුද්‍රජීවී සමූහ හෙවත් රයිසොස්පියර් මයික්‍රොබයෝම ස්ථාපිත කිරීමටය.

ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ ප්‍රයෝජන

කාබනික ද්‍රව්‍ය වියෝජනය කිරීමේ

ප්‍රාථමික කාරකයන් වන්නේ ක්ෂුද්‍රජීවීන්ය. එය පෘථිවිය මත ජීවය පවත්වාගැනීමට ඉඩ හසල සලසන අනන්‍ය වූ ක්‍රියාවලියකි. වසර දහස් ගණනකට පෙර අතීතයේ සිට, බොහෝ විට ඒවා කවරේදැයි දැන හඳුනාගැනීමටත් පෙර සිටම, මධ්‍යසාර අඩංගු පාන (මත්පැන්) පැසවීම සඳහා මෙන්ම බේකරි නිෂ්පාදන සඳහාද සම්ප්‍රදායිකව භාවිත කරනු ලැබ ඇත. ක්ෂුද්‍රජීවීන් සොයා ගැනීමෙන් පසුව, ප්‍රභාසංස්ලේෂණය, ශ්වසනය, පරිවෘත්තිය, ප්‍රජනනය සහ ප්‍රවේණිය ආදී ජීවයේ මූලික ක්‍රියාවලි පහදා ගැනීම සඳහා යොදා ගැනින. එසේ කළ හැකි වූයේ, ජානමය සහ පරිවෘත්තීමය වශයෙන් ඒකාකාර වූ ජනගහනයේ පාලිත තත්ත්වයන් යටතේ ක්ෂුද්‍රජීවීන් රෝපණය කිරීමට ලද හැකියාව හේතුවෙනි. ජෛවතාක්ෂණයේදී සහ ජාන ඉංජිනේරු විද්‍යාවද ඇතුළත්ව අණුක ජීව විද්‍යාවේදී ජාන හුවමාරුව සඳහා මෙවලමක් ලෙස ක්ෂුද්‍රජීවීන් භාවිත කරනු ලබයි. වර්තමානයේදී මෙම ජීවීන් තෝරා ගෙන, සමහරවිට ජානමය විකරණයට ලක්කර ඖෂධ සහ පෝෂණීය ද්‍රව්‍ය නිපදවන කර්මාන්තයන්හීදී මෙන්ම, කිරි නිෂ්පාදනයේදී, ජෛව පොහොර සහ ජෛව පළිබෝධනාශක සකස් කිරීමේදී, ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනයේදී සහ අපවහන පද්ධතියන්ට ප්‍රතිකාර කරන පරිසර හිතකාමී කාරක, තෙල් ඉහිරුම් පවිත්‍ර කිරීමට, අගනා ලෝහ නිස්සාරණයට සහ ක්ෂුද්‍රජීවීමය ඉන්ධන කෝෂ සංවර්ධනයේදී පුළුල් ලෙස උපයෝගී කර ගනු ලබයි. ශ්‍රී ලංකාව වැනි සංවර්ධනය වෙමින් පවතින රටවල විශේෂයෙන්ම පරිසර හිතකාමී සහ තිරසර ක්‍රියාකාරකම් සඳහා පෙර සඳහන් කළ ව්‍යායාමයන් සැළකියයුතු මට්ටමින් ව්‍යාප්තව ක්‍රියාත්මක කළ හැකිය.

මෙහි අහිතකර නැතිනම් සෘණාත්මක පැත්තක්ද පවතියි. ජානමය ලෙස විකරණය කිරීමෙන් සංවර්ධනය කළ ක්ෂුද්‍රජීවීන්" ශාක සහ මිනිසා ඇතුළු සතුන්ට වඩා ප්‍රචණ්ඩකාරී ව්‍යාධිජනකයන් බිහිවීමට අවස්ථාව ඇත. අද අප අත් දකින මහා වියසනය ඇතිකළ කොරෝනා වයිරසය මේ සඳහා හොඳම උදාහරණය විය හැක. එසේ වුවත් අපේක්ෂා සහගතව මෙම වයිරසය බිහිකළ බව සනාථ කළ හැකි අවිවාදාත්මක සාක්ෂි මෙතෙක් ඉදිරිපත්ව නැත. එහෙයින් ජෛව ත්‍රස්තවාදය සහ ජෛව විද්‍යාත්මක යුද අවි ඇති කිරීමට පවත්නා අනතුර ගැන අප දැන සිටීම අත්‍යවශ්‍යය. එවැනි දුෂ්ට විනාශකාරී ක්‍රියාකාරකම් හෙළිදරව් කිරීමට සහ පාලනය කිරීමට ජාත්‍යන්තර ගිවිසුම්, ප්‍රඥප්ති සහ නියෝජිත ආයතනද පිහිටුවා ඇත.



පෙර සඳහන් කළ තොරතුරු විමසන විට "ක්ෂුද්‍රජීවී ලෝකය" පුළුල් පරාසයක විවිධත්වයකින් යුතුව පෙළ ගැසී පවතින අතර එය මෙයට වසර බිලියන 3.8 ක පමණ පෙර ආරම්භ වූ මිල කළ නොහැකි ජාන තටාකයක්ද සහිතය. මෙම ජාන ප්ලාස්මය, පරිණාමය, ස්වභාවික වරණය සහ අනුවර්තනය වී ඇත්තේ පෘථිවිය ලක්ව ඇති සියලු වෙනස්කම් සමග සුසංගත වීමෙනි. මෙම පරිණාමීය ක්‍රියාවලි නිරන්තරව සිදුවෙමින් පවතින අතර ඉතා සමීපයට පැමිණ ඇති දෙශගුණ විපර්යාස හමුවේ මේ මිහිතලය මත ජීවත්වන ඉතාමත්ම හොඳින් හැඩගැසුණු ජීවීන් බවට ක්ෂුද්‍රජීවීන් පත්වීමට බොහෝ ඉඩ තිබේ. මෙම චිත්තාකර්ෂණීය ජෛව සම්පත පිළිබඳව තවත් හෙළිදරව් කරගැනීමට බොහෝ දේ පවතින අතර අනාගතයේදී උපයෝගී කරගැනීම උදෙසා මෙම අමිල ජාන සංචිතය ආරක්ෂා කරගැනීම අපගේ මූලික වගකීමකි. එසේම අපගේ ඒකදේශීය ක්ෂුද්‍රශාක ආරක්ෂා කිරීමද ඉතා වැදගත් වන්නේ තවදුරටත් ගවේෂණය කර ප්‍රයෝජනයට ගත හැකි ලක්ෂණ සංඛ්‍යාත ජීවීන් සිටින නිසාය. මෑතකදී ශ්‍රී ලංකාවේ පස් තුළින් සොයාගත් බැක්ටීරියා යොදාගෙන විදේශීයව නිෂ්පාදනය කළ "ලන්කමයිසින්" සහ "ලන්කාඇසිටින්" වැනි ඖෂධ නිෂ්පාදන දෙකක් සඳහා ජාත්‍යන්තර හිමිකම් බලපත්‍ර ලබාගෙන ඇත. එය ජාන මංකොල්ලයකි. අපගේ ඒකදේශික ක්ෂුද්‍රජීවීන් යොදාගෙන සිදුකරන මෙවැනි සූරාකෑම් පිළිබඳව අප අවධානයෙන් සිටිය යුතු අතර එවැනි සොරකම් සිදුවීම වැළැක්වීමට නීතිය ශක්තිමත් කර තදින් ක්‍රියාත්මක කළ යුතුව පවතියි. ක්ෂුද්‍රජීවී ජෛව විවිධත්වය සුරක්ෂිත කිරීමට ගත හැකි ඉතාම ප්‍රායෝගික පියවර වනුයේ ඒවායේ ස්වභාවික වාසභූමි සහ පරිසර පද්ධතීන් සංරක්ෂණය කිරීමය.

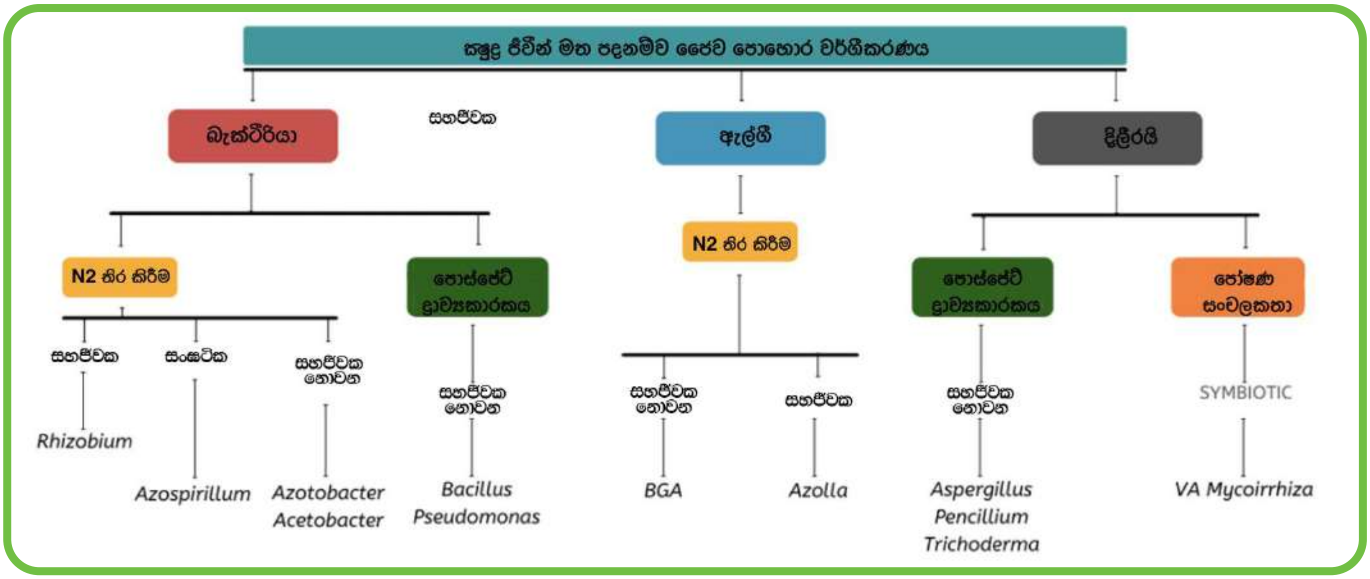
මහාචාර්ය එස්. ඒ. කුලසූරිය
විද්‍යා නිධි මහාචාර්ය
සම්මානිත මහාචාර්ය
ක්ෂුද්‍රජීව විද්‍යාව පිළිබඳ හිටපු මහාචාර්ය
විද්‍යා පීඨය,
පේරාදෙණිය විශ්වවිද්‍යාලය

අනාගත ජෛව පොහොර අවශ්‍යතා සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවීන්

ආචාර්ය චතුරංග බමුණුආරච්චිගේ, එච්. කේ. එස්. ද සොයිසා සහ ආචාර්ය ජී. එන්. යාපා

ජෛව පොහොර යනුවෙන් හඳුන්වනු ලබන්නේ ශාක වර්ධනය සඳහා අවශ්‍ය පෝෂ්‍ය පදාර්ථ සපයා ගැනිමට උපකාරි වන බැක්ටීරියා, දිලීර සහ නිල් කොළ ඇල්ගීවලින් සමන්විත ක්ෂුද්‍රජීවීන් ය (01 රූපය). ජෛව පොහොර ඉතා දිගු කාලයක් තිස්සේ භාවිත කරමින් සිටියත්, විවිධාකාර අභියෝග රාශියක් හේතුවෙන් රසායනික පොහොර වෙනුවට ආදේශකයක් ලෙස සාර්ථක බවක් දක්වා ඇත්තේ ඉතා අල්ප වශයෙනි. එය කෙසේවෙතත්, දිනෙන් දින වර්ධනයවන පරිසර දූෂණය, පරිසර හිතකාමී ජීවීන් කෙරෙහිවන සෘණාත්මක බලපෑම්, මානව සහ සත්වයින්ගේ සෞඛ්‍යය කෙරෙහි සිදුවන අහිතකර තත්වයන් සමඟ, රසායනික පොහොර භාවිතය අවම කළ හැකි, වඩාත් වැඩි දියුණු කළ සහ ඉතා කාර්යක්ෂම ජෛව පොහොර නිෂ්පාදනය කිරීමේ අවශ්‍යතාවයක් මතුව පවතියි. එබැවින්, ඉදිරි පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර භාවිතයත් එයට අදාළ වන අභියෝග කිහිපයක් පහත සඳහන් ආකාරයට ලැයිස්තු ගත කළ හැකිය.

01. ශාක වර්ධනය කරන රයිසෝබැක්ටීරියා (PGRR) සහ ශාක වර්ධනය කරන දිලීර (PGRR) වැනි ක්ෂුද්‍රජීවීන් වැඩි දියුණු කිරිම.
02. බහුවිධ ප්‍රතිලාභ සපයාගැනීම සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවි සමූහයන් (Consortia) භාවිත කිරීම.
03. ප්‍රවාහනය සහ ගබඩා කිරීමේ දී ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ ස්ථායිතාවය වැඩි දියුණු කිරිම.
04. උපරිම ජීවී බවක් පවත්වාගෙන යාම.
05. වැඩි දියුණු කළ කාර්යක්ෂමතාව සඳහා ස්ථාවර වටපිටාවක් සැපයීම.
06. ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගීවැනි දුර්ලභ ජීවීන් භාවිතා කිරිම සහ ක්ෂේත්‍රවල තත්වයන්ට සහ ඒවායේ භූගෝලීය පිහිටීම්වලට ගැලපෙන පරිදි සකස් කළ ජෛව පොහොර භාවිතය වර්ධනය කිරීම.



රූපය 1: ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් මත පදනම් වූ ජෛව පොහොර වර්ගීකරණය

07. ජෛව පොහොරවල අනෙකුත් ලක්ෂණ හඳුනාගැනීම හා ඒවා ජෛව ප්‍රතිකර්ම, ශාක කායික විද්‍යාව දියුණු කිරීම සහ පළිබෝධනාශක ඛණ්ඩනය කිරීම සඳහා භාවිතය ප්‍රචලිත කිරීම.

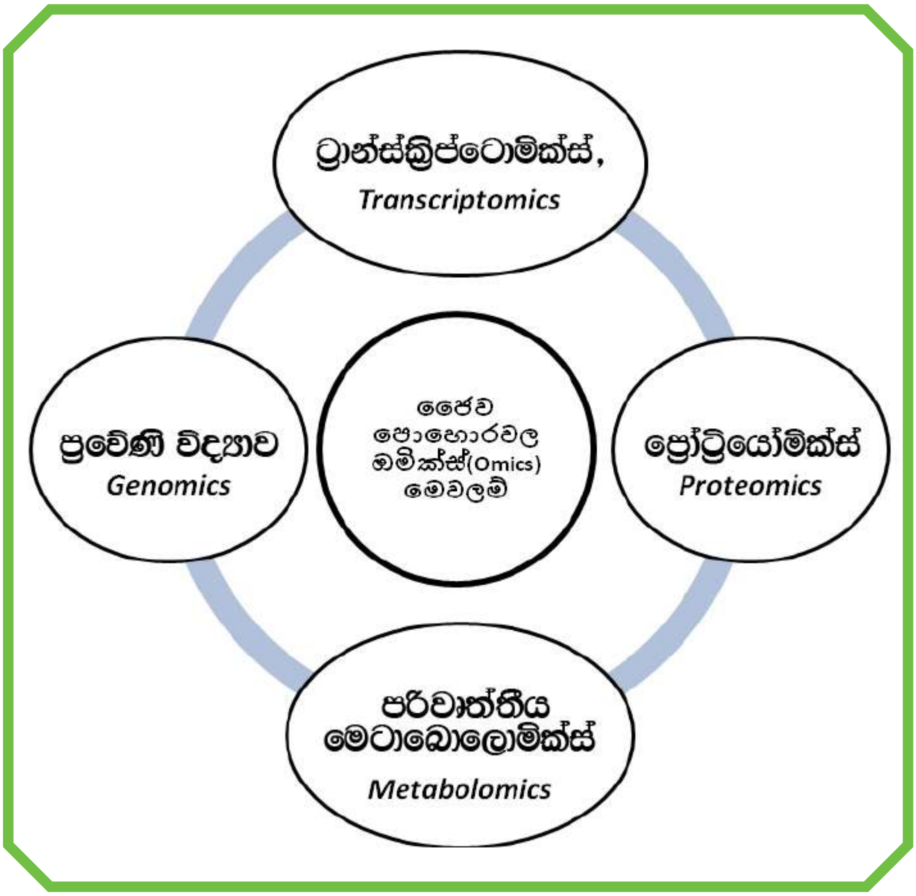
අණුක ජීව විද්‍යාවේ තාක්‍ෂණයන් හි ශීඝ්‍ර ප්‍රගතියත් සමඟ, මෙටාජෙනොමික්ස්, මෙටාට්‍රාන්ස්ක්‍රිප්ටොමික්ස්, මෙටාප්‍රෝටියෝමික්ස් සහ

කාර්යක්ෂම ජෛව පොහොර නිපදවීමේ දී ඔමික්ස් (Omics) මෙවලම් භාවිතය

ක්ෂුද්‍ර ඇරේ (Micro – array) සහ අනෙකුත් චිප් මත පදනම් වූ ප්‍රවේශයන් ඇතුළත් නැගී එන ඔමික්ස් තාක්‍ෂණයන් මගින් සාම්ප්‍රදායික ජෛව පොහොර, රසායනික පොහොර සඳහා නිරවද්‍ය, කාර්යක්ෂම සහ විශ්වාසදායක විකල්පයක් බවට පරිවර්තනය කිරීමේ

පොහොර නිෂ්පාදනයේ පහත සඳහන් අදියර කිහිපයකදී ඔමික්ස් මෙවලම්වලට කාර්යභාරයක් ඉටු කළ හැකිය.

01. ශාක ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනාගැනීම සහ තෝරාගැනීම.
02. අදාළ ජෛව රසායනික මාවත් පිළිබඳ විමර්ශනය.
03. වඩා කාර්යක්ෂම කාර්ය සාධනයක් සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවී විශේෂ වැඩි දියුණු කිරීම.
04. වඩා හොඳ ප්‍රතිචාරයක් වෙනුවෙන් ශාක වල ජාන ඉංජිනේරු විද්‍යාව දියුණු කිරීම.



රූපය 2: ජෛව පොහොර සඳහා විවිධ වර්ගයේ ඔමික්ස් ප්‍රවේශ

ජෛව පොහොර සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවී විශේෂ හඳුනාැනීම සහ තෝරාගැනීම

පූර්ණ ගෙනොම් අනුක්‍රමණය සහ RNA අනුක්‍රමණ අදාළ ජාන හඳුනාගැනීමට සහ ජානජාල පද්ධති හඳුනාගැනීමට සහය දක්වනු අතර එයට ජාන නියාමන අංශ සහ මෙටාජෙනොමික්ස් ඉතා ඉහළ අගයකින් සමාන්තර අනුක්‍රමණ සඳහා දායක වේ. කෙසේ වෙතත් විශේෂිත ජාන මගින් සපයනු ලබන වඩා පුළුල් අවබෝධය කාර්යක්ෂම ජෛව පොහොර සඳහා සෛල හෝ ජීවී සමූහ තෝරා ගැනීමේදී වැදගත් කාර්යයක් ඉටු කරනු ලබයි. එබැවින් සමහර ප්‍රවේණික ක්‍රමෝපායන් මගින් සියලුම වගකිව යුතු ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනාගැනීමට ඉඩ ලබාදෙන අතර අනෙක් ඒවා සාර්ථක ජෛව පොහොර සඳහා හොඳම ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් තෝරා ගනී.

මෙටාබොලොමික්ස් සමගාමී භාවිතය ඇතුළත් නව ඒකාබද්ධ "ඕමික්ස්" උපාය මාර්ග මගින් මෙම අභියෝගවලට සහාය විය හැකිය. නිරන්තරයෙන් වැඩිවන Bioinformatics මෙවලම් මගින් පහසුකම් සපයන ඒකා බද්ධ ඔමික්ස් ඉදිරි පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර නිෂ්පාදනය කිරීමේ වත්මන් මෙවලම බවට පත්ව ඇත.

බලාපොරොත්තුවෙන්, කෘෂිකර්ම ක්ෂේත්‍රයේ විප්ලවීය වෙනසක් සිදුකර ඇත.

මෙම තාක්‍ෂණය මගින් මිශ්‍ර සහ වගා කළ නොහැකි බැක්ටීරියා හඳුනා ගැනීම, ප්‍රවේණි ප්‍රභේද, සංකීර්ණ ප්‍රවේශ අවබෝධ කර ගැනීම සහ අන්තර් විශේෂ අන්තර්ක්‍රියාවන් හි සංඥා ක්‍රියාවලි වැනි අභියෝග කිහිපයක් ජයගෙන ඇත. ජෛව

මෙටාජෙනොමික්ස් (Metagenomics) යනු ජෛව පොහොර කර්මාන්තය ව්‍යාප්ත කළ හැකි ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනාගැනීමේ මූලික උපාය මාර්ග යක්වන වාසස්ථානවල සිටින සියලුම විභව ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනා ගැනීමයි. ක්ෂුද්‍රජීවී දර්ශ සංවර්ධනය ආරම්භ වන්නේ තනි ක්ෂුද්‍රජීවීන් හෝ සමූහ (සම වගා කරන ලද හෝ සම ආරෝපණය කරන ලද ක්ෂුද්‍රජීවී සමූහ) ග්‍රහණය හා හඳුනාගැනීමෙනි. කෙසේ වෙතත් වාණිජමය වශයෙන් ශාක

ජෛව පොහොර වල සාර්ථකත්වයක් රදා පවතින්නේ ඒවායේ තිබෙන ලක්ෂණ මතය. මෙම ලක්ෂණ මට්ටම් පහකට කාණ්ඩ ගත කළ හැකිය.

01. ග්‍රහණය සහ ශෝධනය කිරීම
02. නිෂ්පාදනය
03. පිහිටුවීම
04. කාර්යය
05. නිෂ්පාදන බලපෑම්

ක්‍රියාකාරි ලක්ෂණ වැදගත් වුවද, වඩාත් පරිසර හිතකාමී ක්ෂුද්‍රජීවීන් ස්ථාපිත කරගැනිම කාර්යක්ෂම ජෛව පොහොර නිෂ්පාදනය සඳහා එකසේ වැදගත් වේ. මෙතැන් සිට නියමාකාර ක්ෂුද්‍රජීවි දර්ශ, ක්‍රියාකාරි සහ පරිසරික යන ද්විත්ව ලක්ෂණවලින් සමන්විත විය යුතුය. සාම්ප්‍රාදායික රාමුව මත පදනම් වූ ග්‍රාහක ක්‍රම මගින් ස්ථාපිත හා නොනැසි පවත්නා හොඳ දර්ශ තෝරා නොගැනිමට ඉඩ තිබේ. වැඩි දුරටත් සලකා බැලිමේදී වගාකළ නොහැකි දර්ශ තුළ ජෛව පොහොර ලෙස පරිසරය තුළ සුවිශේෂි වීමට අවශ්‍ය පරිසරික ලක්ෂණ වලින් සමන්විත විය හැක. ක්ෂුද්‍රජීවීන් අධ්‍යයනයේ දී මෙටාජෙනොමික් මෙවලම්වලට හජ්ම අනුපිළිවෙල මත පදනම් වූ මෙටාජෙනොමික්ස් (sequence-based metagenomics) හා ක්‍රියාකාරි මෙටාජෙනොමික්ස් (functional metagenomics) ඇතුළත් ය.

ක්‍රියාකරි ප්‍රවේණි විද්‍යාවේ ප්‍රතිඵලයන් ක්ෂුද්‍රජීවී දර්ශ තේරීමට, ඒවා වැඩි දියුණු කිරීමට සහ ක්ෂුද්‍රජීවීන්ට ශාක ප්‍රතිචාරය වැඩි දියුණු කිරීමට දායක වන අතර අනුපිළිවෙල මත පදනම් වූ මෙටාජෙනොමික්ස් (sequence-based metagenomics) ශාක මූල ගෝලයේ සියලු ක්ෂුද්‍රජීවීන් ග්‍රහණය කර ගැනීමට උපකාරි වේ. මෙම ප්‍රවේශයන්ගේ සංයෝජන මගින් ක්‍රියාකාරීව වැදගත් මෙන්ම පරිසර වශයෙන් ස්ථායි වන ඉදිරි පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනා ගත හැක.

