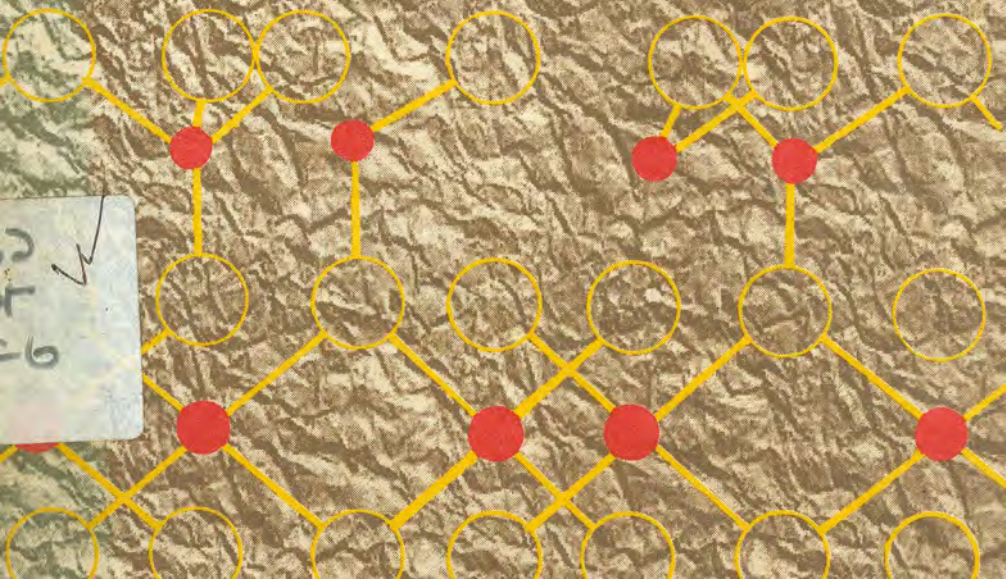
পরিবেশ বিজ্ঞান মৃত্তিকা রসায়ন

শেঃ সদরুল আমিন



পরিবেশ বিজ্ঞান : মৃত্তিকা রসায়ন

ড. মোঃ সদরুল আমিন
প্রফেসর
হাজী মোহাম্মদ দানেশ কৃষি কলেজ
দিনাজপুর

বাংলা একাডেমী ঢাকা

SANSDOC Library

পরিবেশ বিজ্ঞান : মৃত্তিকা রসায়ন
(কৃষি পরিবেশ বিজ্ঞান : মৃত্তিকার রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য)

প্রথম প্রকাশ
বৈশাখ ১৪০৫/এপ্রিল ১৯৯৮

বা/এ ৩৭৫২
(৯৭-৯৮ পাঠ্যপুস্তক : জীকৃচি : ৯)

মুদ্রণ সংখ্যা : ১২৫০

পাণ্ডুলিপি প্রণয়ন ও মুদ্রণ তত্ত্বাবধান
জীববিজ্ঞান, কৃষিবিজ্ঞান ও চিকিৎসাবিদ্যা উপবিভাগ

জীকৃচি ২৫০

প্রকাশক
গোলাম মঈনউদ্দিন
পরিচালক
পাঠ্যপুস্তক বিভাগ
বাংলা একাডেমী ঢাকা ১০০০

মুদ্রক
ওবায়দুল ইসলাম
ব্যবস্থাপক
বাংলা একাডেমী প্রেস ঢাকা

প্রচ্ছদ
শামিনুর রহমান শামীম

মূল্য
পঞ্চাশ টাকা মাত্র

PARIBESH BIJNAN : MRITTIKA ROSHAON (Environmental Science : Soil Chemistry) by Dr. Md. Sadrul Amin. Published by Gholam Moyenuddin, Director, Textbook Division, Bangla Academy, Dhaka 1000, Bangladesh. First Edition : April 1998. Price : Taka 50.00 only.

ISBN 984-07-3761-9

ভূমিকা

বাংলাদেশের পরিবেশ বিপর্যয় থেকে রক্ষা করার ক্ষেত্রে মৃত্তিকা পরিচর্যার ভূমিকা অগ্রগণ্য। পরিবেশের অন্যতম উপাদান হিসেবে মৃত্তিকা সম্পর্কে বিজ্ঞানভিত্তিক জ্ঞান আহরণ প্রয়োজন। কৃষি উৎপাদন বৃদ্ধির ক্ষেত্রে মৃত্তিকার অবদান অনস্বীকার্য।

মৃত্তিকার ভৌত ও রাসায়নিক গুণাবলী মৃত্তিকার উৎপাদনশীলতায় প্রভাব ফেলে। বিশেষ করে পরিবেশের জৈবিক প্রক্রিয়া সম্পন্নের ক্ষেত্রে মৃত্তিকার রসায়ন খুবই সম্পর্কযুক্ত। মৃত্তিকা দ্রবণ ও মৃত্তিকা কলয়ড, মৃত্তিকা রসায়নের গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। মৃত্তিকার আয়ন বিনিময় প্রক্রিয়া ফসল উদ্ভিদের পুষ্টি পরিশোষণের সাথে সরাসরি যুক্ত। মৃত্তিকার অম্লত্ব, ক্ষারত্ব ফসল উৎপাদনে হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটায়—এক্ষেত্রে মৃত্তিকায় চুন প্রয়োগের বিষয়টি প্রণিধানযোগ্য। তাছাড়া বন্যাপ্লাবিত জমিতে যেসব রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে থাকে তাতে ফসল উদ্ভিদের পুষ্টি উপাদানের প্রাপ্যতায় তারতম্য ঘটে। এসব বিষয়ে মৃত্তিকা ব্যবস্থাপনা প্রয়োজন। এই গ্রন্থে বিষয়গুলো সুবিস্তৃত বর্ণনা করা হয়েছে।