ජෛව පොහොර සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවී දර්ශ ග්‍රහණය කර ගැනීමේ දී හජ්ම අනුපිළිවෙල මත පදනම් වූ මෙටාජෙනොමික්ස් (sequence-based metagenomics) භාවිතය ඉදිරි පරම්පරාවේ ජෛව පොහොරවල හජ්ම අනුපිළිවෙල මත පදනම් වූ මෙටාජෙනොමික්ස් (sequence-based metagenomics) ප්‍රවේශයේ මූලික නිෂ්පාදනය වන්නේ මූල ගෝල සාම්පලවල තිබෙන ක්ෂුද්‍රජීවී කාණ්ඩ (taxa) විශේෂය හෝ වර්ගය යන මට්ටම තෙක් හඳුනා ගැනීමයි. හජ්ම අනුපිළිවෙල මත පදනම් වූ මෙටාජෙනොමික්ස් (sequence-based metagenomics) යටතේ බොහෝ සමාන්තර ශිල්පීය ක්‍රම දියුණු වී ඇති අතර ඒවා ඉලක්ක ගත ජාන අනුක්‍රමණය හෝ WGS ලෙස වර්ගීකරණය කළ හැක. සංරක්ෂිත අනුපිළිවෙල නිසා බැක්ටීරියා සඳහා ප්‍රමුඛතම ඉලක්කගත හජ්ම අනුපිළිවෙල මත පදනම් වූ මෙටාජෙනොමික්ස් (sequence-based metagenomics) මෙවලම 16SrDNA වන අතර, දිලීර සඳහා මෙවලම වන්නේ අභ්‍යන්තර පිටපත් කරන ලද ස්පේසර් (ITS) අනුපිළිවෙල යි.

මෙටාජෙනොමික් විශ්ලේෂණයකින් පසු කණ්ඩ (taxa) වලට යෙදීම ජෛව තොරතුරු මෘදුකාංගයක් සහ විමර්ශන දත්ත පදනම් කරගෙන සිදුකෙරේ. උදාහරණයක් ලෙස MiSeq ක්‍රමය භාවිතා කරමින් පාංශු ක්ෂුද්‍ර ජීවි ග්‍රහණය සහ එන්සයිම ක්‍රියාකාරකම් පිළිබඳව කරන ලද මෙටාජෙනොමික් අධ්‍යයනයක් සහ බැක්ටීරියා සඳහා Greengene දත්ත සමුදාය සහ දිලීර සඳහා UNITE මත පදනම්ව විශේෂ මට්ටමින් ඛාණ්ඩ (taxa) පැවරීම, Qiime සමඟ මූලික දත්ත විශ්ලේෂණය සඳහා MiSeq Reporter භාවිත කරන ලදි.

අනෙකුත් වාසස්ථාන වලින් ක්ෂුද්‍රජීවීන් තෝරා ගැනීම

ආන්තික ස්ථානවලින් (extreme nitches) ග්‍රහණය කරගන්නා ක්ෂුද්‍රජීවී සමූහයන් ඉදිර පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර බවට වර්ධනය කළ හැකි යැයි සිතීම ඉක්මන් වැඩි විය හැකි නමුත්, ඒවා ජාන ඉංජිනේරු විද්‍යාව හෝ ජාන සංස්කරණය හරහා දර්ශ වැඩි දියුණු කිරීමේ කාර්යභාරයක් ඉටු කළ හැකි බව නොසලකා හැරිය නොහැකිය. එපමණක් නොව, භූගෝලීය ප්‍රදේශ සහ උෂ්ණත්ව පරාසයන් සඳහා අභිරුචිකරණය කරන ලද ජෛව පොහොර ඉක්මනින් සැබෑවක් විය හැකිය, ඒ වගේම වගා කිරීම සඳහා සුදුසු තත්වයන් නොමැති පස යථාර්ථයක් බවට පත් විය හැකිය. මෙම තත්වයන් යටතේ, පස දියුණු කිරීම ක්ෂුද්‍රජීවීන් (inoculants) යෙදවීමේ පළමු පියවර බවට පත්විය හැකිය. එවැනි ක්ෂුද්‍රජීවීන් දූෂිත පසෙහි, ජෛව පොහොරවලට වඩා ජෛව ප්‍රතිකර්ම (bioremediation) සඳහා සහය දක්වන දර්ශ ලෙස ද භාවිතා කළ හැකිය. නිදසුනක් වශයෙන්, තෙල් මගින් දූෂිත පසෙහි සිදු කරන ලද මූලගෝල මෙටජෙනොමික් අධ්‍යයනයකින් හයිඩ්‍රොකාබන් ඛණ්ඩනය කරන ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ සැලකිය යුතු පැවැත්මක් අනාවරණය වී ඇත.

ජෛව පොහොර සඳහා මූලාශ්‍රයක් ලෙස අන්තකාමී (Extremophiles) භාවිතය

ඉතා ඉහළ උෂ්ණත්වකාමී (extreme high temperature loving), ඉහළ උෂ්ණත්වකාමී (high temperature loving), අඩු උෂ්ණත්වකාමී (cold loving), සහ ලවණකාමී (salinity loving), ක්ෂුද්‍රජීවීන් අන්තකාමී (extremophilic), ලෙස සැලකේ. සාම්ප්‍රදායිකව, මෙම ජීවීන් පිළිබඳ පර්යේෂණ ක්ෂුද්‍රජීවීන් වගාකිරීම මත පදනම් වූ ශිල්පීය ක්‍රම මත රඳා පවති. කෙසේ වෙතත් මෙටජෙනොමික්ස් හඳුන්වාදීමත් සමඟ මෙම පර්යේෂණ ක්ෂේත්‍රයේ දැවැන්ත පාරාසයක ව්‍යාප්තියක් දක්නට ලැබේ. හිමාලයේ බටහිර පිහිටි කාන්තාර ආශ්‍රිත පිළිබඳ අධ්‍යයනයකින් ශීතල තත්වයන් යටතේ, ශාක වර්ධනය ප්‍රවර්ධනය කිරීමේ (PGP) හැකියාව ඇති සීතලට කැමත්තක් දක්වන බොහෝ ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනාගෙන ඇත. මෙම හැකියාවන්ට මීළඟ පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර සඳහා වඩාත් සුදුසු බොහෝමයක් ගුණාංගයන් වන පොස්පේට් ද්‍රාවීයකරණය (phosphate solubilization), ACC deaminase ක්‍රියාකාරකම් IAA වැනි අණු නිෂ්පාදනය, ගිබෙරෙලින් (Gibberellins), සහ සිඩේරොෆොරස් (Siderophores), නිෂ්පාදනය ඇතුළත් වේ. ඉතා අධික ලවණතාවයක් ඇති සයිබීරියානු සෝඩා විල්වල අවසාදිතයන් පිළිබඳ කරන ලද මෙටාබොලමික්ස් පර්යේෂණයකින්, නව විශේෂ 05ක් ඇතුළුව කාණ්ඩ 45 කට අයත් ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනාගෙන ඇති අතර කලින් හඳුනාගෙන තිබූ C, N සහ S යන චක්‍රීකරණ බැක්ටීරියා කාණ්ඩවල නවක ප්‍රමුඛපෙළේ සාමාජිකයින් හඳුනා ගැනීමට ද හැකි විය. අම්ලකාමී (acid loving) සහ අම්ලයට ඔරොත්තු දෙන ක්ෂුද්‍රජීවීන් ඉදිරි පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර සඳහා ප්‍රයෝජනවත් විය හැකි තවත් ප්‍රභවයකි. විශේෂයෙන්ම කුඹුරු වැනි සමහර වගා කළ හැකි ඉඩම්වල පස දැනටමත් ආම්ලික වී ඇති විට මෙය වැදගත් වේ. දකුණු තායිලන්තයේ වගුරුබිම් වනාන්තරවලින් වෙන්කරගත් ක්ෂුද්‍රජීවීන් සමූහයන්වල IAA, ALA, Siderophores, ෆොස්ෆේට්

ද්‍රව්‍යකරණය සහ P^H අගය 5 යන පරාසයට අඩු N_2 තරකිරීම වැනි PGP ලක්ෂණ කිහිපයක් පෙන්නුම් කර ඇති අතර එය ඊළඟ පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර සඳහා මෙම කාණ්ඩයේ ඇති වැදගත්කම පෙන්නුම් කරයි.

ඉලක්කගත අනුක්‍රමික මෙටජෙනොමික්ස් මගින් ජෛව පොහොර සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවී දර්ශ කාරක භාවිතා කළ හැකි විභව ක්ෂුද්‍රජීවීන් හඳුනාගත්තද, එමගින් තහවුරු කළ හැක්කේ එයට සම්බන්ධිත කාණ්ඩ (taxa) පමණි. නිවැරදි විභවය විමර්ශනය කළ හැක්කේ WGS, transcriptomics, proteomics සහ පරිවෘත්තිය ක්‍රම (metabolomics) මගින් පමණි. මෙම සියළු ශිල්පීය ක්‍රම මගින් දර්ශ තෝරාගැනීම සඳහා තනි තනිව වටිනා තොරතුරු ලබා දිය හැකි වුවද, තාක්ෂණයන් අතර හැසිරීම (cross reference), හැකියාව සහ වඩා හොඳ පුරෝකථන හැකියාවන් හේතුවෙන් ඒකාබද්ධ ඔමික්ස් ප්‍රවේශය භාවිතා කිරිම නව රැල්ල බවට පත්ව ඇත.

ඉදිරි පරම්පරාවේ ජෛව පොහර සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවී දර්ශ තෝරාගැනීමට ට්‍රාන්ස්ක්‍රිප්ටොමික්ස් (Transciptomics), ප්‍රෝටියෝමික්ස් (Proteomics) සහ මෙටාබොලමික්ස් (Metabolomics) භාවිතය

ගෙනෝම සංයුතිය පිළිබඳ වටිනා තොරතුරු සැපයිය හැකි වුවද, ජාන පොකුරු සහ සම්බන්ධ ජානවල ක්‍රියාකාරිත්වය, පිටපත් කිරීමේ (mRNA) ප්‍රෝටියෝමික් (Protein) සහ පරිවෘත්තිය (Metabolite) මට්ටම් පිළිබඳ වැඩිදුර පර්යේෂණ, අනාවැකි තහවුරු කිරීමට පමණක් නොව ප්‍රකාශන මට්ටම්, නියාමන ජාල සහ පරිවෘතිය පැතිකඩ හඳුනාගැනීමට අවශ්‍ය වේ. එපමණක් නොව, WGS මගින් අදාළ ජාන පොකුරු හඳුනාගත හැකි වුවද සමහර ක්ෂුද්‍රජීවී දර්ශ අපේක්ෂිත PGP ලක්ෂණ (phynotypes) පෙන්නුම් කර නොමැත. නිදසුනක් වශයෙන්, ශාක ආශ්‍රිත (*Rhodopseudomonas palustris*) දර්ශ දෙකක් (PS 3 and YSC3) පිළිබඳ පර්යේෂණයකින් පෙන්වා දී ඇත්තේ ප්‍රවේණි දෙකෙහිම හඳුනාගෙන ඇති ඉතා සමාන (PGP) ජාන පොකුරු සමඟ වුවද PGP හැකියාව ඇත්තේ එක් දර්ශකයකට පමණක් බවය. ජාන පැවතීම පමණක් ජානවල ක්‍රියාකාරී භූමිකාවන් සහතික නොකරන බව මෙයින් සනාථ වේ. මීට අමතරව, ක්ෂුද්‍රජීවීන් සඳහා වන ජාන ප්‍රකාශනය බොහෝ දුරට රඳා පවතින්නේ අදාළ ශාකය සමඟ ඇති අන්තර් ක්‍රියාකාරීත්වය මත වන අතර එය මූලගෝලය (Rhizosphere) වෙත මුදා හරින රසායනික පිටකිරීම් හරහා නඩත්තු කෙරේ.

මෙටාට්‍රාන්ස්ක්‍රිප්ටොමික් (Metatranscriptomic) ප්‍රවේශයන් මෙටාජෙනොමික්ස් මගින් සපයන මූලික තොරතුරු පුළුල් කිරීමට වැදගත් වී ඇත. Metatranscriptomic ප්‍රවේණිවිද්‍යාවේ විවරණය කළ පරිසර

විද්‍යාවට වඩා ක්‍රියාකාරි පරිසර විද්‍යාව අධ්‍යයනය කරයි. නිදසුනක් වශයෙන්, පාංශු මෙටාජෙනොම්වල

මෙටාජෙනොමික් සහ Metatranscriptomic විශ්ලේෂණයක් කෙරෙහි අවධානය යොමු කරන ලද අධ්‍යයනයකින් පැහැදිලිව හඳුනාගෙන ඇත්තේ සමහර දර්ශ මෙටාජෙනොමික් විශ්ලේෂණයේ ප්‍රමුඛ වුවද, ක්‍රියාකාරිව ඒවා වැදගත් නොවූ බවයි.

මේ අනුව, Metatranscriptomic වෙනස්වන පාරිසරික සාධක සහ අනෙකුත් ජීවීන් සමග අන්තර්ක්‍රියා වලට එරෙහිව ප්‍රකාශන තාවකාලිකව වෙනස් වන ආකාරය පිළිබඳව තොරතුරු සපයයි. එබැවින් metaproteomic සහ metabolic profiling මුසුවත් සමඟ, metatranscriptomic අධ්‍යයනයන්ට ඉදිරි පරම්පරාවේ ජෛව පොහොර සඳහා භාවිතා කරන ක්ෂුද්‍රජීවී දර්ශ සහ සමෝධානය ස්ථාපිත කිරීමට සහ නොනැසි පැවතීමට උපකාරි විය හැකිය.

Metaproteomic එනම් ස්කන්ධ වර්ණාවලීක්ෂය MS (mass spectrometry) මගින් ප්‍රෝටීන විමර්ශනය මූලික වර්ග දෙකකින් විය හැකිය. බණ්ඩනය නොවන ප්‍රෝටීන් MS/MS සහ shotgun හෝ ටැන්ඩම් MS/MS ලෙස වර්ග කළ හැක. Metaproteomic හි වර්ධනයන් මගින් ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ පරිවෘත්තිය මාර්ග හඳුනාගෙන ඇති අතර ඒවා ජෛව පොහොර සඳහා මුහුන් නිපදවීම සඳහා කාර්යක්ෂම ක්ෂුද්‍රජීවී සමූහයන් තෝරා ගැනීමට ඵලදායි ලෙස භාවිතා කළ හැකිය. Metaproteomic අධ්‍යයනයක භාවිතා වන කාර්ය ප්‍රවාහය ප්‍රතිඵල කෙරෙහි සෘජු බලපෑමක් ඇති කළ හැකිය.

ජෙල් මත පදනම් වූ සහ ජෙල් රහිත ප්‍රෝටීන් බණ්ඩනය කිරීමේ ක්‍රම සංසන්දනය කළ, මුහුදු ජල Metaproteomic (පරිවෘතිය) අධ්‍යයනයකින් ප්‍රෝටීන් සංඛ්‍යාව, වර්ගීකරණ ව්‍යුහයන් සහ ප්‍රෝටීනවල ක්‍රියාකාරිත්වය භාවිතා කරන කාර්ය ප්‍රවාහයේ (work flow) වර්ගය අනුව වෙනස් වන බව පෙන්වා දී ඇත. මෙම සාක්ෂි මත පදනම්ව, වඩා හොඳ Metaproteomic විශ්ලේෂණයක් සඳහා පර්යේෂණාත්මක කාර්ය ප්‍රවාහයන් (workflows) විවිධ විය යුතු බව පෙනේ.

පරිවෘත්තිය (Metabolomics), පරිවෘත්තිය පැතිකඩ හෝ පරිවෘත්තිය ඇඟිලි සලකුණු (metabolic profiling or metabolic fingerprinting) සමග සම්බන්ධ වේ. පරිවෘත්තිය (Metabolomics) ක්‍රියාවලියේ දී න්‍යෂ්ටික චුම්භක අනුනාදනය NMR (Nuclear Magnetic Resonance) පියාසැරි කාලය වර්ණාවලීක්ෂය (ToF-MS), ෆූරියර්-පරිවර්තන අධෝරක්ත වර්ණාවලීක්ෂය (FT-IR), GC MS, HPLC සහ (UPLC) ඇතුළු බොහෝ ශිල්පීය ක්‍රම භාවිතා කළ හැකි වේ. පරිවෘත්තිය පැතිකඩ (Metabolomics profile) හඳුනා ගැනීමේ දී වර්ධන සාධක, හෝමෝන, ප්‍රතිජීවක සහ සිඩෙරොෆෝර් වැනි විවිධ PGP ක්‍රියාකාරි අණු හඳුනා ගැනීමට ඉඩ සලසයි. මෙම පරිවෘත්තිය (Metabolomics) හඳුනාගැනීම, ජෛව යෙදවුම් (bioinoculants) සමග සකස් කිරීමේදී පරිවෘත්තිය (Metabolites) භාවිතා කිරීමේ නව ප්‍රවණතාව, ප්‍රවාහනය හා ගබඩා කිරීමේ දී නොනැසි පැවතිය හැකි, ඉදිරි පරම්පරාවෙ කාර්යක්ෂම ජෛව පොහොර ඉහළ නංවාලීම ආරම්භ කිරීමට උපකාරි වී ඇත.

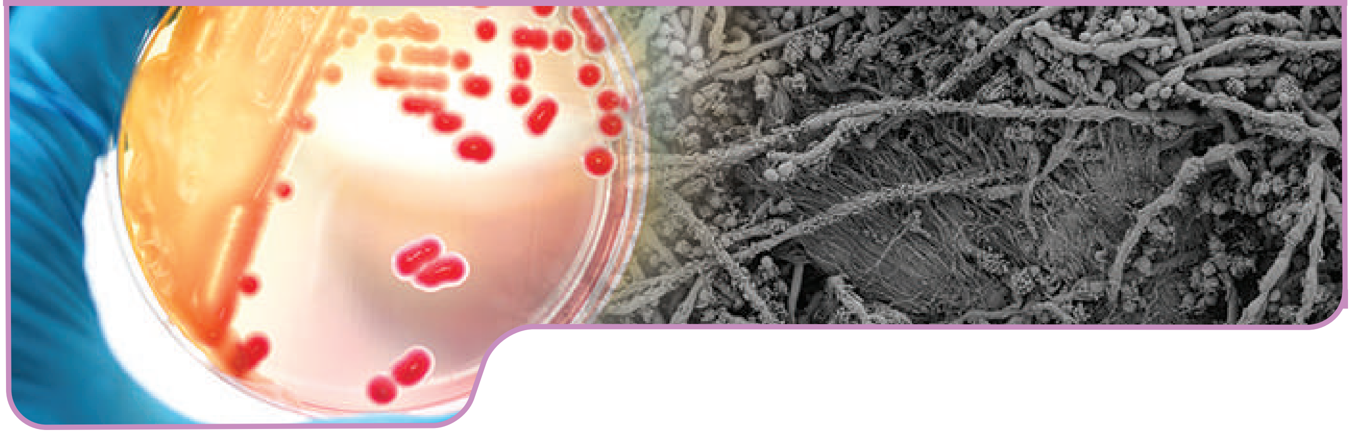
ආචාර්ය චතුරංග බමුණුආරච්චිගේ
අංශ ප්‍රධානි , ජෛව සැකසුම් තාක්ෂණ දෙපාර්තමේන්තුව
තාක්ෂණ පීඨය
රජරට විශ්වවිද්‍යාලය

එච්. කේ. එස්. ද සොයිසා
ජෛව සැකසුම් තාක්ෂණ දෙපාර්තමේන්තුව
තාක්ෂණ පීඨය
රජරට විශ්වවිද්‍යාලය

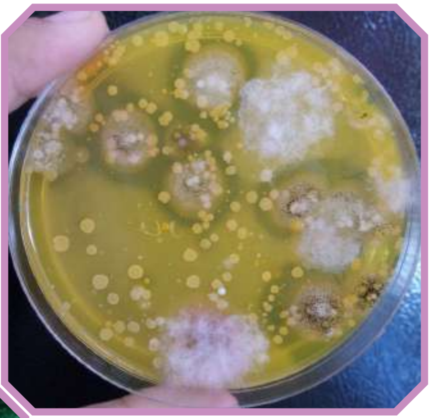
ආචාර්ය ජී. එන්. යාපා
ජීව විද්‍යා දෙපාර්තමේන්තුව
ව්‍යවහාරික විද්‍යා පීඨය
රජරට විශ්වවිද්‍යාලය

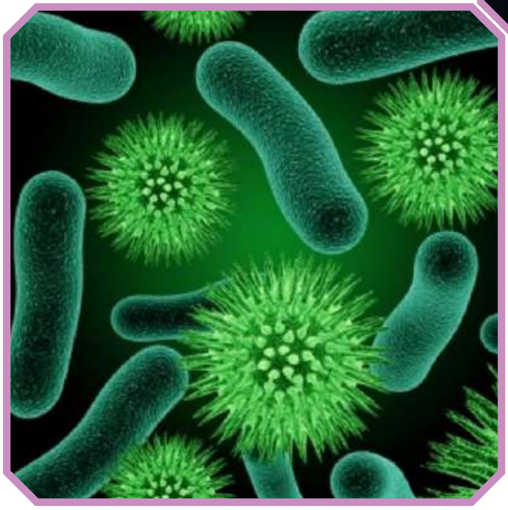
වී වගාවේ ට්‍රිපල් සුපර් පොස්පේට් යෙදීම අවම කිරීම සඳහා පොස්පරස් ද්‍රාව්‍යකරණ ක්ෂුද්‍රජීවීන්

ආචාර්ය ඩී. එම්. එස්. එච්. දිසානායක සහ ජේ. පී. එච්. යු. ජයනෙත්ති



පොස්පරස් (P) වූ කලී බෝගයේ ප්‍රශස්ත වර්ධනය සහ ඵලදාව ලබා ගැනීමට දායක වන අධි මාත්‍ර පෝෂක වලින් එකකි. පස් වර්ග බොහොමයක P සංචිත සැලකිය යුතු ප්‍රමාණයක් තිබුණද පසෙහි අන්තර්ගත P වලින් වැඩි කොටසක් අද්‍රාව්‍ය තත්වයේ පවතින අතර ශාකවලට ප්‍රයෝජ්‍ය වනුයේ (ලබා ගත හැකි වනුයේ) එයින් 10% කටත් වඩා අඩු ප්‍රමාණයක් පමණි. රතු දුඹුරු පසෙහි (RBE) අඩංගු ප්‍රයෝජ්‍ය P සාන්ද්‍රණය සාමාන්‍යයෙන් පහළ අගයක් ගනී. ශ්‍රී ලංකාවේ ප්‍රධාන කෘෂි නිෂ්පාදනය සිදුවන වියලි කලාපයේ ඇති ප්‍රධාන පස් කාණ්ඩය රතු දුඹුරු පසයි. රතු දුඹුරු පස් කිලෝග්‍රෑම් එකක ඇති ප්‍රයෝජ්‍ය P ප්‍රමාණය මිලිග්‍රෑම් 1 සිට 87 දක්වා විචල්‍ය වන බව මුලික අධ්‍යයන මගින් හෙළිකර තිබේ. පස් වල ඇති P වලින් වැඩි ප්‍රමාණයක් තිර කල තත්වයේ පැවතීම හේතු කොට ගෙන ශ්‍රී ලංකාවේ පස් වැඩි කොටසක් P ඌණතාවක් දක්වයි. එම නිසා අවශ්‍ය කරන නිෂ්පාදනතාව ලබා ගැනීම සඳහා ගොවීන් පොහොර අධික ප්‍රමාණයක් බෝගයට යොදනු ලැබේ.





කෘත්‍රිම පොස්පේට් පොහොරක් වශයෙන් සුපර් පොස්පේට් (TSP) ශ්‍රී ලංකාවේ පුළුල් වශයෙන් භාවිතා කරනු ලැබේ (රූපය 01). එය නිෂ්පාදනය කරනුයේ සියුම් ලෙස අඹරා ගත් පොස්පේට් පාෂාණය සාන්ද්‍ර පොස්පොරික් අම්ලය (Phosphoric Acid) සමග ප්‍රතික්‍රියා කිරීමෙනි. TSP වල සක්‍රීය සංඝටකය මොනොකැල්සියම් පොස්පේට් වන අතර එය සුපර් පොස්පේට් හා සමාන වේ. එහි P අන්තර්ගතය ඉහළ අගයක් දරන අතර ඉන් 90% කටත් වඩා වැඩි ප්‍රමාණයක් ජල ද්‍රාව්‍යයි. එම නිසා ශාක වලට TSP ඉක්මනින් අවශෝෂණය කරගත හැකිය. ජල ද්‍රාව්‍යතාව ඉහළ අගයක් දරන නිසා ඒක වාර්ෂික හා බහු වාර්ෂික ශාක ඇතුලත් බෝග ගණනාවක් සඳහා පොහොරක් වශයෙන් TSP භාවිතා කරනු ලැබේ. නිෂ්පාදන කාර්යාවලියේදී පොස්පේට් පාෂාණය ආම්ලීකරණ කාර්යාවලීන් ගණනාවකට පාත්‍රවේ. මේ නිසා TSP වල ස්වභාවය අනුව TSP වල අඩංගු වන අංශු මාත්‍ර මූලද්‍රව්‍ය හා ඒවායේ සාන්ද්‍රණය පුළුල් ලෙස වෙනස් වේ.

TSP පොහොර යොදන ශ්‍රී ලංකාවේ වී වගා කරන කුඹුරුවල ඇලුමිනියම්, සෝඩියම්, නිකල්, කැඩ්මියම්, ඊයම් සහ යුරේනියම් වැනි අංශු මාත්‍ර මූලද්‍රව්‍ය සැලකිය යුතු ප්‍රමාණයක් අඩංගු බව පෙන්වා දී තිබේ. TSP යොදන ලද කුඹුරු වල කිලෝග්‍රෑමයට මිලි ග්‍රෑම් 22.0 සිට 71.74 දක්වා වූ Cd ප්‍රමාණයක් ඇති බව පෙන්වා දී තිබේ. මෙය ශ්‍රී ලංකා ප්‍රමිති ආයතනයේ (SLSI) දක්වා ඇති අන්තරාදායක නැතැයි සඳහන් උපරිම අගය වූ ග්‍රෑම් එකකට මයික්‍රො ග්‍රෑම් 10 ක් වූ ($10\ mg^{-1}$) අගයට වඩා ඉහළය. තවද ශ්‍රී ලංකාවේ භාවිතා කරන අනෙක් සියලුම P පොහොර වර්ග

වලට වඩා වැඩි As සාන්ද්‍රණයක් (30 mg^{-1}) TSP වල අඩංගුය. TSP යෙදීම හේතු කොටගෙන ආහාර දාම ඔස්සේ Cd සාන්ද්‍රණය වීම වැඩි කරයි. මෙය මිනිසාගේ සෞඛ්‍යය කෙරෙහි බලපෑමට පුළුවන. මානව සෞඛ්‍යය

රූපය 1: සුපර් පොස්පේට් පොහොර

කෙරෙහි As ඇති කරවන අහිතකර බලපෑම පළමුවෙන්ම නිරීක්ෂණය කරන ලද්දේ ජපානයේ වී වගාවෙන් යැපෙන ගොවීන් අතර 1950 වන ශතකයේ මැද භාගයේදීය. As සහ වෙනත් අංශු මාත්‍ර මුලද්‍රව්‍ය මගින් බරපතල ලෙස දූෂණය වූ පස් වල වගා කරන ලද සහල් අනුභව කිරීම නිසා ඔවුනට උවදුරු ගෙන දෙන්නා වූ Cd විෂ වීම (Itai - itai disease) සිදු විය. මෙම දූෂණයට හේතු වූයේ 1960 ගණන් වලදී ජපානය තුළ සිදු වූ ශීඝ්‍ර කාර්මිකකරණයයි. මෙම රෝගය නිසා සිරුරේ අස්ථි මෙළෙක්වීම සහ වකුගඩු අකර්මන්‍යවීම සිදුවිය. ප්‍රධාන වශයෙන්ම ශ්‍රී ලංකාවේ වියලි සහ අතරමැදි කලාපවල දක්නට ලැබෙන CKDU නම් රෝගය (හේතුව හඳුනා නොගත් නිදන්ගත වකුගඩු රෝගය) උද්ගත වන්නේ මනුෂ්‍ය ශරීරයේ Cd එක්රැස් වීමෙන් යයි උපකල්පනය කරනු ලැබේ.

එප්පාවල රොක් පොස්පේට් (ERP) වූ කලි Cd පොහොරක් ලෙස භාවිතා කරන ලාභ පොස්පේට්වලින් පොහොසත් ද්‍රව්‍යයකි. මෙම ERP නිධිය ශ්‍රී ලංකා භූ විද්‍යා සමීක්ෂණ දෙපාර්තමේන්තුව විසින් 1971 දී සොයා ගන්නා ලදී (රූපය 2).

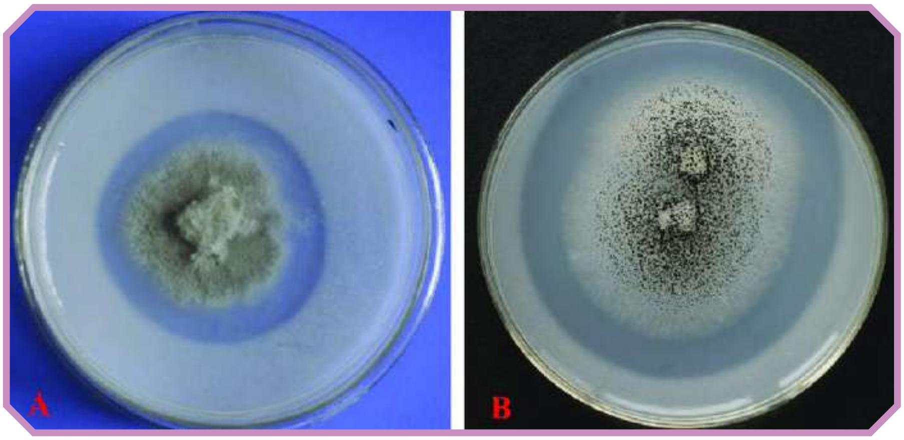
උතුරු මැද පළාතේ එප්පාවල පිහිටි මෙම නිධිය ශ්‍රී ලංකාවේ ඇති විශාලතම (දළ වශයෙන් මිලියන 40) රොක් පොස්පේට් නිධියයි. එහි 27%-40% ක් පමණ වූ P_2O_5 ප්‍රමාණයක් සහ අපද්‍රව්‍ය වශයෙන් Fe සහ Al ද ඇත්තේය. ERP වල ඇති P_2O_5 ප්‍රතිශතය මේ මාසයේ (පූරකයේ) ඇති ඇපටයිට් ස්පටිකවල ස්වභාවය සහ කැණීම් සිදුකරන තාක්ෂණික ආකාරය මත රඳා පවතී. වෙනත් පොස්පරස් පොහොර වර්ග සමග සංසන්දනය කරන විට ERP වල ද්‍රව්‍යතාව ඉතා

රූපය 2: එප්පාවල රොක් පොස්පේට් (ERP) මුළු නිධිය

අඩුය. සිට්රික් අම්ලයෙහි ERP වල ද්‍රව්‍යතාව සාමාන්‍යයෙන් 4% සිට 6% දක්වා වූ අගයක් ගනී. එම නිසා කෙටිකාලීන බෝග හෝ වී සහ එළවලු වැනි ඒක වාර්ෂික භෝග සඳහා ERP නිර්දේශ කරනු නොලැබේ. තේ, රබර් සහ පොල්වලටද ආම්ලික පසෙහි වගා කරන ඇතැම් අපනයන කෘෂිකාර්මික බෝග වලටද ERP කෙලින්ම දමනු ලැබේ. තවද ERP වල ඇතැම් අංශු මාත්‍ර මුලද්‍රව්‍ය (Cd) 92 mg^{-1} සහ 8.56 mgkg^{-1} වශයෙන්) අල්ප ප්‍රමාණ වශයෙන් අඩංගුය.

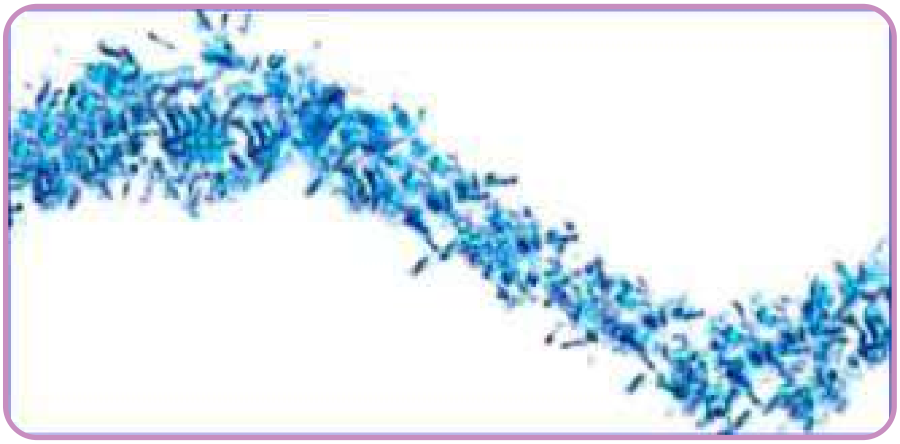
ඒක වාර්ෂික බෝග සඳහා ERP භාවිතා කිරීමට කදිම විභවයක් (ඉඩකඩක්) ඇත්තේ අංශු මාත්‍ර මුලද්‍රව්‍ය එක්රැස්වීම (සාන්ද්‍රණය වීම) හේතුවෙන් සිදුවන පරිසරික බලපෑම ඉතාමත් අල්ප බැවිනි. එහෙත් පොහොරක් ලෙස ERP යෙදීම සීමාකාරී වී ඇත්තේ එහි ද්‍රවතාව අඩු නිසාය. ERP වල ද්‍රවතාව වැඩිදියුණු කරගත හැකි නම් එය TSP වෙනුවට ආදේශ කරගත හැකි මනා විකල්පයකි. ඒ අනුව බලන විට ERP වල පොස්ෆේට ද්‍රාව්‍යකරණයේදී පොස්පරස් ද්‍රාව්‍යකරණ ක්ෂුද්‍රජීවීන් (PSMs) වැදගත් කාර්යයක් ඉටු කරයි.

PSMs වූ කලී කාබනික අම්ල බහිස්‍රාවී කිරීමෙන් P වල අකාබනික මාදිලි ද්‍රාව්‍යකරණය කිරීමේ හැකියාවක් ඇති විෂමපෝෂී ක්ෂුද්‍රජීවී කාණ්ඩයකි. ස්වභාවිකව දක්නට ඇති PSMs පළමු වරට සොයා ගන්නා ලද්දේ 1903 දීය. මෙම ක්ෂුද්‍රජීවීන් මූල පද්ධතිය වටා (මූල ගෝලය) බෙහෙවින් සාන්ද්‍රව පවතින අතර අනෙකුත් ක්ෂුද්‍රජීවීන්ට වඩා ඉහළ පරිවෘත්තික ක්‍රියාකාරීත්වයක් දක්වයි. P ද්‍රව්‍ය කරණය කිරීමේදී බැක්ටීරියා දිලීර වලට වඩා වැඩි හැකියාවක් දක්වයි. *Psendermonace* සහ *Brulli* වැනි බහිස් මූල ගෝලී මාදිලි සහ පාංශු බැක්ටීරියා කාණ්ඩ වල ප්‍රජාවල අන්තඃ සහජීවී රයිසෝබියා ඵලදායි පොස්පේට් ද්‍රව්‍ය කාරක ලෙස හඳුනා ගෙන තිබේ. *Achrothcium, Alternaria, Arthrobotrys, Aspergillus, Fusarium, Glomus, Micromonospora, Penicillium, Saccharomyces* යන ඒවා දිලීර අතුරින් ඵලදායි P ද්‍රව්‍ය කාරක ලෙස හඳුනා ගෙන තිබේ. තවද ඇක්ටිනොමයිසීස් අතුරෙන් දළ වශයෙන් 20% P ද්‍රාව්‍ය කරණය කිරීමට හැකියාව ඇත. මේවාට



රූපය 3 - පොස්පරස් ද්‍රව්‍යකරනය ගෙන දෙන ක්ෂුද්‍ර ජීවීන්

TSP වෙනුවට අංශුමාත්‍ර වූ ද්‍රව්‍ය ඉතා අල්ප වශයෙන් ඇති ERP යෙදීමේ ක්‍රියාවලිය වෙත යොමු වී ඒවා දියුණු කිරීමෙන් අධික ලෙස TSP භාවිතයෙන් සිදුවන පරිසරික බලපෑම් සහ ඒවා ආශ්‍රිත සෞඛ්‍ය උවදුරු සැලකිය යුතු අන්දමින් අවම කර ගැනීමේ හැකියාව පවති. නිදසුනක් වශයෙන් PSMs අන්තර්ගත සුදුසු ක්ෂුද්‍රජීවී පටලයක් සමග ERP යෙදිය හැකිනම් එය වී වගාවේදී TSP භාවිතය අවම කිරීමට කදිම විකල්පයක් සලසා දෙනු ඇත.



රූපය 4 - දිලීර බැක්ටීරියා ජෛව පටලයක්

Actinomycetes, Micromonospora සහ *Streptomyces* යන ගණ වලට අයත් විශේෂ ද ඇතුළත් වේ. සයනොබැක්ටීරියා ද P ද්‍රව්‍ය කාරක ලෙස වර්ග කර තිබේ. කාබනික අම්ල නිපදවීම සහ එන්සයිම ස්‍රාවය කිරීම වැනි විවිධ යාන්ත්‍රණ සහ ක්ෂුද්‍රජීවීන් බැක්ටීරියා විශේෂ මගින් PSMs විසින් P ද්‍රාව්‍යකරණය සිදු කරයි.

PSM ප්‍රජා බොහෝමයක් පසෙහි ඇත්තේ ජෛව පටල වශයෙනි.ජෛව පටලයක් සෑදී ඇත්තේ ක්ෂුද්‍රජීවී සෛල (ඇල්ගේ, දිලීර, බැක්ටීරියා සහ හෝ වෙනස් විදියේ ක්ෂුද්‍රජීවී සෛල සහ බහිශ් සෛලීය බහු ආවස්ථික ජීවියෙක්) EP ලෙස හැඳින් වන බහිශ් සෛලීය ජෛව බහු ආවස්ථික ද්‍රව්‍යයකින් වේ.

ක්ෂුද්‍රජීවී විසින් නිපදවන මෙම EPS මගින් ක්ෂුද්‍රජීවී ප්‍රජාවට ව්‍යුහයක් සහ ආරක්ෂාවක් සැලසේ (රූපය 04)

මෙම ප්‍රජා විවිධ පරිසර වල දක්නට ඇත්තේය. ජෛව පටලීකරණයද ජෛව පොහොර (BFBFs) ලෙස මෙම ජෛව පටල රසායනාගාරයේදී හඳුනා ගත හැකිය. BFBFs යෙදීමෙන් වී වගාවේදී රසායනික පොහොර යෙදීම 50% ක් පමණ වූ සැලකිය යුතු ප්‍රමාණයක ට අඩු කරගෙන තිබේ.

තවද BFBFs භාවිතා කිරීමෙන් සිදුවන අයහපත් පාරිසරික බලපෑම් තවමත් සොයාගෙන නොමැත. මේවා යථා කාලයේදී තිරසාර කෘෂිකාර්මික පද්ධතිය ස්ථාපිත කිරීමට තුඩු දෙනු ඇත. ජාතික මූලික අධ්‍යාපන ආයතනය (NIFS) විසින් ERP ද්‍රව්‍යකරනය කිරීමේ විභවයක් ඇති ජෛව පටල වට්ටෝරු හතරක් නිපදවා ඇත. මෙසේ නිපදවා ඇති ජෛව පටල යොදාගනිමින් කරන ලද මූලික අධ්‍යයන කරන බලාපොරොත්තු රැඳවිය හැකි ප්‍රතිඵල ලබා දී ඇත.

ආචාර්ය ඩී. එම්. එස්. එච්. දිසානායක
ජ්‍යෙෂ්ඨ කථිකාචාර්ය
කෘෂි ඉංජිනේරු සහ පාංශු විද්‍යා අධ්‍යනාංශය
කෘෂිකර්ම පීඨය
ශ්‍රී ලංකා රජරට විශ්වවිද්‍යාලය

ජේ. පී. එච්. යු. ජයනෙත්ති
ජ්‍යෙෂ්ඨ කථිකාචාර්ය
කෘෂි ඉංජිනේරු සහ පාංශු විද්‍යා අධ්‍යනාංශය
කෘෂිකර්ම පීඨය
ශ්‍රී ලංකා රජරට විශ්වවිද්‍යාලය

සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ කර්මාන්තමය වැදගත්කම

එස්. කේ. ජයසේකර

නොපෙනෙන ලෝකයක මතුවීම

මිනිසුන්වැනි විශාල ජීවීන් පමණක් නොව, ක්ෂුද්‍රජීවීන්, එනම් පියවි ඇසින් දැකිය නොහැකි කුඩා ජීවීන් ද පෘථිවිය මත ජීවත් වන බව ප්‍රථම වරට අනාවරණය වූයේ 17 වැනි සියවසේදීය. මෙම සොයාගැනීමේ පුරෝගාමීන් ලෙස කටයුතු කරන ලද්දේ ලොව විසූ ඉතා විශිෂ්ට ක්ෂුද්‍රජීව විද්‍යාඥයන් දෙදෙනෙක් වන ඈන්ටන් වැන් ලියුවෙන්හොක් සහ රොබට් හූක් යන්නවුන්ය. ඈන්ටන් වැන් ලියුවෙන්හොක් විසින් පළ කළ ප්‍රොටෝසෝවා සහ බැක්ටීරියා පිළිබඳ සරල අන්වීක්ෂීය නිරීක්ෂණ, විස්තර සහ රූප සටහන් මෙන්ම රොබට් හූක් විසින් ඉදිරිපත් කළ "මියුකර්" නම් ක්ෂුද්‍ර දිලීරයේ ආරම්භක නිදර්ශන ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ පැවැත්ම පිළිබඳ පළමු ප්‍රකාශිත වාර්තා ලෙස පිළිගැනෙයි. ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ මෙම විස්මිත ලෝකය පිළිබඳ සොයා ගැනීමත් සමඟ ලෝකයේ අනෙකුත් විද්‍යාඥයන් විසින් මෙම ජීවීන් සම්බන්ධව ගැඹුරින් අධ්‍යයනය කිරීම ආරම්භ කරන ලදී.

මුලදී, ක්ෂුද්‍රජීවීන් පිළිබඳ වැඩිපුරම හඳුනා ගන්නා ලද්දේ ඔවුන් සතුවූ පාන්, වයින්, විනාකිරි, රා, අච්චාරු වැනි ගෘහාශ්‍රිත ආහාර සැකසීමේ ක්‍රියාවලීන් ස්වභාවිකව වේගවත් කරන්නන් ලෙස සහ බෝවෙන රෝග ඇති කරන කාරක ලෙසයි. නමුත් මිනිසුන් එහි ඇති විද්‍යාත්මක පසුබිම හරියටම දැන සිටියේ නැත. මෙම ක්‍රම බොහෝ කාලයක් පුරා සම්ප්‍රදායික ආහාර සැකසුම් ක්‍රම ලෙස පරිණාමය විය. එබැවින් මානව-ක්ෂුද්‍රජීවී අන්තර් සබඳතාවයට දිගු ඉතිහාසයක් ඇත. එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස පසුකාලීනව ක්ෂුද්‍රජීවීන් වඩාත් දියුණු ජෛව තාක්ෂණික යෙදුම්වල අත්‍යවශ්‍ය ජීව විද්‍යාත්මක සම්පත් ලෙස හඳුනා ගන්නා ලදී. එපමණක් නොව, විද්‍යාවේ සහ තාක්ෂණයේ දියුණුවත් සමග, මෙම ක්ෂුද්‍රජීවී ක්‍රියාවලීන්ගේ මූලික ජෛව රසායනික පදනම සොයා ගැනීමට ද මිනිසුන් උනන්දු විය. ඒ අනුව ක්ෂුද්‍රජීවීන් විසින් නිපදවන එන්සයිම මගින් මෙම කාර්යභාරය ඉටු කරන බව අනාවරණය විය. වර්තමානයේ ක්ෂුද්‍රජීවී එන්සයිම සඳහා විශාල ගෝලීය ඉල්ලුමක් පවතී. විශේෂයෙන්ම කෘෂිකර්මාන්තය, වෛද්‍ය විද්‍යාව, පරිසර සංරක්ෂණය, ජෛව බලශක්ති නිෂ්පාදනය, තාක්ෂණික භාවිතය, ආහාර නිෂ්පාදනය, සත්ව පෝෂණය, රූපලාවණ්‍යය ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනය වැනි කාර්මික ක්‍රියාවලීන් සඳහා මෙන්ම විවිධ විද්‍යාත්මක පර්යේෂණ කටයුතු සඳහා ද ක්ෂුද්‍රජීවීන් විසින් නිපදවන ලද එන්සයිම ලොව පුරා බහුල ලෙස භාවිත කරනු ලැබේ.

සෙලියුලෝස්-භායන කාරක ක්ෂුද්‍රජීවීන්: සෙලියුලෝස් වියෝජනය කරන්නන්

ඔබ මොහොතක් සිතා බලන්න. ස්වාභාවික පරිසරය තුළ සෙලියුලෝස් බිඳ හෙලන ක්ෂුද්‍රජීවීන් නොමැති වූවා නම් කුමක් සිදුවේවිද? වැටුණු ශාක පත්‍ර, හා අතු ආදි ශාක සුන්බුන් දිරාපත් නොවී පොළොව මතුපිට සෑම තැනකම ගොඩගැසී තිබිය හැකිය. එසේනම්, මෙම සෙලියුලෝස් වියෝජනය කරන ක්ෂුද්‍රජීවීන් ශාක අපද්‍රව්‍ය ජීර්ණය කර ඉවත් කරන්නේ කෙසේද? මෙම ප්‍රශ්නයට පිළිතුරු සැපයීම සඳහා, ශාකවල සාමාන්‍ය ව්‍යුහාත්මක සංයුතිය තේරුම් ගැනීම අත්‍යවශ්‍ය වේ. ශාක සුන්බුන්වල ප්‍රධාන ව්‍යුහාත්මක සංරචකය සෙලියුලෝස්වන අතර එය ශාක සෛල බිත්තියේ බහුලව දක්නට ලැබෙන සංයෝගයයි. පෘථිවියේ වැඩෙන සියලුම ශාකවල මෙම සංඝටකය අන්තර්ගත බැවින්, සෙලියුලෝස් පෘථිවියේ බහුලම සංකීර්ණ පොලිසැකරයිඩය ලෙස ද සැලකෙයි.

සෙලියුලෝස්-භායන කාරක ක්ෂුද්‍රජීවීන් "සෙලියුලේස්" නම් එන්සයිමය නිපදවන අතර එය සෙලියුලෝස් පොලිසැකරයිඩය වියෝජනය, උත්ප්‍රේරණය කරන එන්සයිමයයි. මෙම එන්සයිමය නිපදවීමට ඇති

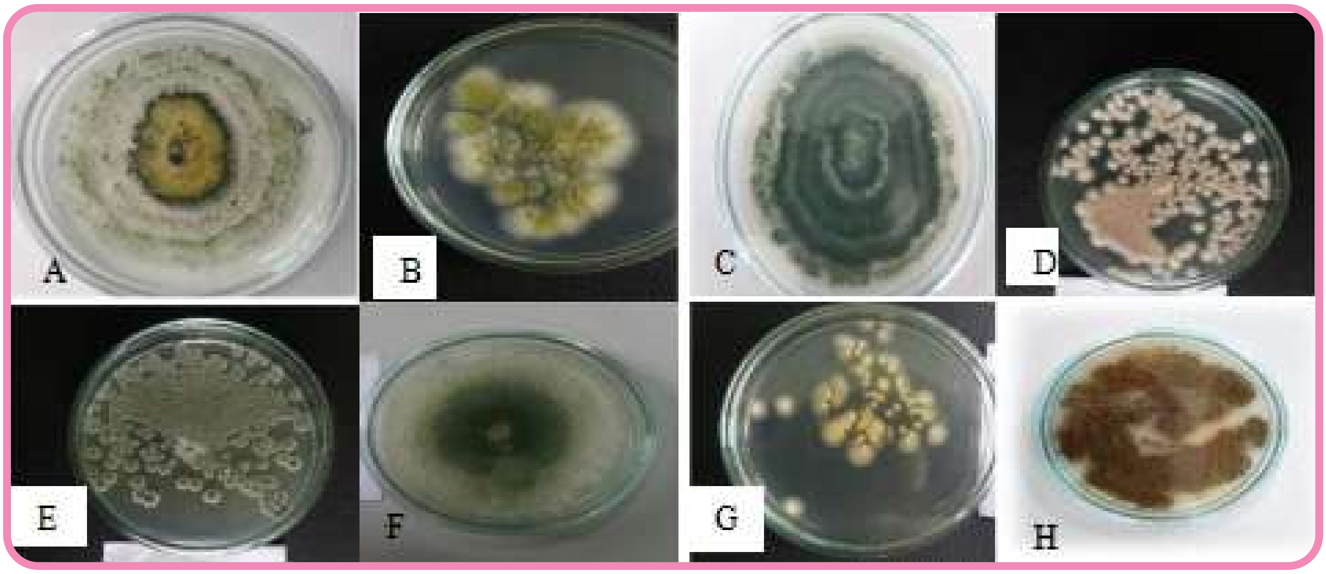
හැකියාව නිසා සෙලියුලෝස් ඔවුන්ගේ එකම කාබන් සහ බලශක්ති ප්‍රභවය ලෙස භාවිත කරයි. කෙසේ වෙතත්, සෙලියුලේස් යනු තනි එන්සයිමයක් නොවේ. එය එන්සයිම සංකීර්ණයක් වන අතර, මෙම සංකීර්ණයේ එක් එක් එන්සයිමය සෙලියුලෝස් බහු අවයවකය මත අනුක්‍රමිකව ක්‍රියා කර සෙලියුලෝස් පොලිසැකරයිඩයේ තැනුම් ඒකකය වන ග්ලූකෝස් අණු අතර ඇති β-1, 4-සම්බන්ධතා බිඳ දමයි. මෙම සෙලියුලෝස් ජීර්ණ ක්‍රියාවලිය අවසානයේ ග්ලූකෝස්, සෙලෝබයෝස් සහ ඔලිගෝසැකරයිඩ වැනි පහසුවෙන් පැසවිය හැකි සරල සීනි අණු නිපදවෙයි. කෙසේ වෙතත්, සෙලියුලෝස් හි සම්පූර්ණ එන්සයිම ජල විච්ඡේදනය සහ ජල විච්ඡේදක ඵලදායිතාව සඳහා ප්‍රධාන එන්සයිම තුනක සහයෝගී ප්‍රතික්‍රියාව අවශ්‍ය වේ. එන්ඩොග්ලූකනේස්, එක්සොග්ලූකනේස් සහ බීටා - ග්ලයිකොසිඩේස් යනු එම එන්සයිම ත්‍රිත්වයයි. විවිධ ක්ෂුද්‍රජීවීන් මෙම එන්සයිම විවිධ ප්‍රමාණවලින් නිපදවන අතර එය එක් එක් ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ සෙලියුලෝස් දිරවීමේ කාර්යක්ෂමතාවයට සෘජුවම බලපායි.

ස්වභාවික පරිසරය තුළ, ක්ෂුද්‍රජීවීන් සෙලියුලෝස් මත තනි තනිව ක්‍රියා නොකරයි. ඒ වෙනුවට ඔවුන් තම දෛනික ශක්ති අවශ්‍යතා ප්‍රමාණවත් ලෙස සපුරා ගැනීම සඳහා මෙම ප්‍රතික්‍රියා සහජීවනයෙන් සිදු කරයි. මෙම ක්ෂුද්‍රජීවී අන්තර් සම්බන්ධතා ස්වභාවික පරිසරය තුළ සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදනය ඉතා කාර්යක්ෂම ක්‍රියාවලියක් බවට පත්කර ඇත. එහෙත් කෘත්‍රිම කර්මාන්ත පසුබිමක මෙම ස්වභාවික ක්‍රියාවලිය කාර්යක්ෂමව සිදු කිරීම පහසු නැත. ඒ සඳහා රසායනාගාර මට්ටමින් ක්ෂුද්‍රජීවී ක්‍රියාකාරකම් වැඩි දියුණු කිරීම සඳහා න්‍යායාත්මක හා ප්‍රායෝගික විද්‍යාත්මක දැනුම උපයෝගී කර ගැනීම අත්‍යවශ්‍ය වේ.

ක්ෂුද්‍රජීවී සෙලියුලේස් එන්සයිමය: වත්මන් ගෝලීය ප්‍රවණතා

සෙලියුලේස් එන්සයිමය නිසා වර්තමානයේ බොහෝ කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රවල පුනර්ජනනීය හා ලාභදායී අමුද්‍රව්‍යයක් ලෙස සෙලියුලෝස් ජෛව ස්කන්ධ භාවිතා කිරීමට හැකි වී තිබේ. විශේෂයෙන්ම, තිරසර සංවර්ධන සංකල්පය ක්‍රියාවට නැංවීමට ලෝකය උත්සාහ දරන මෙවැනි යුගයක සෙලියුලෝස් ජෛව ස්කන්ධ ශක්තිය බවට පරිවර්තනය කිරීමේ පරිසර හිතකාමී, ක්ෂුද්‍රජීවී ක්‍රියාවලි සඳහා විශාල පිළිගැනීමක් ඇත. එය ගෝලීය සෙලියුලේස් එන්සයිම වෙළඳපොලේ ව්‍යාප්තියට ද දායක වී ඇත. විශේෂයෙන්ම, සෙලියුලෝස් ජෛව ස්කන්ධය තිරසර ජෛව ඉන්ධන බවට පරිවර්තනය කිරීම ලෝකයේ නැගී එන ප්‍රවණතාවයකි. බ්‍රසීලය සහ ඇමරිකාව වැනි රටවල් දැනටමත් සාමාන්‍ය දෛනික අවශ්‍යතා සපුරාලනු සඳහා ජෛව ඉන්ධන භාවිතය ආරම්භ කර ඇත. විශේෂයෙන්ම දෛනිකව වැඩිවන ගෝලීය බලශක්ති ඉල්ලුමට සහ ශීඝ්‍රයෙන් ක්ෂය වෙමින් යන ස්වභාවික පොසිල ඉන්ධන තැන්පතු සඳහා සුදුසු විකල්ප විසඳුමක් ලෙස ජෛව ඉන්ධන භාවිතය සඳහන් කළ හැකිය.

කෙසේ වෙතත්, කාර්මික අංශයේ විවිධ අවශ්‍යතා සඳහා සෙලියුලේස් භාවිතා කිරීම නව සංකල්පයක් නොවේ. වසර ගණනාවක් පුරා වාණිජමය වශයෙන් මෙම එන්සයිමය භාවිත කර ඇත. පසුකාලීනව සෙලියුලේස් එන්සයිමය රෙදිපිළි කර්මාන්තයේ බහුලව භාවිතා කිරීමට පටන් ගත් නිසා ලොව



රූපය 1: ශ්‍රී ලංකාවෙන් හඳුනාගත් සමහර සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්ෂුද්‍ර ජීවීන්. විවිධ ට්‍රයිකොඩර්මා විශේෂ (*Trichoderma spp.*) (1), (2) සහ (3) විවිධ ඇස්පර්ජිලස් විශේෂ (*Aspergillus spp.*) (4),(5) සහ (6) (7). පෙනිසිලියම් (*Penicillium sp.*) (8). ෆියුසාරියම් (*Fusarium sp.*) ඡායාරූප වල දැක්වෙයි.

පුරා පුළුල් පිළිගැනීමක් සහ විශාල ඉල්ලුමක් ඇති විය. උදාහරණ ලෙස රෙදිපිළි තෙත් සැකසුම, ඩෙනිම් රෙදි ඔප දැමීම, රෙදි තන්තු ජෛව ඔප දැමීම, ඇඟලුම් මෘදු කිරීම, රෙදි සෝදන දියර වර්ග නිෂ්පාදනය සහ රෙදි වලින් අතිරික්ත ඩයි ඉවත් කිරීම වැනි රෙදිපිළි කර්මාන්තයේ බොහෝ පියවර සම්පූර්ණ කිරීම සඳහා මෙම එන්සයිමය භාවිතා වේ. මීට අමතරව, කඩදාසි කර්මාන්තය, ආහාර සැකසීම, ශාක තන්තු නිස්සාරණය, සත්ව ආහාර නිෂ්පාදනය, කෘෂිකර්මය, ඔලිව් තෙල් නිස්සාරණය, ස්වභාවික ශාක වර්ණක නිස්සාරණය, ඖෂධ නිෂ්පාදනය, ප්‍රොටොප්ලාස්ට් නිෂ්පාදනය, ජාන ඉංජිනේරු විද්‍යාව වැනි පුළුල් ලෙස ව්‍යාප්ත වූ කාර්මික ක්ෂේත්‍රවල ඒවා බහුලව භාවිතා වේ.

සෙලියුලේස් එන්සයිමය නිපදවනු ලබන්නේ ක්ෂුද්‍රජීවීන් බැවින්, අද පවා ලොව පුරා සිටින විද්‍යාඥයෝ වඩාත් කාර්යක්ෂමව සෙලියුලේස් නිපදවන ක්ෂුද්‍රජීවීන් සොයමින් ස්වභාවික පරිසර පද්ධති ගවේෂණය කරමින් සිටිති. මෙම ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගෙන් එන්සයිම නිස්සාරණය කර විවිධ කර්මාන්තවල උත්ප්‍රේරක ලෙස භාවිතා කළ හැක. ප්‍රධාන වශයෙන්ම සෙලියුලේස් එන්සයිම නිෂ්පාදනය කරනු ලබන්නේ බැක්ටීරියා සහ දිලීර විසිනි. ඔවුන් ස්වායු හෝ නිර්වායු ක්ෂුද්‍රජීවීන් විය හැක. කෙසේ වෙතත්, සූතිකාමය දිලීර වැනි ස්වායු ක්ෂුද්‍රජීවීන් සෙලියුලේස් නිෂ්පාදනයේදී වඩා කාර්යක්ෂම බව සොයාගෙන ඇත.

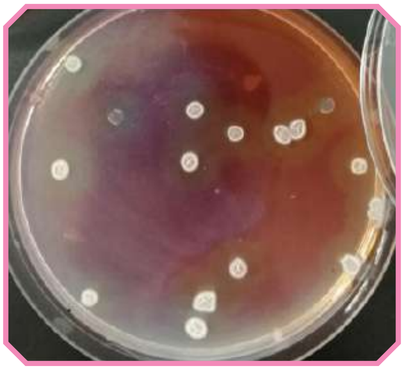
සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ජීවීන් ලෙස හඳුනාගෙන ඇති දිලීර වර්ග ගණනාවක් ඇතත්, ට්‍රයිකොඩර්මා රීසී (*Trichoderma reesei*) යනු කාර්මික පරිමාණයේ සෙලියුලේස් නිෂ්පාදනය සඳහා බහුලව භාවිතා වන ප්‍රධාන දිලීර විශේෂයකි. ස්වායු ක්ෂුද්‍රජීවීන් විසින් නිපදවන සෙලියුලේස් එන්සයිමය නිෂ්පාදනයෙන් පසු සෛලයෙන් පිටතට ස්‍රාවය වේ. එබැවින් එන්සයිම නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලිය වඩාත් පහසු වන අතර එන්සයිම පහසුවෙන් සහ කාර්යක්ෂමව එකතු කළ හැකිය. නමුත් නිර්වායු ක්ෂුද්‍රජීවීන්, උදාහරණයක් ලෙස, ක්ලොස්ට්‍රිඩියම් තර්මෝසෙලම් (*Clostridium thermocellum*) වැනි බැක්ටීරියා මගින් නිපදවනු ලබන්නේ ඔවුන්ගේ සෛල බිත්තියටම සම්බන්ධ වූ සෙලියුලෝසෝමයක් වන අතර එය කාර්මිකව නිෂ්පාදනය කිරීම සහ නිස්සාරණය කිරීම එතරම් පහසු නැත. කෙසේ වෙතත් සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදනයේදී සෙලියුලෝසෝම් ඉතා කාර්යක්ෂමව සෙලියුලෝස්වල ස්ඵටික මෙන්ම අස්ඵටික ප්‍රදේශවලට සෘජුවම පහර දී ජල විච්ඡේදනය කරයි. මේ සියලු කරුණු සලකා බැලූ විට, වඩාත් කාර්යක්ෂම සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්ෂුද්‍රජීවීන් පරිසරයෙන් සොයාගැනීම ගෝලීය වෙළඳපොලේ එන්සයිම සඳහා ඇති විශාල ඉල්ලුම සපුරාලීම සඳහා වඩා හොඳ ප්‍රවේශයක් විය හැකිය.

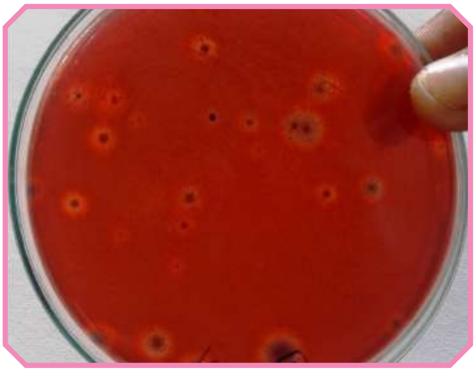
රූපය 2: සෙලියුලිටික් ක්ෂුද්‍ර ජීවීන්ගේ කාර්මික භාවිතය

සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්ෂුද්‍රජීවීන්: ශ්‍රී ලංකා සන්දර්භය

අතිරික්ත සායම් (රංජක) ඉවත් කිරීම සඳහා සෙලියුලේස් එන්සයිම මිශ්‍රණයක් භාවිතයෙන් ඩෙනිම් රෙදි සේදීම ශ්‍රී ලංකාවේ අපනයන රෙදිපිළි කර්මාන්තයේ එක් අංශයකි. මේ හේතුව නිසා ශ්‍රී ලංකාව ගෝලීය වෙළෙඳපොළෙන් සෙලියුලේස් එන්සයිම ආනයනය කරයි. ඉහළ ප්‍රාග්ධන පිරිවැයක් වාර්ෂිකව මේ සඳහා දැරිය යුතුය. එබැවින් දේශීය ක්ෂුද්‍රජීවීන් යොදා ගනිමින් රට තුළම සෙලියුලේස් එන්සයිමය නිෂ්පාදනය කිරීම එන්සයිම ආනයනය සඳහා වාර්ෂිකව දැරීමට සිදුවන විශාල වියදම වළක්වා ගැනීමට වඩා හොඳ ප්‍රවේශයක් විය හැකිය. ශ්‍රී ලංකාව ජෛව විවිධත්වයෙන් පොහොසත් රටකි. එනිසා දේශීයව සෙලියුලේස් නිපදවීමට ජෛව තාක්ෂණික ක්‍රමෝපායන් ස්ථාපිත කිරීමේ හැකියාව පවතී. නිවර්තන වැසි වනාන්තර ඇතුළු අපගේ ස්වභාවික පරිසර පද්ධති සෙලියුලේස් ස්‍රාවය කරන ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගෙන් පිරී පවතී. අවාසනාවකට මෙන්, මෙම ස්වාභාවික සම්පත් රටේ සංවර්ධනය සඳහා කාර්යක්ෂමව භාවිතා කිරීමට අප තවමත් දක්ෂ වී නැත.

ශ්‍රී ලාංකික විද්‍යාඥයින් කිහිප දෙනෙකු දැනටමත් සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්ෂුද්‍රජීවීන් ගවේෂණය කිරීම සහ ඔවුන්ගේ භාවිතයන් හඳුනා ගැනීම ආරම්භ කර ඇත. ක්ෂුද්‍රජීව විද්‍යාගාරවල සෙලියුලේස් නිපදවන ක්ෂුද්‍රජීවීන් වගා කිරීම, ඔවුන් අණුක ජීව විද්‍යාත්මකව හඳුනාගැනීම සහ යෙදුම් අධ්‍යයනය කිරීම පිළිබඳව බොහෝ පර්යේෂණ දැනටමත් සිදු කර ඇති අතර ඒවා දිගටම කරගෙන යයි. දේශීය සෙලියුලේස් එන්සයිම නිෂ්පාදනය ප්‍රචලිත කිරීමට ශ්‍රී ලංකා විද්‍යාඥයින්ට විශාල දායකත්වයක් ලබා දිය හැකිය. උදාහරණ වශයෙන් මෙම





ක්ෂුද්‍රජීවීන් නිපදවන විවිධ සෙලියුලේස් එන්සයිම පද්ධති අධ්‍යයනය කිරීම, කාර්මිකව වැදගත් ක්‍රියාවලියකදී දේශීයව හඳුනාගත් ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගෙන් ලබාගත් සෙලියුලේස් භාවිතා කිරීම සඳහා හොඳින් සංවිධානය වූ ප්‍රශස්ත ප්‍රතික්‍රියා තත්ත්වයන් එනම් වර්ධන පරාමිතීන්, ප්‍රතික්‍රියා සීමා කිරීමේ සාධක, අවශ්‍ය සෙලියුලෝස් සහ සෙලියුලේස් සංයුතිය හඳුනාගැනීම, ක්ෂුද්‍රජීවී සෙලියුලේස් නිෂ්පාදන කාර්යක්ෂමතාව රසායනාගාර මට්ටමින් වැඩි දියුණු කිරීම, සහ කාර්මික මට්ටමට එම උපාය මාර්ග හඳුන්වා දීම සඳහා ශ්‍රී ලාංකික විද්‍යාඥයින්ට දායක විය හැක. වර්තමානයේ, ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගේ සෙලියුලේස් නිෂ්පාදනය වැඩි දියුණු කිරීම සඳහා අණුක ජීව විද්‍යාත්මක ක්‍රම තිබේ. මහා පරිමාණයෙන් සංවර්ධනය කළහොත්, සෙලියුලේස් නිෂ්පාදනය පුළුල් කිරීමටත් අනෙකුත් කාර්මික යෙදුම් සහ නව ව්‍යාපාර රට තුළ විවෘත කර ස්ථාපනය කිරීමටත් මෙම සංකල්ප උපයෝගී කරගත හැකි ය. මෙම දැනුම ප්‍රායෝගිකව යොදා ගැනීමට අවශ්‍ය කාලය, මුදල්, සහ ශ්‍රමය සපයාගත හැකි ව්‍යවසායකයින්, ආයෝජකයින් සහ කර්මාන්තකරුවන් සමඟ සොයාගත් දැනුම බෙදා ගැනීමට ද ශ්‍රී ලාංකික විද්‍යාඥයින්ට මූලිකත්වය ගත හැකි ය.

විශේෂයෙන්ම ශ්‍රී ලංකාවේ ඉන්ධන ඉල්ලුම ඉහළ යාමට විසඳුමක් ලෙස සෙලියුලෝස් ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනය හා භාවිතය ප්‍රචලිත කළ හැකිය. බ්‍රසීලය, ඇමරිකා එක්සත් ජනපදය සහ යුරෝපය වැනි ලෝකයේ බොහෝ රටවල් තම බලශක්ති අවශ්‍යතා සපුරා ගැනීම සඳහා වාණිජමය වශයෙන් ජෛව ඉන්ධන භාවිතා කරයි. එබැවින් මෙම ප්‍රයෝජනයට නොගත් ක්ෂුද්‍රජීවී සම්පත් ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනයට භාවිත කළ හැකි අතර එය ශ්‍රී ලංකාවේ ආර්ථික ප්‍රගතියෙහි විශිෂ්ට ඉදිරි පියවරක් වනු ඇත. කෙසේ වෙතත්, දිගු කල් පවතින, හොඳින් හා අඛණ්ඩව ක්‍රියාත්මක වන නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියක් ස්ථාපිත කිරීම පහසු නොවන එමෙන්ම කාලය ගතවන කාර්යයක් බව නොසලකා හැරිය නොහැකිය. ඵලදායි කාර්මික ක්‍රියාවලියක් පවත්වා ගැනීම සඳහා අඛණ්ඩව පවත්වාගෙන යන පර්යේෂණ හා සංවර්ධන ක්‍රියාකාරකම් ද අත්‍යවශ්‍ය වේ.

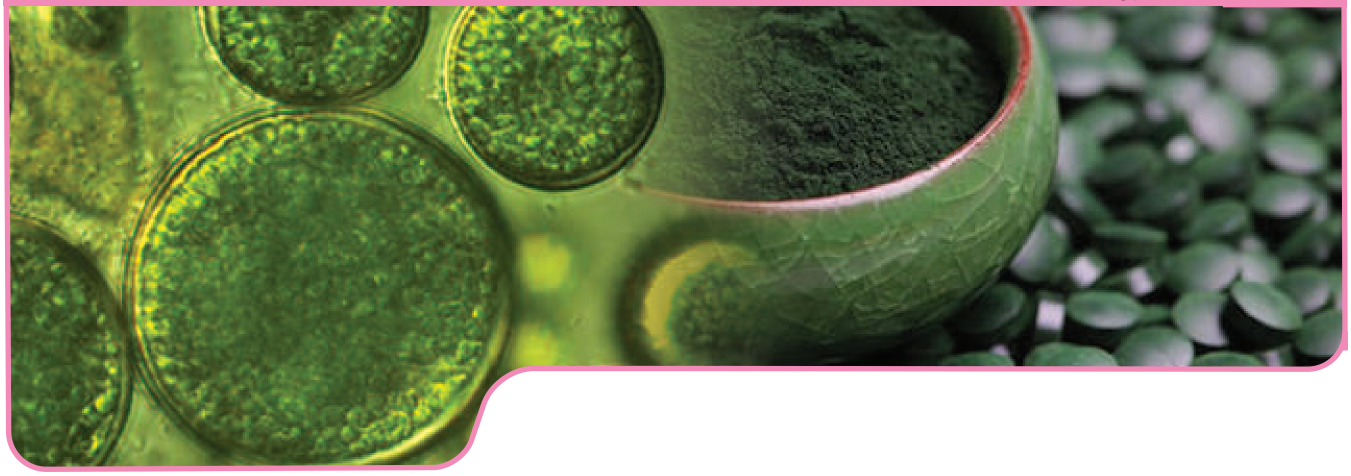
එපමණක් නොව, කාබනික පොහොර භාවිතයෙන් තම භෝග වගා කිරීමේ පොහොසත් ඉතිහාසයක් ශ්‍රී ලංකාවට තිබුණි. මෙම ක්‍රියාවලියට පාදක වන විද්‍යාත්මක යාන්ත්‍රණ නොදැන වුවද, අපේ මුතුන් මිත්තන් ගොම, පිදුරු, දහයියා, කොහුබත් සහ ග්ලිරිසීඩියා වැනි නයිට්‍රජන් බහුල විවිධ ශාකවල කොළ රොඩු යොදා ගනිමින් තම කෙත්වතු සරුසාර කළහ. මේ සාම්ප්‍රදායික කෘෂිකාර්මික ක්‍රම යොදා ගනිමින් ඔවුන් තම අස්වනු ද වැඩි කර ගත්හ. දිරාපත් වන ශාක කොටස් භාවිතා කර පොහොර සකස් කිරීම සඳහා නයිට්‍රජන් සවි කරන බැක්ටීරියා සහ පොස්පේට් ද්‍රාව්‍ය කරන බැක්ටීරියා වැනි අනෙකුත් ක්ෂුද්‍රජීවීන් සමඟ සෙලියුලෝස් ජීර්ණය කරණ ක්ෂුද්‍රජීවීන් භාවිතා කළ හැකිය. කෙසේ වෙතත්, මෙම පරිසර හිතකාමී ක්ෂුද්‍රජීවීන් පදනම් වූ කෘෂිකාර්මික පද්ධති වෙත නැවත පැමිණීම කෙටි කාලයක් තුළ සාක්ෂාත් කරගත නොහැක. ඒ අතරම, නූතන කෘෂිකර්මාන්තයට ගැළපෙන වඩාත්ම සුදුසු, පරිසර හිතකාමී ක්‍රමය ස්ථාපිත කිරීම ද ඉතා වැදගත් වේ. එපමනක් නොව, දේශීයව සොයාගත් සෙලියුලෝස් ජීර්ණය කරන ක්ෂුද්‍රජීවීන් භාවිතයෙන් විවිධ සෙලියුලෝස් ජෛව ස්කන්ධ කඩදාසි බවට පරිවර්තනය කිරීමේ උපාය මාර්ග හඳුන්වා දීමෙන් ශ්‍රී ලංකාවේ ජාතික කඩදාසි නිෂ්පාදන කර්මාන්තය නංවාලිය හැකිය. මීට අමතරව, දේශීයව නිෂ්පාදනය කරන ලද සෙලියුලේස් දේශීය ඩෙනිම් රෙදි නිෂ්පාදන කම්හල්වල භාවිතා කළ හැකිය.

ඉහත සඳහන් කළේ ශ්‍රී ලංකාවේ කර්මාන්ත සංවර්ධනය සඳහා සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්ෂුද්‍රජීවීන් භාවිතයෙන් කළ හැකි දේ පිළිබඳ උදාහරණ අතලොස්සක් පමණි. ඒ අනුව කාර්මික අංශයේ සංවර්ධනය සඳහා සෙලියුලෝස් ජල විච්ඡේදක ක්ෂුද්‍රජීවීන් සහ ඔවුන්ගේ එන්සයිම භාවිතා කිරීමේ විශාල විභවයක් ඇත. කෙසේ වෙතත් මෙම විස්මිත ස්වභාවික සම්පත් ගවේෂණය කිරීම සහ එම විද්‍යාත්මක සොයාගැනීම් ප්‍රායෝගිකව භාවිත කිරීම පිළිබඳව ජාතික ප්‍රතිපත්තියක් ස්ථාපිත කිරීම යුගයේ අවශ්‍යතාවයක්ව පවතියි.

එස්. කේ. ජයසේකර
පර්යේෂණ සහකාර,
ක්ෂුද්‍රජීව විද්‍යාව සහ පාංශු පරිසර පද්ධති පර්යේෂණ ව්‍යාපෘතිය,
ජාතික මූලික අධ්‍යයන ආයතනය,
හන්තාන පාර, 20000, මහනුවර.
0777846444
sandhyajayasekara@gmail.com

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී - ශ්‍රී ලංකාව ඌන උපයෝජනය ලක්කළ ක්ෂුද්‍රජීවී සම්පත

ආචාර්ය තිළිණි යූ. ආරියදාස



ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී යනු ඒක සෛලික ප්‍රභාසංස්ලේශීය ජීවී විශේෂයකි. ඒවා මිරිදිය ජලාශ, මුහුදු පරිසර සහ අඳුරු පැහැ ජල කලාපයන්හි හමුවෙති. ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ප්‍රභාසංස්ලේෂණය ජීවීන් ලෙස හැඳින්වුවද, මුල පත්‍ර හෝ කඳන් රහිත වීම මත ඒවා උසස් ශාකයන්ගෙන් වෙනස් වෙයි. විද්‍යාඥයන්ගේ ඇස්තමේන්තු අනුව මෙම මහ පොළොව මත දළ වශයෙන් ඇල්ගී විශේෂ මිලියනයක් පමණ ඇතැයි සැලකේ. පළමු වන රූප සටහනේ දැක්වෙන පරිදි ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී එක් එක් විශේෂයන් අතර පළමු වන රූපයන්හි විශාල වෙනස්කම් පවතියි. එබැවින් බහුවිධ ආකාරයේ ක්ෂුද්‍රජීවී කණ්ඩායමක් ලෙස ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සැලකෙයි.

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජලජ පරිසර පද්ධති තුළ ප්‍රාථමික නිෂ්පාදකයන් ලෙස සලකනු ලබයි. සියලු ඉහළ පෝෂණ මට්ටම් සඳහා ශක්තිය සැපයීමට ඒවා සමත්ය. එයට අමතරව තම ප්‍රභාසංස්ලේෂණ ක්‍රියාවලියේ දී ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ඔක්සිජන් ජනනය කිරීම ද සිදුකරයි. වායුගෝලයේ පවතින මුළු ඔක්සිජන් ප්‍රමාණයෙන් 50% කට ආසන්න ප්‍රමාණයක් නිපදවනු ලබන්නේ මෙම ඇල්ගී විසිනි. එයටත් අමතරව ප්‍රභාසංස්ලේෂණයේ නියැලෙන ජීවීන් ලෙස ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වායුගෝලයේ පවතින කාබන්ඩයොක්සයිඩ් පරිභෝජනය කරන බැවින් ගෝලීය උණුසුම සමනය කිරීමට ද යම් දායකත්වයක් සපයනු ලබයි.

රූපය 1: බහුවිධ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂ (ආශ්‍රිතයː Derwenskus and Holdmann, Microalgae – Underestimated All-Rounders, ChemViews Magazine, 2016)

ගෙවුනු දශක කිහිපය තුළදී තමන් සතු හැකියාවෙන් වානිජමය වටිනාකමකින් යුත් පරිවෘත්තිය විශාල ප්‍රමාණයක් නිපදවීමේ හැකියාව මත ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සුවිශාල කර්මාන්තමය විභවයක් සහිත ස්වාභාවික සම්පතක් ලෙස ඉස්මතු වී ඇත. උදාහරණ ලෙස දැක්වුවහොත් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සතුවන කැරටොනොයිඩ, ලිපිඩ, කාබෝහයිඩ්‍රේට් සහ විටමින් සංශ්ලේෂණ හැකියාව නිසා ඖෂධ පෝෂණමය ද්‍රව්‍ය (නියුට්‍රිකල්ස්) ආහාර සත්ව ආහාර අතිරේක රූපලාවණ්‍යමය සහ ජෛව-පාදක සෛලශක්ති නිෂ්පාදන සඳහා ඒවා යොදා ගැනීමේ හැකියාව පවතී.

ශීඝ්‍ර වර්ධන වේගය, ඉහළ ප්‍රභාසංස්ලේෂණ කාර්යක්ෂමතාව කෙටි කාලයක් තුළ අස්වැන්න ලබා

ගැනීමට ඇති හැකියාව මෙන්ම ඉහළ ජෛව ස්කන්ධ ප්‍රමාණයක් නිෂ්පාදනය (පොළොව මත වැවෙන ශාක හා සංසන්දනය කරන විට) වීම ආදී සාධක හේතුකොට ජෛව පදනම් කර්මාන්ත සඳහා අමුද්‍රව්‍යයක් ලෙස ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී යොදා ගැනීමේ විභවයක් පවතී. ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වගා කරන පසුබිම, තත්ත්වයන්, අවශ්‍යතාවයට ගැලපෙන පරිදි පහසුවෙන් මැනවීමට (හැසිරවීමට) ඇති හැකියාවද මෙහි අමතර වාසියකි. මෙයටත් අමතරව විමසුවහොත් ක්ෂුද්‍රඇල්ගී (මයික්‍රොඇල්ගී) වගාව සඳහා වගා පහසුකම් සැලසීම කළ හැකි බිම් හෝ පිරිසිදු ජලය හෝ පැවතීමේ අවශ්‍යතාවයක් නොමැත. එබැවින් සංසන්දනාත්මකව බලනවිට ක්ෂුද්‍රඇල්ගී වගා කිරීමට භූමි පාදක බෝග වගා කිරීමට වඩා තිරසර බවක් පෙන්වයි.

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පාදක ජෛව නිෂ්පාදන

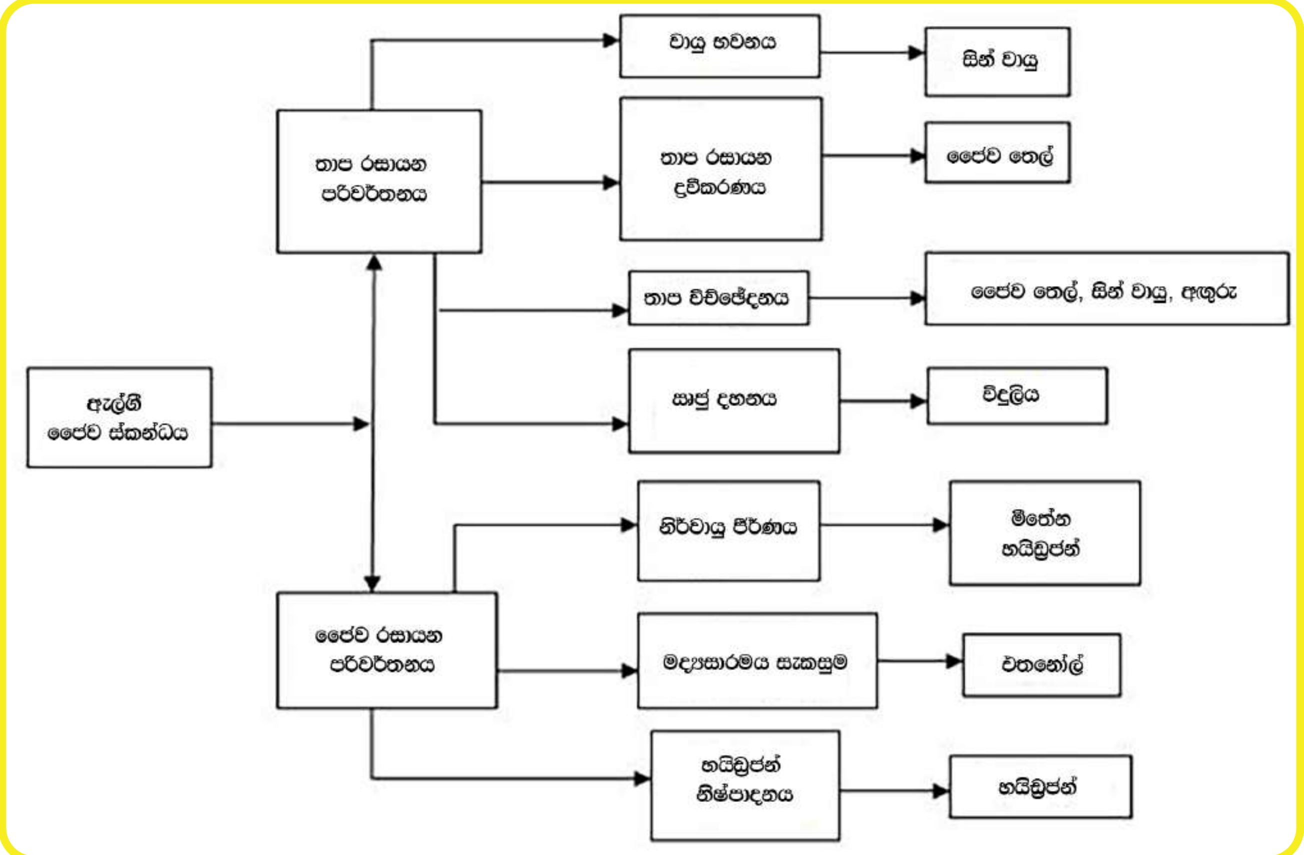
ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී මගින් සංස්ලේෂණය කළ පරිවෘත්තීජ, ජෛව ස්කන්ධ තුළින් නිස්සාරණය කර පසුව විවිධ ජෛව නිෂ්පාදන ලෙසට සකස් කළ හැකිය.

ජෛව ඉන්ධන සහ ජෛව බලශක්තිය

ලිපිඩ සෛලවල වියලි බරෙන් 60-70g දක්වා සංශ්ලේෂණය කිරීමේ හැකියාවක් සමහර ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සතුය. අවසන් ලිපිඩ ප්‍රමාණය කෙරෙහි ඉමහත් ලෙස බලපෑමට ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂය සහ රෝපණ තත්වයනි හේතු වෙයි. රෝපණවලින් ජෛව ස්කන්ධ අස්වැන්න එක්රැස් කරගත් පසු වියළි හෝ තෙත් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී තුළින් ලිපිඩ නිස්සාරණය කිරීම සිදුකරනු ලබයි. මෙහි දී සුලබවම යොදාගැනෙන්නේ ද්‍රාවක නිස්සරණ ක්‍රමයයි. එහෙත් ද්‍රාවක යොදා ගැනීමෙන් තොරව සිදුකරන නිස්සාරණ තාක්ෂණයක් දැන් ක්‍රම ක්‍රමයෙන් ජනප්‍රිය වෙමින් පවතින්නේ මේ පිළිබඳ උනන්දුවක් දැක්වීම ඉහළ යාම නිසාය. එයට ප්‍රධාන හේතුව ලෙස දැක්වෙන්නේ නිෂ්පාදන අපවිත්‍රණය වීමට ඇති විභවය මෙම ක්‍රම මගින් අවම වීමට ඉඩ පැවතීමය. ආසවනය කළ ලිපිඩ ඉන්පසු පාර-පැස්ටරීකරණමය ක්‍රියාවලියකට පාත්‍ර කරනු ලබයි.

එහිදී ට්‍රයිග්ලිසරයිඩ ප්‍රබල අම්ල ක්ෂාර උත්ප්‍රේරනයක් හමුවේ ඇල්කයිල් එස්ටර බවට හැරවීම සිදුවේ. කෙසේ නමුත් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පාදක ජෛව ඩීසල් නිෂ්පාදනය වර්තමානයේ දී ආර්ථික වශයෙන් ඵලදායී නොවන්නකි. පෙට්‍රොලියම් පාදක ඉන්ධන සමග තරගකාරී වීමට නම් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පදනම් කරගත් ජෛව ඩීසල් හි නිෂ්පාදන වියදම සැලකිය යුතු ලෙසින් පහළ යාම සිදුවිය යුතුය.

ජෛව ඩීසල් නිෂ්පාදනයට අමතරව ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී යොදාගෙන ජෛව-එතනෝල් නිෂ්පාදනයට ද හැකියාව



රූපය 2: ජෛව ඉන්ධන සහ ජෛව බලශක්තිය නිපදවීම සඳහා ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී යොදා ගැනීම (ආශ්‍රිතයː Chisti, Biodiesel from microalgae, Biotechnology Advances 25, 2007)

රූපය 3: ආහාර අතිරේකයක් ලෙස ස්පිරුලිනා (ආශ්‍රිතය: Leech, 10 Health Benefits of Spirulina, 2018. https://www.healthline.com/nutrition/10-proven-benefits-of-spirulina)

පවතියි. ඒ සඳහා ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගීමය කාබෝහයිඩ්‍රේට් ජල විච්ඡේදනයට ලක්කිරීම මගින් ග්ලූකෝස් වැනි පැසවීමට හැකි සීනි බවට පත් කළ යුතුය, අදාළ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂයට අනුව ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී තුළ අඩංගු කාබෝහයිඩ්‍රේට් ප්‍රමාණය ඒවායේ වියළි සෛලබරින් 65% ක් දක්වා විය හැකිය. සංසන්දනය කළහොත් එය ලිග්නොසෙලියුලෝස් ජෛව ස්කන්ධයෙන් ලබා ගත හැකි ප්‍රමාණයට වඩා වැඩිය. පරිවර්තනයෙන් ලැබෙන ඵලදාව ඉහළ වීම, අතුරු නිෂ්පාදන අඩුවීම, ක්‍රියාත්මක වීමට අවශ්‍ය පසුබිම් තත්ත්ව සංකීර්ණ නොවීම මෙන්ම යෙදිය යුතු බලශක්ති ප්‍රමාණය අඩු වීම ආදී හේතූන් මත රසායනික ජලවිච්ඡේදනයට වඩා එන්සයිමටික ජලවිච්ඡේදනයට වැඩි කැමැත්තක් පළ වෙයි. කෙසේ වෙතත් විශාල ප්‍රමාණයේ ක්‍රියාත්මක වීම් ඇති කිරීමට පළමු මේ ගැන තව තවත් ශක්‍යතා අධ්‍යයනයක් සිදු කළ යුතුව ඇත්තේ ය.

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධයෙන් ජෛව වායු ජනනය කිරීම නිර්වායු ජීර්ණය මගින් සිදුවෙයි. මෙම ක්‍රියාවලියේදී ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධය, මීතේන්, ජලය සහ කාබන්ඩයොක්සයිඩ් බවට නිර්වායු බැක්ටීරියා මගින් බිඳ හෙළනු ලබයි. පොදුවේ ගත් කළ ජෛව ඩීසල් හා ජෛව එතනෝල් නිෂ්පාදනයට වඩා නිර්වායු ජීර්ණය ආර්ථික වශයෙන් ලාභදායි බව හා ඉහළ ශුද්ධ බලශක්ති අනුපාතයක් (එනම් ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනයේ දී සිදුකරන බලශක්ති යෙදවුම සහ ලැබෙන නිපැයුම අතර අනුපාතය) දක්වන බව සැලකේ. පාර-පැස්ටරීකරණ සහ පැසවීම් ක්‍රියාවලියේ දී උපයෝගී කරගනු ලබන්නේ පිළිවෙළින් ලිපිඩ සහ කාබෝහයිඩ්‍රේට් පමණක් වුවද නිර්වායු ජීර්ණයට ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛවස්කන්ධයෙහි පවතින සියලු කාබනික සංයෝග උපයෝගී කර ගැනීමට හැකියාව ඇත. ජෛව වායු උත්පාදනය තවත් ඉහළ නංවාලීම සඳහා අනෙකුත් උපස්ථර සමග ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධය සහජීර්ණය කිරීමට ද පුළුවන.

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධය තාප රසායනික පරිවර්තනයන්ට ලක් කළ හැකිය. එයට තාප විච්ඡේදනය, ජලතාප වායු ද්‍රවීකරණය සහ වායු භවනය ආදි ක්‍රමවේද ඇතුළත් වේ. මෙම ක්‍රියාව තුළින් ජෛව අංශු ජෛව ඉන්ධන සහ සින් වායු ජනනය කළ හැකි අතර ඒවා බලශක්ති ප්‍රභව ලෙස උපයෝගී කර ගත හැක. එම ක්‍රියාවලි සඳහා දැනට පවතින පහසුකම් යොදා ගත හැකි අතර ඒ සඳහා ආරෝපිත උෂ්ණත්වය සහ පීඩනය යොදා ගැනීමට අවශ්‍යවන අතර එමගින් බලශක්තිය සඳහා වැය කරන වියදම කැපී පෙනෙන ලෙස ඉහළ යා හැකිය. ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පාදක ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනය සඳහා යොදාගැනෙන හා විවිධ ක්‍රියාවලි දෙවන රූප සටහන මගින් නිරීක්ෂණය කළ හැකිය. එසේ වුවද ජෛව ඇල්ගී උපයෝගී කරගෙන ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනය සඳහාවන ඉහළ ශක්‍යතාවයක් දක්වන පරිවර්තන ක්‍රියාවලිය තෝරාගැනීමේදී ජෛව ස්කන්ධයේ ජෛව රසායන සංයුතිය, තාක්ෂණ-ආර්ථිකමය පරිපූර්ණතාවය සහ ජීව චක්‍ර විශ්ලේෂණය යනාදිය සැලකිල්ලට ලක් කළ යුතුය.

ඖෂධ, පෝෂණීය ද්‍රව්‍ය සහ ආහාර/සත්ව ආහාර අතිරේක

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගීහට, කැරටොනොයිඩ්, ප්‍රෝටීන් හා විටමින් ආදී ඉහළ පෝෂණමය අගයකින් යුත් සංයෝග සංස්ලේෂණය කළ හැකිය. ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධයෙන් නිස්සාරණය කළ මෙම සංයෝග කොපුවක අසුරා හෝ ජෛව ස්කන්ධමය වශයෙන් හෝ භාවිත කළ හැකිය. ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී තුළ ඒකරාශී වී ඇති ඉහළ පෝෂණීය ගුණැති කැරටොනොයිඩ් අතර ඇන්ටාසැලන්තීන්, ලූටෙයින්, බීටාකැරොටීන් සහ ෆූකොසැන්තීන් යනාදිය පවතීය. ස්පිරුලිනා ප්ලැටෙන්සීන් (*spiruline Platensis*) (තුන් වන රූප සටහන) ක්ලොරෙල්ලා වොල්ගාරස් (*Chlorells Vulgars*) යන ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂයන්හි ජෛව ස්කන්ධය දැනටමත් මිනිස් ආහාර අතිරේකයක් ලෙස යොදා ගන්නේ ඒවායේ පවතින ඉහළ ප්‍රෝටීන් සංයුතිය හේතුවෙනි.

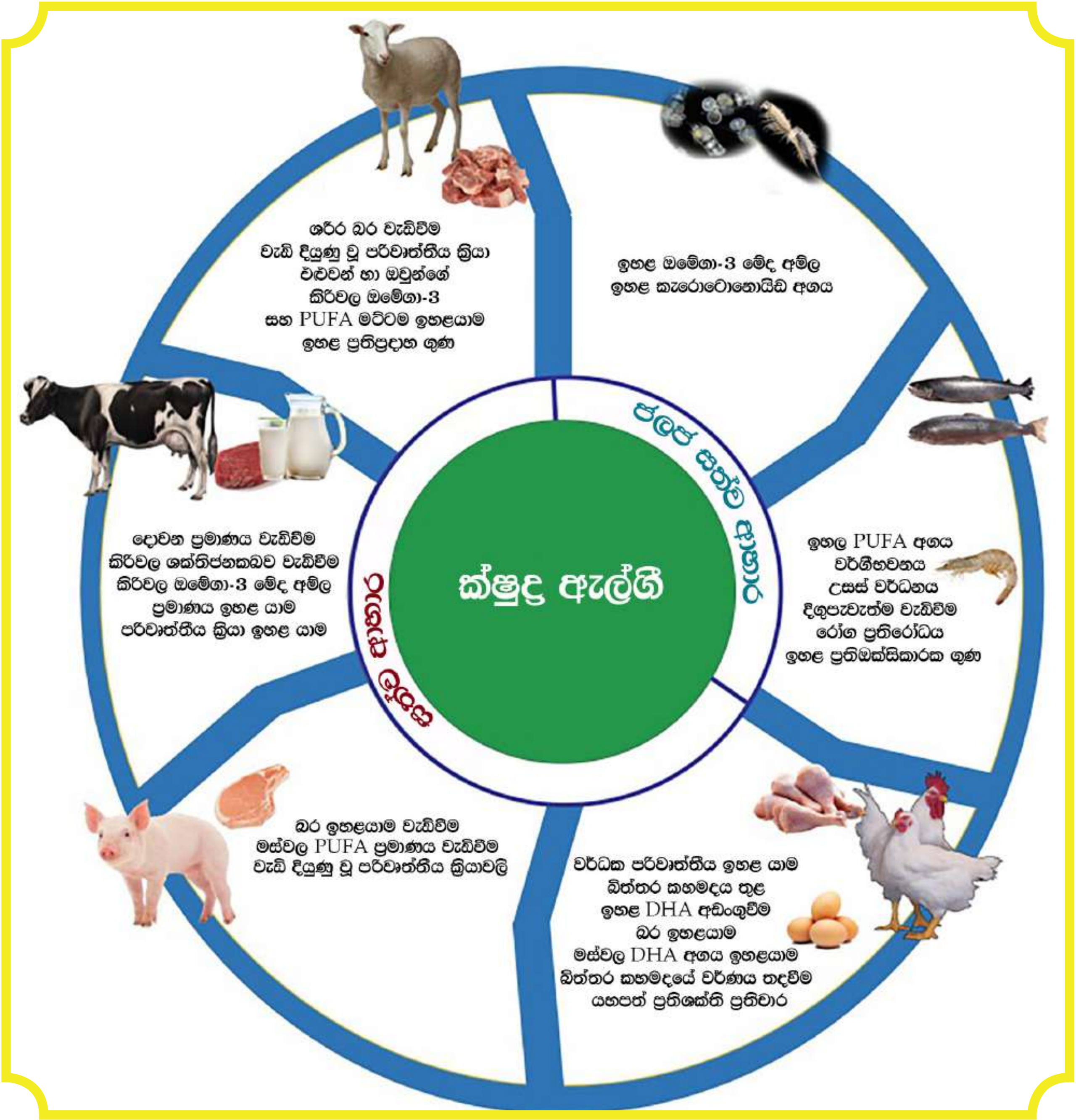
තාක්ෂණයේ වර්තමාන තත්ත්වය සලකා බලන විට ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී, ජෛව ස්කන්ධමය ඖෂධමය /පෝෂණමය ද්‍රව්‍ය යෙදවුම් සඳහා යොදා ගැනීම,

ඒවා ජෛව ඉන්ධන සහ ජෛව බලශක්තිය ලෙස භාවිතයට වඩා ආර්ථික වශයෙන් ලාභදායියි. එයට හේතුව ජෛව ඉන්ධන සතුවන වටිනාකම සමග සංසන්දනය කරන විට මෙම නිෂ්පාදනයන්ට ඉහළ වෙළෙඳපොළ අගයක් පැවතීමය.

ජෛව පොහොර

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගීවලට තම වර්ධනයේදී, වර්ධන මාධ්‍ය තුළ පවතින නයිට්‍රජන්, පොස්පරස් සහ කාබන් යනාදිය ස්වීකරණය හෙවත් උරා ගැනීමට හැකියාව ඇත. එහෙයින් උත්පාදනය වන ජෛව ස්කන්ධමය ද මෙම මූල ද්‍රව්‍යයන්ගෙන් පෝෂිතය. එහෙයින් ඒ සතුව ජෛව පොහොර සම්භවයක් පවතියි.

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධමය, ජෛව පොහොර ලෙස යොදා ගැනීමෙන් මෙම මූල ද්‍රව්‍ය පසට හඳුන්වාදිය හැකිය. මෙම ද්‍රව්‍යයන් පසෙහි වැඩෙන ශාක තම වර්ධනය සඳහා අවශෝෂණය කරගනු ලබයි. මෙයට අමතරව ක්ෂුද්‍ර



රූපය 4: ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සත්ව ආහාර ලෙස (ආශ්‍රිතයː Dineshbabu et al., Microalgae–nutritious, sustainable aqua- and animal feed source, Journal of Functional Foods 62, 2019)

ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධය පසෙහි වයනය දියුණු කිරීමටද සමත්ය. තවදුරටත් සඳහන් කළහොත් වියළි ජෛව ස්කන්ධ වෙනුවට ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී රෝපිත ජීවී ආමුකුලන (එන්නත්) ද්‍රව්‍ය ලෙස පසට එකතු කිරීමටද හැකිය. ජීවී ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වලට බහිස්සෛලීයය බහුඅවයවික ද්‍රව්‍ය ස්‍රාවය කිරීමට ශාක වර්ධන හෝර්මෝන නිපදවීමට වායුගෝලීය නයිට්‍රජන් තිර කිරීමට පසෙහි අඩංගු ඛනිජ ද්‍රව්‍ය ද්‍රව්‍යතාපයට ලක් කිරීමට පවත්නා හැකියාව, ශාක වර්ධනය සැළකිය යුතු තරමින් ඉහළ දැමීමට සමත්ය.

සත්ව ආහාර

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධය, අත්‍යවශ්‍ය මේද අම්ල, ප්‍රෝටීන, විටමින සහ කාබෝහයිඩ්රේට්වලින් පෝෂිතය. ඒවා සජීවී ජීවීන්ගේ වර්ධනය සඳහා අත්‍යවශ්‍යය. එබැවින් 4 වන රූප සටහනෙහි දක්වා ඇති පරිදි සත්ව නිෂ්පාදනවල ගුණාත්මක භාවය ඉහළ නංවාලීම සඳහා සත්ව ආහාර සහ ආහාර අතිරේක නිපදවීම සඳහා ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී යොදා ගැනීම බොහෝ විට සිදුවෙයි. උදාහරණයක් ලෙස දක්වතොත් විසිතුරු මත්ස්‍යන්ගේ වර්ණක ඇතිවීම වැඩිදියුණුකිරීම සඳහා කැරොටොනොයිඩ් වලින් පොහොසත් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛවස්කන්ධ යොදා ගැනීම දැක්විය හැක. එයට අමතරව කැරොටොනොයිඩ් පෝෂිත ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී කුකුල් ආහාර සඳහා යොදා ගැනීම, කිකිළි බිත්තරවල පෝෂණ අගය ඉහළ නැංවීමට සහ බිත්තර කහමදයේ වර්ණය නංවාලීමටද ඒවා යොදා ගැනීමට පුළුවන.

ජෛව යළි ප්‍රකෘතිමත් කිරීම හා ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී කාබන්ඩයොක්සයිඩ් පරිවේෂ්ටනය

පසෙහි වැඩෙන ශාක දක්වන ප්‍රභාසංශ්ලේෂණ කාර්යක්ෂමතාව ඉක්මවා යන කාර්යක්ෂමතාවක් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී දක්වන බැවින් වායුගෝලීය කාබන්ඩයොක්සයිඩ් සාන්ද්‍රණය (0.04%) ට පවා ඉහළ කාබන්ඩයොක්සයිඩ් වායු ධාරාවලින් කාබන්ඩයොක්සයිඩ් තිර කිරීමේ හැකියාවක් ඒ සතුය. එහෙයින් කර්මාන්තමය වාහිනී වායුවෙන් කාබන්ඩයොක්සයිඩ් තිර කිරීම සඳහා වන පරිවේෂ්ටනයන්ට ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී යොදා ගැනීමට බොහෝ පර්යේෂකයන් කටයුතු කර ඇත්තේ එම වායුව තුළ කාබන්ඩයොක්සයිඩ් 3-30% v/v මට්ටමින් පවතින හෙයිනි. එබැවින් විශාල ප්‍රමාණයේ කාබන්ඩයොක්සයිඩ් පරිවේෂ්ටන ක්‍රියාශීලී සංවර්ධනය කිරීම වායු දූෂණය හා ගෝලීය උෂ්ණත්වය ඉහළ යාම සීමා කිරීමට සහාය වනු ඇත. එනමුත් වාහිනී වායුවේ ඉහල උෂ්ණත්වය සහ නිශේධන හැකියාවෙන් යුත් සංරචක පැවැතීම ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වර්ධනය පසුබෑමට ලක්කල හැකි බැවින් තවදුරටත් පර්යේෂණ සිදුකිරීම වර්ධන තත්ත්වයන් ප්‍රශස්තකරණය කිරීම හෝ වාහිනී වායුව පූර්ව ප්‍රතිකාරයට ලක් කිරීමෙනි හෝ අවශ්‍යතාවයක් ලෙස පෙනේ.

අපජලය ජෛවීය යළි ප්‍රකෘතිමත් කිරීම

අපජලය තුළ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව නිෂ්පාදනයට උපයෝගී කර ගත හැකි නයිට්‍රජන්, පොස්පරස් සහ කාබනික සංයෝග අඩංගුය. එබැවින් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සඳහා විකල්ප වර්ධන මාධ්‍යයක් ලෙස අපජලය යොදාගැනීමට පුළුවන. සිය වර්ධනයයේදී ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී, අපජලයෙහි අඩංගු මෙම සංයෝග අවශෝෂණය කිරීම හේතුවෙන් ඒවා අපජලය තුළින් ඉවත් කරනු ලබයි. එයට අමතරව ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගීවලට බැරලෝහල සායම් (රංජක) සහ අනෙකුත් ධූලක සංයෝග අපජලයෙන් ඉවත් කිරීමට, අවශෝෂණය සහ ජෛව අවක්‍රමනය තුළින් පුළුවන. හෙයින් අපජලය ජෛවීය යළි ප්‍රකෘතිමත් කිරීම සඳහා වන විවිධ පර්යේෂණ සිදුකර ඇති අතර සැලකිය යුතු පෝෂක ඉවත් කිරීම

රූපය 5: පිටත සිදුකරන ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වගා ක්‍රම (ආශ්‍රිතය: Bitog et al., Application of computational fluid dynamics for modeling and designing photobioreactors for microalgae production: A review, Computers and Electronics in Agriculture 76, 2011)

සාර්ථක ලෙස සාක්ෂාත් කර ගැනීමට දැනටමත් හැකියාව ලැබී ඇත. අපජලය ඵලදායි ලෙස ඉවත් කිරීමට මෙම සමෝධානික ක්‍රියාවලිය සමත්වනවාට අමතරව ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධ නිෂ්පාදනයේ තිරසරබව සහ ආර්ථික ඵලදායිතාව නංවාලීමට ද එය සමත්ව ඇත. මේ අනුව අපජලය පාදක වගා කිරීම් තුළින් මිරිදිය ජල පරිභෝජනය අඩු කිරීමට සහ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ඉන්ධන හෝ ජෛව නිෂ්පාදන හෝ සඳහා කරන පිරිවැය ද අඩු කිරීමට සමත්ව ඇත.

ජෛව පිරිපහදුව සඳහා අමුද්‍රව්‍ය ලෙස ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පාදක ජෛව නිෂ්පාදන නිපදවීමේ දී මුහුණ දෙන සැලකියයුතු අභියෝගයක් වන්නේ මෙම නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියේ ඉහළ ධාරාවේ මෙන්ම පහළ ධාරාවේ දී ද දැරීමට සිදුවන අධික පිරිවැයයි. එම නිසා දැනට ජෛව ඉන්ධනවැනි පහළ අගයකින් යුත් සංයෝග නිපදවීම ආර්ථික වශයෙන් ඵලදායී නොවේ. එසේ නමුත් ඖෂධ පෝෂණීය ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදන යෙදවුම් සඳහා වානිජ අගය ඉහළ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පරිවෘත්ජක යොදා ගැනීම සැලකිය යුතු ලෙස ඉහළය. මෙම පරිවෘත්ජක නිෂ්පාදකයන් සතු ඉසුරුමත් ස්වභාවය නිසාම ඒවා ඉහළ වටිනාකමක් සහිත සංයෝග, ලෙස හැඳින්වෙයි. එක් ජෛව ස්කන්ධ අමුද්‍රව්‍ය තොගයකින් විවිධ අවලිකයක භාණ්ඩ නිෂ්පාදනය හරහා ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධයෙහි සංකල්පමය අගය ඉහළ දැමීමට විභවමය හැකියාවක් සහිත ජෛව පිරිපහදු සංකල්පයක් මෑත වසර වලදී සොයාගෙන ඇත. මෙම පසුබිමට අනුව ප්‍රාථමික නිෂ්පාදන ඉහළ වටිනා වටිනාකමකින් යුත් සංයෝග ලෙස නිපදවෙන අතර, අඩු වටිනාකමකින් යුත් සංයෝග අවශේෂමය ජෛව ස්කන්ධ නිස්සාරණය කර අවශ්‍ය ජෛව නිෂ්පාදන ලෙසට පරිවර්තනය කළ හැකිය. ඒ අනුව අඩු වටිනාකමකින් යුත් සංයෝග නිෂ්පාදනය සඳහා දැරීමට වන පිරිවැය වනු ඇත්තේ අවශේෂමය ජෛව ස්කන්ධ සකස් කිරීම සඳහා වන වර්ධිත පිරිවැය පමණය. එයට හේතුව ඉහළ වටිනා වටිනාකමකින් යුත් සංයෝග නිෂ්පාදනය හරහා ජනනය කළ ආදායමෙන් සමස්ත පිරිවැය ඉතා විශාල ප්‍රමාණයක් ප්‍රතිපූරණය කර ගත හැකි වීමය.

ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සඳහා පර්යේෂණ - ශ්‍රී ලංකාවේ තත්ත්වය

ශ්‍රී ලංකාව යනු සාගරයෙන් වට වූ දිවයිනකි. මෙම සාගරය සමුද්‍රීය ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂයන්ගෙන් පෝෂිතවූවකි. එයට අමතරව ශ්‍රී ලංකාවේ අභ්‍යන්තර ජලාශ ද විශාල ගංගා හා වැව් සමූහයකින් සමන්විත වූවකි. විවිධ දේශීය ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ගණනාවක් තිබුණද මෙම අගනා ජලජ සම්පත උපයෝගී කරගැනීමට ශ්‍රී ලංකාව දරා ඇත්තේ අල්ප උත්සාහයකි. එබැවින් රට තුළ පවත්නා විවිධාකාර ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂ ගවේෂණය හරහා ශ්‍රී ලංකාව තුළ ජෛව පදනම් කර්මාන්ත සංවර්ධනය කිරීමේ අඩිතාලමක් යෙදිය හැකිය.

ජෛවතාක්ෂණමය විභවයක් සහිත ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂ හඳුනාගැනීම සඳහා අභ්‍යන්තර සහ සමුද්‍රීය ජලාශ තුළ වෙසෙන ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී නියැදීමක් සිදු කළ යුතු අතර ඉන් පසුව අදාළ විශේෂ වෙන්කිරීම් සහ හඳුනාගැනීම සිදුවිය යුතුය. ඉන්ඉක්බිතිව වෙන්කල විශේෂ පරීක්ෂාවට ලක් කර උනන්දුවක් දක්වන පරිවෘත්ජකයන් හා සංස්ලේෂණය කිරීමට ඒවා සතු හැකියාව විමසා බැලිය යුතුය. ඉන්පසුව වටිනාකමින් ඉහළ සංයෝග නිෂ්පාදන හැකියාව උපරිම තත්ත්වයට පත් කිරීම සඳහා පුළුල් පර්යේෂණ සිදු කිරීම අවශ්‍යය වේ. රසායනාගාර මට්ටමේ පරීක්ෂණ මගින් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂ මත යැපෙන ප්‍රශස්ත රෝපණ පරාමිතීන් භාවිතයෙන් එය සාක්ෂාත් කරගැනීමට පුළුවන. මෙම රසායනාගාර මට්ටමෙන් සිදුවන ක්‍රියාවලියෙන් පසුව ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වගා පද්ධති පරිවෘත්ජක නිෂ්පාදනය ඉහළ නැංවීම සඳහා උසස් මට්ටමකට පත් කළ යුතුය. දරුණු ඍතුමය වෙනස්කම් රහිත සහ වසර පුරාම හිරු එළිය විශාල වශයෙන් ලැබෙන රටක් වශයෙන් එළිමහන් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වගා පද්ධති ඇති කිරීමට ශ්‍රී ලංකාව ඉතා උචිත රටකි.

මෙම ක්ෂුද්‍රජීවීන්ගෙන් ඉහළ ජෛව තාක්ෂණික විභවයක් පැවතීම මත ශ්‍රී ලංකාවේ පර්යේෂකයන් ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ක්ෂේත්‍රය දෙසට යොමුවීම අවශ්‍යව පවතී.

වර්තමානයේ දී මොරටුව විශ්වවිද්‍යාලයේ රසායන සහ ක්‍රියාවලි ඉංජිනේරු අංශයේ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පර්යේෂණ කණ්ඩායමක් ජාතික සම්පතක් ලෙස ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ඌන උපයෝගීතාවය වළක්වා ඉන් ලද හැකි ඵල ප්‍රයෝජන ඉහළ නැංවීම සඳහා වන පර්යේෂණවල නියැලී සිටිති.

මෙම පර්යේෂණ කණ්ඩායම ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී විශේෂ වෙන් කිරීම සහ හඳුනාගැනීම ඉලක්ක ගත පරිවෘත්තජ නිෂ්පාදනය සඳහා සුදුසු මාදිලි කවරේදැයි හඳුනාගැනීමට, රෝපණ තත්ත්වයන් ප්‍රශස්තකරණය, ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී පාදක ජෛව පිරිපහදුව සහ නියමු මට්ටමේ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී වගා කිරීමේ ක්‍රම සොයා ගැනීමට කටයුතු කරමින් සිටිති. කණ්ඩායමේ අවසන් ඉලක්කය වී ඇත්තේ රට තුළ ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී කර්මාන්ත පිහිටීම සඳහා දායක වීමය.

ආචාර්ය තිළිණි යු. ආරියදාස
ජ්‍යෙෂ්ඨ කථිකාචාර්ය,
රසායනික සහ ක්‍රියාවලි ඉංජිනේරු
දෙපාර්තමේන්තුව,
මොරටුව විශ්වවිද්‍යාලය

බල ශක්තිය සපයන ගුරු රසායනඥයා - ක්ෂුද්‍රජීවීන්

ආචාර්ය අමා දම්සර ජයවර්ධන

ආහාර සහ ඉන්ධන මිල ගණන් පිළිබඳව වර්තමානයේ පවතින ගැටලු ලෝකයට දල්වා ඇත්තේ රතු එළියකි.

විසි එක්වන සියවසේ සමාජය මුහුණ දෙන ප්‍රබල ම අභියෝග දෙක වනුයේ ගෝලීය බලශක්ති සැපයුම පවත්වාගෙන යාමත් දේශගුණ විපර්යාස අවම කිරීමත් ය. මෙම අභියෝග දෙකට මුහුණ දීමේ දී බැක්ටීරියා, යීස්ට්, දිලීර සහ ආර්කී යන පියවි ඇසට නොපෙනෙන ක්ෂුද්‍රජීවී ගහනයෙන් උදව් ලබා ගැනීමේ හැකියාවක් පවතී. එහෙත් කාලයක් තිස්සේ සිදු වූ විවිධත්වයෙන් යුතු වූ විකරණයෙන් සිදුවීම, ප්‍රතිසංයෝජන ඇතිවීම, පාර්ශවික ජාන හුවමාරු ක්‍රියාවලි ආදිය තුළින් ක්ෂුද්‍ර ජීවීන්ට, ඔක්සිකරණ - ඔක්සිහරණ ප්‍රතික්‍රියා නියායාත්මක ලෙස හැකි ඉහළම මට්ටමින් බොහොමයක් දුරට ළඟා වීමට මෙන්ම, සූර්යයා හා අනෙක් ශක්ති සම්පත් හසුකර ගැනීමටත් පැවතිය නොහැකි තරම් වූ හා සහ විවිධත්වයන් ගෙන් යුත් පරිසර පරාසයන් තුළ ජීවත් වීමටත් හැකියාව උරුම කර දී ඇත. සමහර ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් ආන්ත පරිසර තත්ත්වයන් යටතේ ජීවත් වීමට සමත් බැවින් වර්තමාන ජීවීන් වෙසෙන පරිසර සීමාවන්ගෙන් ඔබ්බට ගොස් පැවැත්මට සමත්ව ඇත .

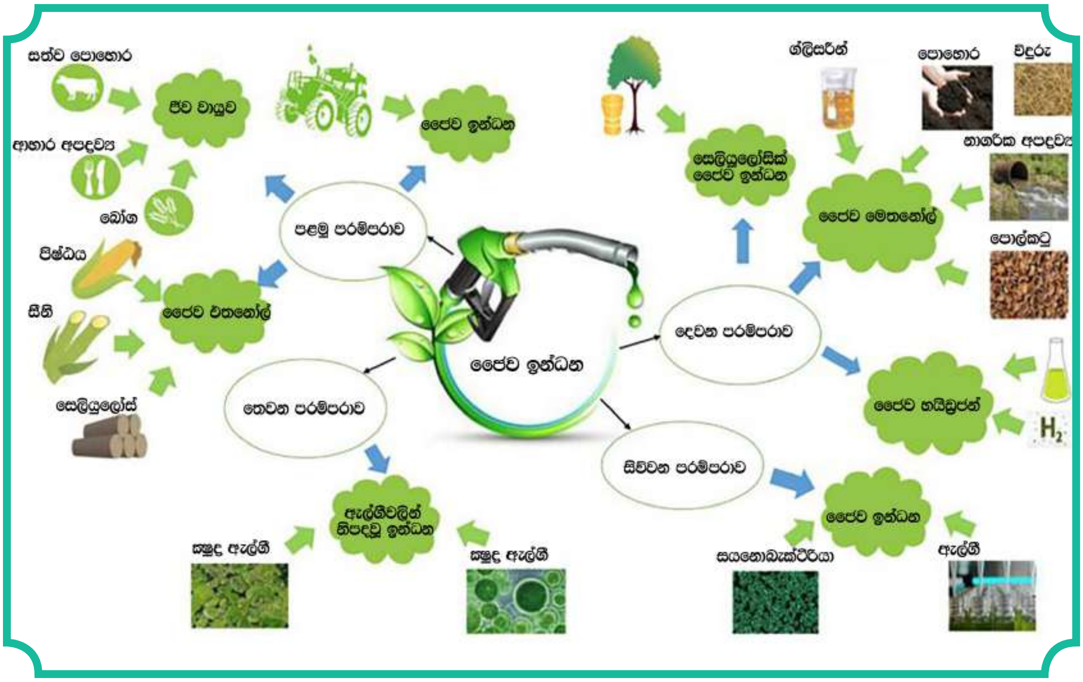
ඇස්තමේන්තු අනුව පෘථිවිය මත ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් 10^{30} පමණ සංඛ්‍යාවක් ජීවත් වෙතැයි සැලකෙයි. ඒ අතරින් බොහෝ දෙනකු පිළිබඳව තවමත් දැනුවත් ව නොමැත. මෙසේ නොදන්නා ක්ෂුද්‍රජීවීන් සමහරක් මිනිස් සිරුර මත හා ඇතුළත ජීවත් වෙති.ආහාර ජලය සහ වාතය හරහා සමහර ක්ෂුද්‍රජීවීහු නිරතුරුවම ජනතාව මුණ ගැසෙති.

අනෙකුත් ක්ෂුද්‍ර ජීවීහු එතරම් හිතකර නොවන ස්ථානවල දිවි ගෙවති. ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් අතරින් බොහොමයක් අපට ප්‍රයෝජනවත්ය. ඔවුන්ගේ සාමූහික ප්‍රයත්නයන් පෘථිවියේ නොයෙකුත් ක්‍රියාකාරකම් සඳහා හිතකර ලෙස බලපායි. දැනට පොසිල ඉන්ධනවලින් ලබාගන්නා ද්‍රව ඉන්ධන, හයිඩ්‍රජන්, මීතේන්, විදුලිය හෝ රසායනික පෝෂණ ද්‍රව්‍ය බවට ශාක සහ වෙනත් ජෛව ස්කන්ධ පරිවර්තනය කිරීමේ කාර්යක්ෂම ක්‍රම ක්ෂුද්‍රජීවීන් සතුව පවතී.

ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනය හා ක්ෂුද්‍ර ජීවීන්

බලශක්ති නිෂ්පාදන කාර්යය සදහා ක්ෂුද්‍රජීවීන් තිරසරව උපයෝගී කරගත හැකිය. මෙයට උදාහරණයක් ලෙස සැකරොමයිසින් සෙරවිසියේ (*Saccharomyces cevevisiae*) එනම් යීස්ට් වැනි ක්ෂුද්‍රජීවී ක්‍රියා මගින් ආහාර බෝගයන්ගෙන් ලබාගන්නා සීනි සහ පිෂ්ඨය පැසවීමට ලක් කර එතනෝල් නිෂ්පාදනය දැක්විය හැකිය. මෙම එතනෝල් වාහන ධාවනයට යොදාගන්නා ද්‍රව ඉන්ධන සමඟ මිශ්‍ර කිරීමට පුළුවන. බ්‍රසීලය, එක්සත් ජනපදය සහ තවත් යුරෝපීය රටවල් ගණනාවක් එතනෝල් මිශ්‍රකළ ඉනධන බහුලව භාවිත කරති (රූපය 1). එය ගැසොලීන් සමග එක්කරන ජෛව ඉන්ධන ආකලනයක් ලෙස හැඳින්වෙයි. ගැසොලීන් සමග එක්කර සමමිශ්‍රිත කාරකයක් ලෙස භාවිතා කරන එතනෝල් මද්‍යසාරයකි. එමගින් ඉන්ධනයෙහි ඔක්ටේන් අගය ඉහළ දැමීමට හැකි වන අතර පිටාර වායුවේ අන්තර්ගත කාබන්ඩයොක්සයිඩ සහ දූමාරය අඩුකිරීමක් ද සිදුවෙයි. එලෙසින් ජෛව ඉන්ධන පරිසරයද ආරක්ෂා කරයි එසේ නමුත් ආහාරමය ශාක ද්‍රව්‍ය, එතනෝල්වලට පරිවර්තනය කිරීම වියදම් අධික ක්‍රියාවලියකි. එසේම සමහර සාරධර්ම ගැටලු ද මෙම ක්‍රියාවලිය හා සම්බන්ධය. දියුණුවෙමින් පවතින යම් රටවල ජනතාවට කුසට ආහාර නොමැතිව සිටිය දී ඉන්ධන නිෂ්පාදනය සඳහා ආහාර බෝග මෙලෙස වගා කිරීම නොකළ යුතු දෙයක් ලෙස සමහරු තර්ක කරති. බ්‍රසීලය වැනි රටවල්

එතනෝල් නිෂ්පාදනය සදහා සීනි නිෂ්පාදනය වැඩිකිරිමට තම වැසි වනාන්තර විශාල ප්‍රමාණයක් එළිපෙහෙළි කිරීමට පොළඹෙනු



රූපය 1:

ඇතැයි මතයක් විද්‍යාඥයන් තුළ පවතී.

සිය ප්‍රභාසංශ්ලේෂණය ක්‍රියාවලියේදී කාබන්ඩයොක්සයිඩ් සැලකිය යුතු ප්‍රමාණයක් ඉවත් කර වායුගෝලය පවිත්‍ර කිරීමට වැසිවනාන්තර ක්‍රියා කරන බැවින් ඒවා ඉවත් කිරීම අවධානය යොමු විය යුතු ප්‍රශ්නයකි. එම හේතුව නිසා උක්වැනි ආහාරමය බෝග තුළින් ජෛව ඉන්ධන නිපදවීම. පොසිල ඉන්ධන අර්බුදයට දීර්ඝ කාලීන විසඳුමක් වේ යැයි සිතිය නොහැකිය.

කෙසේවෙතත් ගස්, පැළෑටි, තෘණ භෝග වර්ගයන්හී ආහාරයට නොග න්නා කොටස් ආදියෙන් සමන්විත සෙලියුලෝස් යුත් විශාල ඌන-උපයෝගී සම්පත් ප්‍රමාණයක් ද පෝෂක ද්‍රව්‍ය ලෙස යොදා ගැනීමේ හැකියාව පවතියි. සෙලියුලෝස් එතනෝල් බවට පරිවර්තනය කළ හැකි ක්‍රමවේද පිළිබඳ ව විද්‍යාඥයන් වැදගත් පර්යේෂණ කරමින් සොයා බලමින් පවතී.

සෙලියුලෝස්වලින් නිෂ්පාදනය කළ එතනෝල් ද ආහාරමය ශාක කොටස් යොදා සකස් කළ එතනෝල්වලටම සමානය. සාමාන්‍යයෙන් සෙලියුලෝස් එතනෝල් ජනනය කරනු ලබන්නේ ලිග්නීන්, හෙමිසෙලියුලෝස්, සහ සෙලියුලෝස් මිශ්‍රණයෙන්වන ලිග්නොසෙලියුලෝස්වලිනි. ඉහත සඳහන් කළ ද්‍රව්‍ය තුන, ශාක සෛල බිත්තයෙහි ප්‍රධාන සංරචකයෝය. ශාක පාදක ආහාර මූලාශ්‍රයන් පරිභෝජනය කරන මිනිසුන්ට හා බොහෝ සත්වයින්ට මෙම ලිග්නොසෙලියුලෝස් කොටස් ජීර්ණය කළ නොහැකිය.

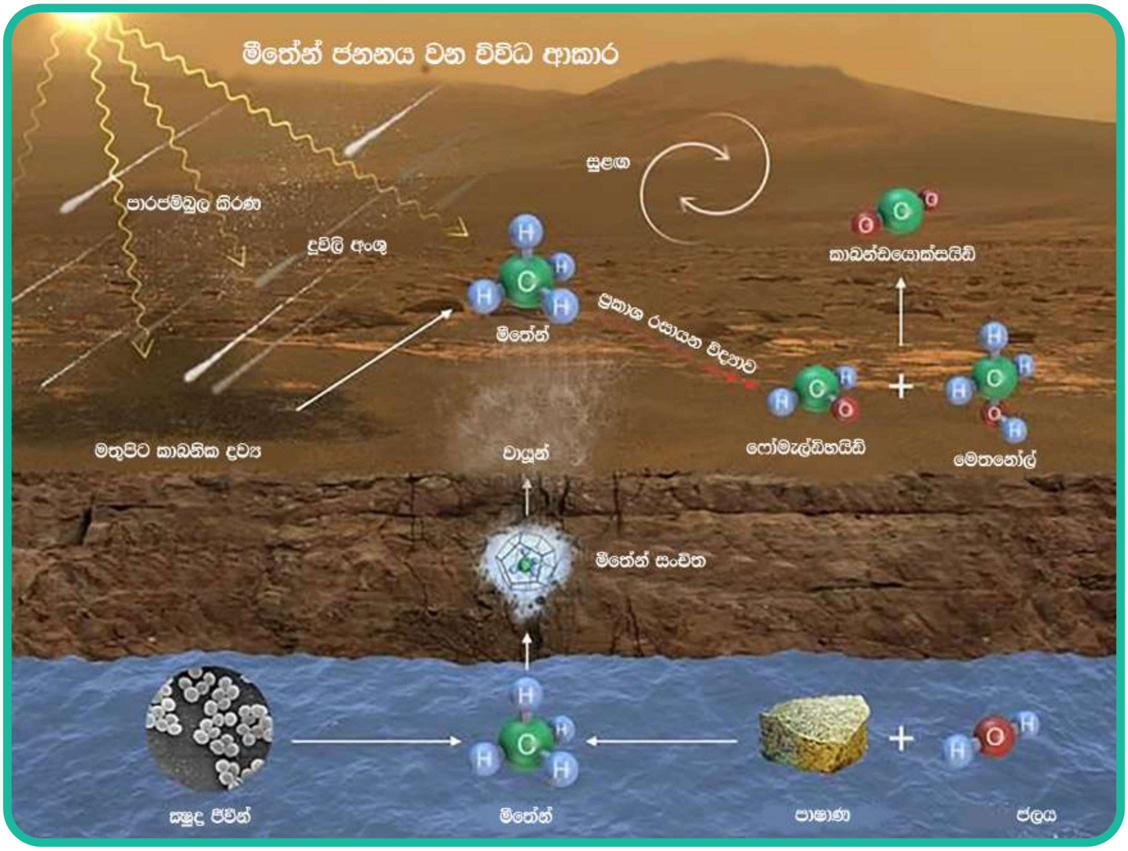
ලිග්නොසෙලියුලෝස් නටු, ලීකුඩු ලී කැබලි ආදී ආහාරයට නොගන්නා කොටස් තුළ ද අඩංගුය. එබැවින් ආහාරයට ගතහැකි ශාකයන්ගේ ඉවතලන කොටස් විශාල ප්‍රමාණයක් ඇති අතර ඒවා ප්‍රතිචක්‍රීකරණය කළ හැකිය. දීර්ඝ කාලයක් මුළුල්ලේ සිදු කළ පර්යේෂණ වලින් පසුව විද්‍යාඥයින් සෙලියුලේස් ලෙස නම් කරන එන්සයිම කාණ්ඩයක් සොයාගෙන ඇති අතර මෙම සෙලියුලෝස් එන්සයිමයනට සෙලියුලේස් පැසවීමට ලක්කර ඒවා සීනි බවට පරිවර්තනය කිරීමේ හැකියාව ඇත. මෙම සෙලියුලේස් කාණ්ඩයම තුළ එන්ඩොග්ලූකනේස්. එක්සෝග්ලූකනේස් සහ බීටා ග්ලූකොසයිඩේස ලෙස නම් කළ ප්‍රධාන සාමාජිකයන් තිදෙනෙක් සිටිති. ලිග්නොසෙලියුලෝස් පැසවිය හැකි සීනි බවට පරිවර්තනය කරනුයේ මෙම එන්සයිමයයි. ඉන් පසුව මෙසේ පැසවීමට ලක් කළ සීනි යීස්ට් ක්‍රියාකාරීත්වය තුළින් එතනෝල් සෑදීම සිදු වෙයි .

සල්ෆොලොබස් සොල්ෆාටාරිකස් (*Sulfolobus solfataricus*) වැනි ඉතාලියේ විසූවියස් ගිනි කන්ද අසල ආග්නේය පොකුණු තුළ හමුවන පෞරාණික ආර්කේන්ස් සහ ලී ජීර්ණය කිරීමට සමත් සියලු පාංශු වර්ග තුළින් හමුවන ට්‍රයිඩර්මා රිසෙයි (*Trichoderma reesei*) දිලීරය යනාදිය සෙලියුලේස් එන්සයිමය නිපදවන ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන් සඳහා දිය හැකි සුලබ උදාහරණය. මෙම ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන් තුළ සිදු කරන ජානමය විකරණය තුළින් සෙලියුලේස් එන්සයිමය වැඩිපුර නිපදවිය හැකි කාර්යසාධනයක් සහිත ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් බිහි කළ හැකිය.

මෙයට අමතරව දැනටමත් කැනඩාවේ සමාගමක් ජාන විකරණයට ලක් කළ දිලීරයක් යොදාගෙන පිදුරු, ග්ලූකෝස් බවට පරිවර්තනය කිරීමට සමත්ව ඇත. මෙම දිලීරයම යොදාගෙන දැනටමත් පිදුරු විශාල ප්‍රමාණයක් සීනි බවට පරිවර්තනය කර ඇත. මෙම ග්ලූකෝස් ඉන්පසුව යීස්ට් මගින් පැසවීමට ලක් කර එතනෝල් ජෛව ඉන්ධන නිපදවීමට යොදාගැනීමට පුළුවන. සෙලියුලෝස් තුළින් සීනි නිදහස් කර ගැනීමට සමත් ක්‍ෂුද්‍රජීවීන්ගේ එන්සයිම හා ක්‍ෂුද්‍රජීවී ප්‍රජාවන් හඳුනාගැනීමට සමත් මෙටා ජෙනොමික, කෘතිම සහ වෙනත් ප්‍රවේශයන් භාවිතය පිළිබඳ විමසන

පර්යේෂණ වැඩසටහන් ක්‍රියාත්මක වෙමින් පවතී. ඒවා අවසානයේදී මෙම සීනි, එතනෝල් හෝ වෙනත් ඉන්ධන ලෙසට පරිවර්තනය කරනු ඇත. එහෙයින් ක්ෂුද්‍රජීවී-ශාක පරිසර හිතකාමී සම්බන්ධතාවය තුළින් ලොකයේ ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනයෙහි තිරසාරත්වය නංවාලිය හැකිය.

ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනයෙහි තිරසර බව නංවාලීම සඳහා ක්ෂුද්‍රජීවී-ශාක සම්බන්ධතාවය විධි කිහිපයකින් යොදවා ගත හැකිය. සාමාන්‍යයෙන් ක්ෂුද්‍රජීවීන් ශාකයන්හි මූල ගැටිති තුළ වෙසෙති. උදා:- රයිසෝබියම් (*Rhizobium*) බැක්ටීරියාව දැක්විය හැකිය. එසේම ඒවා කඳ, මුල්, පෘෂ්ඨ සහ පත්‍ර පෘෂ්ඨ මත ද වෙසෙති. ක්ෂුද්‍රජීවීන් තනිව කරන ක්‍රියාකාරකම් තුළින් ශාකවලට නයිට්‍රජන් සැපයෙන අතර එමගින් යෙදිය යුතු පොහොර ප්‍රමාණය අඩු වෙයි. එසේම ඔවුන් තනිව සිදු කරන ක්‍රියාවන් තුළින් ශාකවලට පොස්පරස් වෙත සමීප වීමට පෝෂක ප්‍රතිචක්‍රීකරණය සිදු කිරීමට, පාංශු ව්‍යුහය උසස් කිරීමට හා විවිධ රෝගවලින් ආරක්ෂාවක් සලසා ගැනීමට අවස්ථාව සලසයි. මෙම ක්ෂුද්‍රජීවී-ශාක සම්බන්ධතා හේතුවෙන් ආන්තික ඉඩම්වල ඵලදාව ඉහළ නංවාලීමට ද හැකි වෙයි. අවසානයේදී එය ආහාර සහ ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදනය යන දෙකටම ඵලදායි බවත් ඇති කරයි. ඊට අමතරව ක්ෂුද්‍රජීවී-ශාක සම්බන්ධතාවට ආහාර සහ ඉන්ධන පිළිබඳ වර්තමාන විවාදාත්මක තත්වය නිමා කිරීමට උදව් විය හැකි අතර කෘෂිකාර්මික කටයුතු හේතුවෙන් පරිසරයට සිදුවන හානි අවම කර ගැනීමට ද අවස්ථාව සැලසෙනු ඇත්තේ ය.

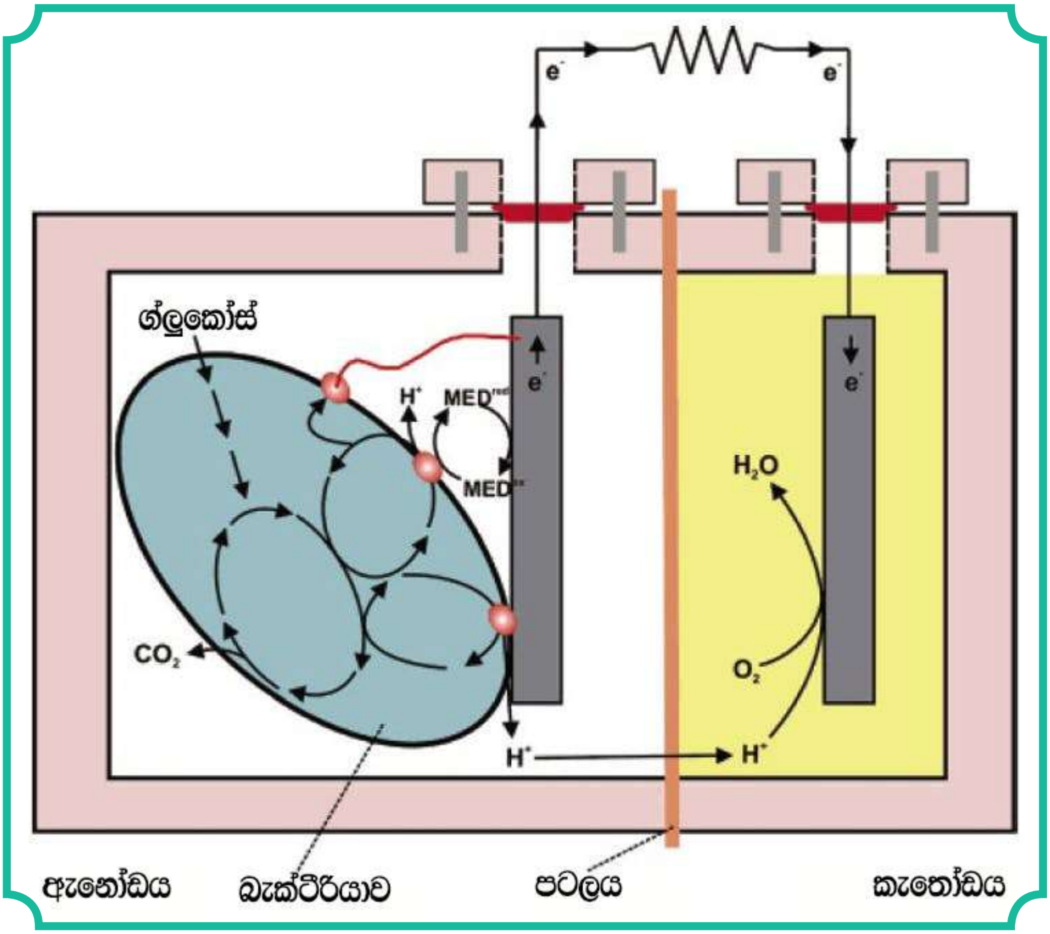


රූපය 2:

හයිඩ්‍රජන් සහ මීතේන් නිෂ්පාදන හා - ක්ෂුද්‍රජීවීන්

අඩු ඔක්සිජන් සැපයුමක් පවතිද්දී පරිවෘත්තීය අතුරු ඵලයක් ලෙස මීතේන් නිෂ්පාදනය කරන ක්ෂුද්‍රජීවීන් හැඳින්වෙන්නේ මීතනෝජන්ස් (මීතේන්කාරක) ලෙස ය. මේවා ආර්කියා රාජධානියට අයත් ප්‍රොකැරියෝටික ජීවිහු වෙති. මේ සඳහා දිය හැකි පහසුම උදාහරණයක් ලෙස *Methanosarcine barkere, Methonobrevi bacter smithii, Methanosarcine acetivorans, Methanococcus Maripaludis, Methanocaldococus zjannaschii* යනාදිය දැක්විය හැකිය. ලෝකයෙහි තෙත් කලාප ප්‍රදේශයන්හි මෙම ක්ෂුද්‍රජීවීන් වඩාත් සුලභය. මෙම ප්‍රොකැරියෝටික ජීවීන් ගොහොරු වායුව (මීතේන් සහ වෙනත් වායු) ඇති කිරීමේ වගකීම දරති.

මෙම මෙතනෝජනික, කාබනික සංයෝග බිඳ දමමින් හයිඩ්‍රජන් (H_2) කාබන්ඩයොක්සයිඩ් (CO_2) සහ මීතේන් (CH_4) නිපදවයි. ගොහොරු ඉඩම් සහ කුඹුරු ලියැදිවල හැරුනවිට මෙම බිඳවැටීමේ ක්‍රියාවලිය ගෘහස්ථ හා වනගතව වෙසෙන රෝමාන්තිකයන්ගේ ආහාර මාර්ගයන් තුළදීද සිදුවෙයි. රෝමාන්තිකයන් තුල රාමතෙල් නිපදවීමට (උගුරට ඒම ඇති කිරීමට මුල්වන) සහ මිනිසුන් තුළ බඩ පිපීම හා ගුද වාතය ඇති කිරීමට මීතේන් සමත්ය. මීතේන් යනු වර්ණ රස ගන්ධ රහිත ගිනි ගන්නා සුළු වායුවකි. (2 වන රූප සටහන)



රූපය 3:

මූලික වශයෙන්ම මීතේන් යොදා ගන්නේ තාපය හා ආලෝකය නිපදවන ඉන්ධනයක් ලෙසය. එයට අමතරව කාබනික රසායනික වර්ග නිපදවීමටද යොදා ගැනේ. හයිඩ්‍රජන් හමුවේදී කාබන්ඩයොක්සයිඩ්, මීතේන්වලට ඔක්සිහරණය කිරීමේ ප්‍රතික්‍රියාව මෙසේය.

$$CO_2 + 4H_4 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

කාබනික ද්‍රව්‍ය මීතේන්වලට පරිවර්තනය කරනවිට නිපදවන හයිඩ්‍රජන් බොහෝ ප්‍රයෝජනවත්ය. විදුලිය, ශක්තිය හා තාපය උත්පාදනයට හයිඩ්‍රජන් යොදා ගත හැකිය. වර්තමානයේදී පෙට්‍රෝලියම් පිරිපහදුවට සහ පොහොර නිෂ්පාදනයට හයිඩ්‍රජන් බහුලව භාවිතා කෙරේ. නිර්වායු අපජල ප්‍රතික්‍රියාකාරකයක් ලෙසද, මීතේන් ජනක ඇරෙක්නියා යොදා ගැනේ.

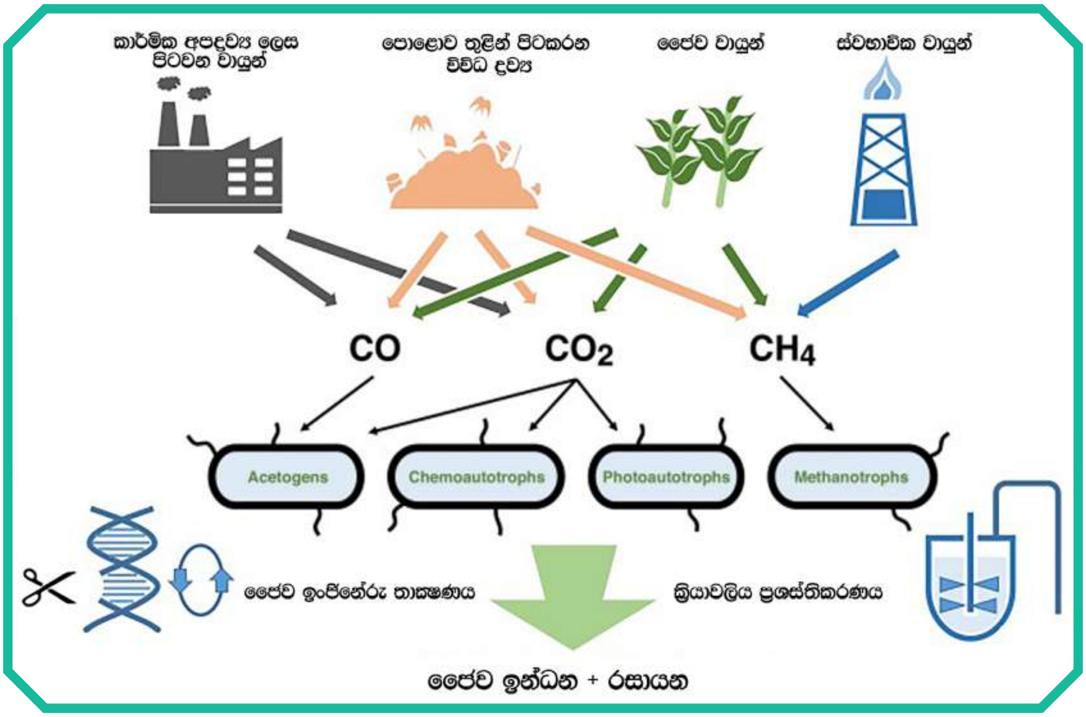
විදුලිය නිපදවීම හා ක්‍ෂුද්‍රජීවීන්

ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් යොදාගෙන විදුලි බලය උත්පාදනය කිරීමේ හැකියාවක් පවතියි. එය ජලය, සුළඟ, සූර්ය, හා වාෂ්ප භාවිතයෙන් විදුලි බලය නිෂ්පාදනය කිරීමේ සාමාන්‍ය ක්‍රියාවලියට විකල්ප ප්‍රවේශයකි. බැක්ටීරියා වැනි ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් සතු විදුලිය නිෂ්පාදනය කිරීමේ හැකියාව විද්‍යාඥයන් විසින් අධ්‍යයනය කරමින් සිටිති. මෙම සුවිශේෂී අවශ්‍යතාවය සඳහා විද්‍යාඥයන් රසායනික ක්‍රමවේදය ලෙස හැඳින්වෙන විශේෂ ක්‍රමවේදයක් භාවිතයට යොමුව සිටිති. ජෛව විද්‍යුත් රසායනික ක්‍රමවේදය සඳහා උදාහරණයක් ලෙස ක්‍ෂුද්‍රජීවීන් ඉන්ධන කෝෂය මයික්‍රෝබියල් ෆුඅල් සෙල්- (MFC) 3 වන රූප සටහන දැක්විය හැකිය. මෙම ක්‍ෂුද්‍රජීවී ඉන්ධන කෝෂයක එක් ඇනෝඩ කුටීරයක් (ඍණ ඉලෙක්ට්‍රෝඩය) හා එක් කැතෝඩ කුටීරයක් (ධන ඉලෙක්ට්‍රෝඩය) පවතියි. ක්‍ෂුද්‍රජීවී ඉන්ධන කෝෂය සාමාන්‍ය බැටරියකට සාමානව ක්‍රියාත්මක වෙයි. ක්‍ෂුද්‍රජීවී ඉන්ධන කෝෂයන්හී ක්‍ෂුද්‍රජීවීහු කාබනික හා අකාබනික ද්‍රව්‍ය ඇනෝඩ කුටීරය තුළදී වියෝජනයට ලක් කරන අතර එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස ඉලෙක්ට්‍රෝන උපදියි. පසුව මෙම ඉලෙක්ට්‍රෝන සන්නායක ද්‍රව්‍ය වලින් සැදුම්ලත් බාහිර පරිපථයක් ඔස්සේ ඇනෝඩ කුටීරයේ සිට කැතෝඩ කුටීරය වෙත ගලා යාම සිදුවෙයි. මෙහිදී භාවිත වන සන්නායක ද්‍රව්‍ය බොහෝ විට තඹ (කොපර්) පාදක කම්බිය අවසානයේ දී මෙම ජෛව රසායන ප්‍රතික්‍රියාව මගින් විදුලිය නිෂ්පාදනය වෙයි. ලෝකයේ සමාගම් ගණනාවක්ම මෙම ජෛව ඉන්ධන කෝෂ තාක්ෂණය හා සම්බන්ධ වී සිටිති. මහා පරිමාණයේ ජෛව ඉන්ධන කෝෂ තාක්ෂණය යොදා ගන්නා සමාගම් අතර ඇමෙරිකා එක්සත් ජනපදයේ කේම්බ්‍රියන් නවොත්පාදනයෙහි එකෝ වෝල්ට් හා මයික්‍රෝ ඕර්ගනික් ටෙක්නොලොජීන් VIVA MFC සමාගමේ ද කැනඩාවේ ෆ්‍රොන්ජිනර් සහ නෙදර්ලන්තයේ Plant-e ඇතුළත්ය. මෙම සමාගම් තම ජෛව ඉන්ධන කෝෂ සමෝධානය කර ඇත. විද්‍යුත් රසායනික වශයෙන් ඉතාම සාන්ද්‍රය බැක්ටීරියාව ලෙස පර්යේෂණයට ලක්ව ඇත්තේ ජියෝබැක්ටර් වර්ගයේ (Geobacter sulfurreducens) PCA මාදිලිය සහ Schewanella oneidensis str.MR-1 මාදිළියක්ය.

රසායනික පෝෂක ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනය හා ක්‍ෂුද්‍ර ජීවීන්

රසායන විද්‍යාවේ දී රසායනික පෝෂක

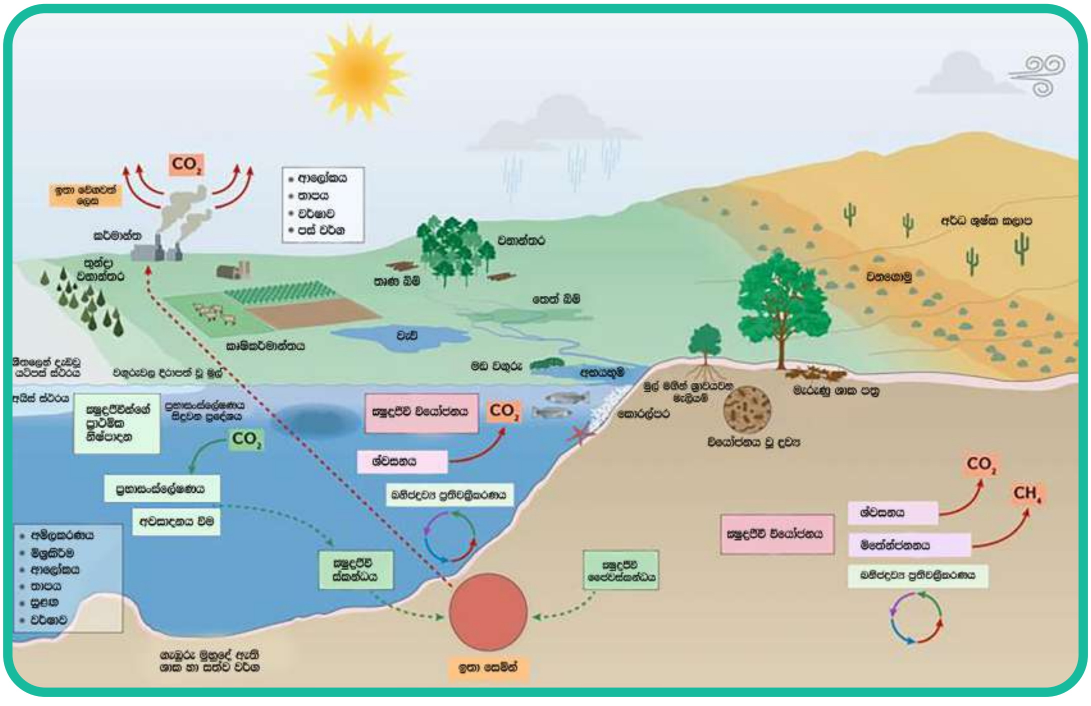
ද්‍රව්‍ය ලෙස හැඳින්වෙන විශාල පරිමාණයේ රසායනික ප්‍රතික්‍රියාවන් සඳහා සහාය වීමට උපයෝගී කරගන්නා ද්‍රව්‍යයි. උදාහරණයක ලෙස ගතහොත් පෙට්‍රෝලියම් යනු පෙට්‍රල්, මීතේන්, ප්‍රෝපිලීන් සහ බියුටේන් ඇතුළු තවත් රසායනික ගණනාවක් සඳහා වන රසායනික පෝෂක ද්‍රව්‍යයකි. ඒ නමුත් එමගින් සිදුවන පරිසර දූෂණය හා අධික නිෂ්පාදන පිරිවැය හේතුකොට පෙට්‍රෝලියම් පාදක කර්මාන්ත දැඩි විවේචනයට ලක්ව පවතියි.



රූපය 4:

ගෘහස්ථ ජෛව ඉන්ධන පෙට්‍රෝලියම් පාදක ප්‍රවාහනය සඳහා ඇත්ත වශයෙන්ම සුදුසු විකල්පයකි. ජෛව ඉන්ධන සාමාන්‍යයෙන් නිෂ්පාදනය කරනුයේ තෙල්, සීනි හා ජෛව ස්කන්ධ වැනි ශාකමය ද්‍රව්‍ය උපයෝගී කරගෙනය. මෙම ශාක ද්‍රව්‍ය ව්‍යුත්පන්න වී ඇත්තේ ප්‍රභාසංස්ලේෂණය තුළිනි. ප්‍රභාසංස්ලේෂණය ලෙස හැඳින්වෙන්නේ සූර්යයාගේ ශක්තිය ශාකය තුළ දී රසායනික ශක්තිය බවට පරිවර්තනය කිරීමේ ක්‍රියාවලියය. එසේ වුවද සූර්යයාගේ ශක්තිය ශාකය තුළට යොමුකර එතැනින් ජෛව ඉන්ධන බවට පරිවර්තනය කිරීම කාර්යක්ෂම මාර්ගයක් නොවේ. එහෙයින් ක්ෂුද්‍රජීවීන් යොදා ගෙන ප්‍රභාසංස්ලේෂණ ක්‍රියාවලිය මඟහැර යන විදුලි ඉන්ධන ඒකාබද්ධ කිරීම තුළින් සෘජුවම විදුලි බලශක්තිය සහ රසායනික සංයෝග භාවිතයෙන් ද්‍රව ඉන්ධන නිෂ්පාදනය කළ හැකිය.

මෑතකදී ඇමරිකා එක්සත් ජනපදයේ තාක්ෂණ විද්‍යාව පිළිබඳ මැසචුසෙට්ස් ආයතනය මගින් උත්පාදනය කළ කාබන්ඩයොක්සයිඩ් (CO_2) හා හයිඩ්‍රජන් (H) යොදාගෙන ස්වභාවික තෙල් නිෂ්පාදනය කිරීමටත් පසුව එම තෙල් හයිඩ්‍රොකාබන් ඉන්ධන බවට දියුණු කිරීමටත් සමත් නව තාක්ෂණයක්



රූපය 5:

සංවර්ධනය කිරීමට සමත් විය. මේ සඳහා මැසචුසෙට්ස් තාක්ෂණ ආයතනය පියවර දෙකකින් යුත් ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදන ක්‍රමවේදයක් සංවර්ධනය කරනු ලැබීය. පළමු පියවර වුයේ ඇසිටේට් ලෙස හැඳින්වෙන කාබන්-2 සංයෝගයක් බවට පෝෂක ද්‍රව්‍ය පරිවර්තනය කිරීමට සමත් ක්ෂුද්‍රජීවියකු තුළට කාබන්ඩයොක්සයිඩ් සහ හයිඩ්‍රජන් අණු ඇතුල් කරනු ලැබීමය. දෙවන අදියරේදී මෙම ඇසිටේට් උපයෝගී කරගෙන ස්වභාවික තෙල් නිෂ්පාදනය කිරීමට සමත් ජීවියකු වෙතය. ඉන්පසුව ප්‍රතික්‍රියාකාරක ටැංකියෙන් තෙල් ඉවත් කරගෙන රසායනික ද්‍රව්‍ය තුළින් විවිධ හයිඩ්‍රොකාබන ලෙසට පරිවර්තනය කරනු ලැබේ. මෙම ක්‍රියාවලිය සඳහා අවශ්‍ය විදුලිය හා නාගරික අපද්‍රව්‍ය දහනය මගින් ලබාගත හැකිය. නාගරික අපද්‍රව්‍ය දහනුයේදී අවශ්‍ය කාබන්ඩයොක්සයිඩ් නිෂ්පාදනය ද සිදුවීම් නිසා ජෛව ඉන්ධන නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියේ කාර්යක්ෂමතාවය ඉහළ යාමක් ද සිදුවෙයි. ඉහත ක්‍රියාවලය සඳහා ඇසීටෝජනක සහ මීතේන් බැක්ටීරියා භාවිතා කළ හැකිය. 4 වන රූප සටහන

මෙයට අමතරව එස්චිරිචියා කෝලයි (*Escherichia coli*), ඇස්පරගල්ස් (*Aspergillus*), සහ යුස්ටිලාගොට්‍රයිකොපොවා (*Ustilago trichophora*) ආදී ක්ෂුද්‍රජීවීන් යොදාගෙන 1,4-බියුටනේඩියෝල් සහ මැලික් අම්ල ආදී රසායනික පෝෂක ද්‍රව්‍ය නිපදවීම සිදුවේ. 1,4-බියුටනේඩියෝල් *Escherichia coli* බැක්ටීරියාව යොදාගෙන නිපදවන අතර ඒවා බිම තැවරුණු සායම් තීන්ත ඉවත් කරගැනීමට තීන්ත තනුක කිරීමට සහ වෙනත් කාර්මික ද්‍රව්‍ය තැනීමේදී යොදා ගැනේ. එසේම *Aspergillu* සහ *Ustilago trichophora* දිලීර යොදාගෙන මැලික් අම්ල නිපදවීම සිදුවේ. ඖෂධ නිපදවීමට, ආහාර කර්මාන්තයේ රසකාරකයක් ලෙස මෙන්ම *1-phenyethylamine* විභේද කාරකයක් ලෙසද මැලික් අම්ලය භාවිත වෙයි.

දේශගුණික විපර්යාස සංහිඳියාව හා ක්ෂුද්‍රජීවීන්

ඉහළ අනුපාතයකින් වායුගෝලීය කාබන්ඩයොක්සයිඩ් පරිවේෂ්ටන හැකියාව හේතුකොට ශාක පැළෑටි සහ ස්වයං පෝෂී ක්ෂුද්‍රජීවීන් හට දේශගුණ විපර්යාස සංසිඳවීමේ හැකියාව ද පවතී. මෙය ක්ෂුද්‍රජීවීන් විසින් පසුව සිදුකරන පාංශු ඔක්සිකරණය සහ කාබන් පිහිටුවීම මත රැඳෙන්නකි. දේශගුණ විපර්යාසයට සංහිඳියාව සඳහා ඇති සාර්ථක පියවරක්වන්නේ හරිතාගාර වායු ප්‍රමාණය පහළ හෙළීමය. මානව ක්‍රියාකාරකම් සහ ස්වභාවික සාධක හේතු කොට පවතින හරිතාගාර වායු ප්‍රමාණය ඉහළ යමින් ඇත. උදාහරණ ලෙස ගල් අඟුරු, තෙල්, හා පොසිල ඉන්ධන දහනය ශාක ද්‍රව්‍ය දිරාපත්වීම හා ජෛව ස්කන්ධ ආදි ක්‍රියාවන් හරිතාගාර වායු ප්‍රමාණය ඉහළ යැවීමට සමත්ය. දේශගුණ විපර්යාස සහ ගෝලීය උණුසුම මෙකළ ලෝකය මුහුණ දී ඇති ප්‍රධාන ගැටළු දෙකකි. දේශගුණ විපර්යාසය සහ ගෝලීය උණුසුම් වීම හේතුකොට බරපතල කාලගුණ වෙනස්වීම්, මරණ අනුපාත ඉහළ යාම, වාතය අපවිත්‍ර වීම, වනජීවීන් තුරන්ව යාම, ඉක්මනින්ම මුහුදු ජල මට්ටම ඉහළ යාම, සාගර අම්ලකරණය වීම ආදි දරුණු ප්‍රතිවිපාක ඇති වෙයි. මෙම දේශගුණ විපර්යාසයන්ට මුහුණ දීම සඳහා යොදා ගත හැකි ක්‍රමවේද කිහිපයකි. ඉන් එක් ක්‍රමවේදයක් වන්නේ දේශගුණය විපර්යාස සංහිඳියාවට සමත් ක්ෂුද්‍රජීවීන් සහ අනෙකුත් ජෛව විද්‍යාත්මක සංරචක භාවිතයයි. පෝෂක ප්‍රතිචක්‍රීකරණ ක්‍රියාවලිය තුළින් හරිතාගාර වායු ප්‍රමාණය අඩු කිරීමට ස්වයංපෝෂී ක්ෂුද්‍රජීවීන්ට හැකියාව ඇත. ගෝලීය ප්‍රභාසංස්ලේෂණ කාබන්ඩයොක්සයිඩ් ස්ව්කරණයෙහි නියලෙන ස්වයංපෝෂී ක්ෂුද්‍රජීවීන්ට කදිම උදාහරණයක් ලෙස සාගර ශාක ප්ලාංචග හෙවත් පයිටොප්ලැන්ක්ටන් දැක්විය හැකිය. (5 වන රූප සටහන)

තවදුරටත් දැක්වුවොත් කොමමොන්ඩේකේස් (*comamonadaceae*) සහ ස්පිසොමොනොඩෙස් (*sphisomonadaceae*) යන බැක්ටීරියාව හරිතාගාර වායු අඩු කිරීම් සඳහා යොදා ගැනීමේ අවස්ථා පවතී.

සම්බන්ධීකරණය වූ පර්යේෂණ තුළින් ඉහත සඳහන් කල ක්ෂුද්‍රජීවීන් ගුරු රසාඥයන් ලෙස ක්‍රියාත්මක වීමට සැලැස්වීම වීම තුළින් පෙර සඳහන් කළ එල ප්‍රයෝජන හිමි කර ගැනීමටත් වර්තමාන ජනගහනය මුහුණ දී ඇති බලශක්ති හිඟය සහ පරිසර දූෂණ අභියෝග අබිබවා යාමටත්, ප්‍රමාණවත් තරම් ආහාර සැපයුමක් සහතික කරගැනීමටත් අවස්ථාව සලසා ගත හැකිය.

ආචාර්ය අමා දම්සර ජයවර්ධන
ජ්‍යෙෂ්ඨ කථිකාචාර්ය
BECAS කැම්පස්
අංකඃ 126, ඩේව් පාර
වටපුළුව
මහනුවර

ලැබූ දැනුම විමසමු

38 වෙළුම - 3 කලාපය 2021 ජූලි - සැප්තැම්බර්

විදුරාව සඟරාවේ මෙම කලාපය කියවීමෙන් ඔබ ලද දැනුම විමසා බලමු.

මෙම කලාපයෙහි පළව ඇති ලිපි කියවා පහත දැක්වෙන ප්‍රශ්නවලට ඔබට පිළිතුරු දිය හැකිදැයි බලන්න.

1. හරිද? වැරදිද?

(අ) සියලු සජීවී ජීවී වර්ග ශාක හෝ සත්ව හෝ ලෙස වර්ගීකරණය කර තිබියදී ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් සොයා ගැනීම වර්ගීකරණය විද්‍යාඥයන් අතර ආන්දෝලනාත්මක තත්වයන් ඇතිකළේය.

(ආ) පෙනිසිලියම් දිලීරය යොදාගෙන පෙනිසිලින් නම් ලොව ප්‍රථම ප්‍රතිජීවක ඖෂධය නිපදවීමට ඇලෙක්සැන්ඩර් ප්ලෙමින් විද්‍යාඥයා සමත් විය.

(ඇ) පෘථිවිය මත ජීවයේ සම්භවය ඇතිවූයේ මෙයට වසර බිලියන 3.8 කට පෙරදීය.

(ඈ) කාන්තාර හා හිම මිදෙන ප්‍රදේශවල ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් ජීවත් නොවේ.

(ඉ) ක්ෂුද්‍ර ජීවීන්, කිරි නිෂ්පාදනය, පොහොර නිෂ්පාදනය හා ජෛව ඉන්ධන නිපදවීමට යොදාගැනේ.

2. හරිද? වැරදිද?

(අ) මිනිසාට සහ සතුන්ගේ සෞඛ්‍යට අහිතකර වුවත් රසායනික පොහොර වෙනුවට ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් යොදා පොහොර නිපදවීම අවශ්‍ය නැත.

(ආ) අදාල ජාන සහ ජානජාල පද්ධති හඳුනාගැනීමට සහය ලැබෙනුයේ පූර්ණ ගෙනෝම අනුක්‍රමණය සහ RNA අනුක්‍රමණය.

(ඇ) මෙටොජෙනමික් විශ්ලේෂණයකින් පසුව ඛණ්ඩවලට පළමු යෙදීම ජෛව තොරතුරු මෘදුකාංගයක් සහ විමර්ශන දත්ත පදනම් කරගෙන සිදුකෙරේ.

(ඈ) සමහර දර්ශ මෙටොජෙනමික් විශ්ලේෂණයෙදී ප්‍රමුඛ වුවද ක්‍රියා කිරීම වඩා වැදගත් නොවේ.

(ඉ) ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් පරිවෘත්තීය මාර්ග හඳුනා ගෙන ඒවා සාර්ථක ලෙස ජෛව පොහොර සඳහා මුහුන් නිපදවීම සඳහා යොදාගත හැකිය.

3. හරිද? වැරදිද?

අ) ශ්‍රී ලංකාවේ සහල් නිෂ්පාදනය ප්‍රධාන වශයෙන් සිදුවන වියළි කලාපයේ රතුපස් හමු නොවේ.

(ආ) TSP පොහොර යොදන වී වගාකරන කුඹුරුවල අංශු මාත්‍ර මූල ද්‍රව්‍ය වලින් පොහොසත් බවක් ඇතිවෙයි.

(ඇ) එප්පාවල රොක් පොස්පේට් යනු Cd පොහොරක් ලෙස භාවිත කරන ලාභ පොස්පේට් වලින් පොහොසත් වූවකි.

(ඈ) කෙටිකාලීන බෝග හෝ වී හා එළවලු වැනි ඒක වාර්ෂික බෝග සඳහා එප්පාවල රොක් පොස්පේට් නිර්දේශ නොකරයි.

(ඉ) තේ, රබර්, පොල් ආදී වගාවලට එප්පාවල රොක්පොස්පේට් පොහොර යොදනු ලැබේ.

4. හරිද? වැරදිද?

අ) පෙරදී ක්ෂුද්‍රජීවීන් වැඩිපුර හඳුනා ගනු ලැබුවේ ගෘහාශ්‍රිතව සමහර ආහාර සැකසීම වේගවත් කිරීමට සහ බෝවන රෝග ඇති කරන්නකු ලෙසය.

(ආ) සෙලියුලේස් එන්සයිමය වර්තමානයේ බොහෝ කර්මාන්තවල ලාභදායී යෙදවුමක් බවට පත්ව ඇත.

(ඇ) ශ්‍රී ලංකික විද්‍යාඥයන් කිහිප දෙනෙකු දැනටමත් සෙලියුලෝස් ජලවිච්ඡේදක ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් ගවේෂණය අරඹා ඇත.

(ඈ) ශ්‍රී ලංකාවේ අපනයන රෙදිපිළි කර්මාන්තයේදී අතිරික්ත රංජක (සායම්) ඉවත් කිරීමට එන්සයිම යොදා නොගනී.

(ඉ) කාබනික පොහොර භාවිතයෙන් බෝග වගාකිරීමේ පොහොසත් ඉතිහාසයක් ලංකාවට ඇත.

5. හරිද? වැරදිද?

(අ) ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ජලජ පරිසර තුල ප්‍රාථමික නිෂ්පාදකයන් ලෙස සැලකෙයි.

(ආ) ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී සතු ශීඝ්‍ර වර්ධන වේගය ඉහළ ප්‍රභාසංස්ලේෂණ හැකියාව නිසාම ඒවා ජෛව නිෂ්පාදන කර්මාන්තයට යොදා ගත නොහැකිය.

(ඇ) ජෛව ඩීසල් නිෂ්පාදනයට අමතරව ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී යොදාගෙන ජෛව එතනෝල් නිෂ්පාදනයට ද හැකියාව ඇත.

(ඈ) නිර්වායු ජීර්ණය මගින් ක්ෂුද්‍රඇල්ගී ජෛව ස්කන්ධ යොදාගෙන ජෛව වායු නිෂ්පාදනය කළ හැකිය.

(ඉ) ක්ෂුද්‍ර ඇල්ගී ඖෂධ හා පෝෂක ද්‍රව්‍ය නිෂ්පාදනයටද යොදාගත හැක.

6. හරිද? වැරදිද?

(අ) බැක්ටීරියා යීස්ට්, දිලීර, ආකියා අදී පියවි ඇසට නොපෙනෙන ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් ගෙන් අපට ලබාගත හැකි ඵල ප්‍රයෝජන බොහොමය.

(ආ) ක්ෂුද්‍ර ජීවී ක්‍රියාකාරකම් තුළින් සීනි හා පිෂ්ඨය පැසවීමට ලක්කර එතනෝල් නිෂ්පාදනය කල හැකිය.

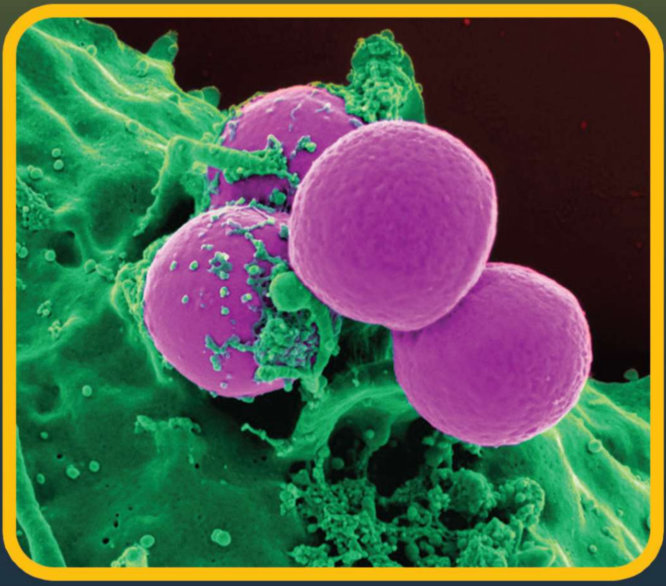
(ඇ) සෙලියුලේස් නම් එන්සයිමයට සෙලියුලෝස් පැසවීමට ලක්කර සීනි නිපදවිය හැකිය.

(ඈ) අඩු ඔක්සිජන් සැපයුමක් තුලදී පරිවෘත්තීය අතුරු ඵලයක් ලෙස මීතේන් නිපදවීමට මිතනෝකාරකයන්ට නොහැකිය.

(ඉ) මයික්‍රෝබියල් ෆුවල් සෙල ලෙස හැඳින්වෙන්නේ ක්ෂුද්‍ර ජීවීන් සමූහ යොදාගෙන සකස් කරන ඉන්ධන ශේෂයය.

පිළිතුරු

1.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) වැරදි	(ඉ) හරි
2.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) වැරදි	(ඉ) හරි
3.	(අ) වැරදි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) හරි	(ඉ) හරි
4.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) හරි	(ඉ) හරි
5.	(අ) හරි	(ආ) හරි	(ඇ) හරි	(ඈ) වැරදි	(ඉ) හරි
6.	(අ) හරි	(ආ) වැරදි	(ඇ) හරි	(ඈ) හරි	(ඉ) හරි



ජාතික විද්‍යා පදනම
47/5 මේට්ලන්ඩ් පෙදෙස
කොළඹ 07