গ্রন্থটি স্নাতক (সম্মান) ও স্নাতকোত্তর পর্যায়ের মৃত্তিকা বিজ্ঞান বিষয়ের পাঠ্যসূচির অনুসরণে প্রণীত। মৃত্তিকা বিজ্ঞান ও কৃষি বিজ্ঞান বিষয়ের শিক্ষার্থী ছাড়াও কৃষি উৎপাদন কার্যক্রমের সাথে সংশ্লিষ্ট সবাই এই গ্রন্থ পাঠে উপকৃত হবেন আশা করি।

গ্রন্থটিতে কিছু কিছু মুদ্রণ প্রমাদ থাকা অস্বাভাবিক নয়। ত্রুটিগুলো সংশোধনের পরামর্শ দানে পাঠকবৃন্দের সদয় দৃষ্টি আকর্ষণ করি।

সর্বোপরি বাংলা একাডেমী পরিবেশ বিজ্ঞান সম্পর্কিত এই গ্রন্থটি নিয়ে পর পর চারটি গ্রন্থ প্রকাশ করার সার্বিক দায়িত্ব গ্রহণ করায় আমি আন্তরিকভাবে কৃতজ্ঞতা বোধ করছি।

হাজী মোহাম্মদ দানেশ কৃষি কলেজ
দিনাজপুর

মোঃ সদরুল আমিন

BANSDOC Library
Accession No.....

বিষয়সূচি

প্রথম অধ্যায় : পরিবেশ ও মৃত্তিকা ১–২৪

১. জলবায়ু ও পরিবেশ ১
২. পরিবেশের জৈব প্রক্রিয়া ও মৃত্তিকা ১
৩. পরিবেশ ও মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য ৩
৪. পরিবেশ নিয়ন্ত্রণকারী উপাদান ৯
৫. মৃত্তিকা পরিবেশ ও বর্জ্য ৯
৬. এসিড বৃষ্টি ও গ্রিন হাউজ প্রভাব ১১
৭. পরিবেশ পরিবর্তনের ফলাফল ১৩
৮. মৃত্তিকা ও জৈবিক প্রক্রিয়া ১৪
৯. বিশ্বের ভূমি সম্পদ ১৫
১০. মৃত্তিকা ব্যবহার সমস্যা ১৭
১১. পরিবেশ সমস্যা ও সমাধান ১৯

দ্বিতীয় অধ্যায় : মৃত্তিকা দ্রবণ ২৫–৩৬

১. মৃত্তিকা দ্রবণের গঠন ২৫
২. মৃত্তিকা উপাদানের চলাচল ২৭
৩. মৃত্তিকা দ্রবণ সাম্যতা ২৭
৪. মৃত্তিকা দ্রবণের রাসায়নিক বিক্রিয়া ৩০
৫. প্রাণ–রাসায়নিক বিক্রিয়া ৩২
৬. মৃত্তিকা দ্রবণে সার দ্রব্যের প্রভাব ৩৪

তৃতীয় অধ্যায় : মৃত্তিকা কলয়ড ৩৭–৬৪

১. মৃত্তিকা কলয়ডের সাধারণ বৈশিষ্ট্য ৩৭
২. কলয়ড দ্রব্যের রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য ৩৮
৩. মৃত্তিকা কলয়ড দ্রব্যের প্রকার ৩৯
৪. কর্দম কণার শ্রেণিকরণ ৩৯
৫. সিলিকেট কর্দমের গঠন ৪১
৬. চতুর্তলক ও অষ্টতলক শিট ৪২
৭. সিলিকা ও এলুমিনা তলকের অক্ষবিন্যাস ৪৩
৮. অক্সাইড কর্দম ও হিউমাস কলয়ড ৪৬
৯. কর্দম কলয়ডের উৎস ও গুণাবলী ৪৮
১০. কর্দম কলয়ডের বিবরণ ৫১
১১. কর্দমে ঋণাত্মক আধানের উৎস ৬২

চতুর্থ অধ্যায় : আয়ন বিনিময় প্রক্রিয়া ৬৫–৭৪

১. মৃত্তিকাতে আয়ন বিনিময়ের গুরুত্ব ৬৫
২. ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ৬৭
৩. ঋণাত্মক আয়ন বিনিময় ৬৭
৪. ক্ষারক সম্পৃক্তি হার ৬৯
৫. অম্লীয় মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন ৬৯
৬. ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা নির্ণয় পদ্ধতি ৭২

পঞ্চম অধ্যায় : মৃত্তিকার অম্লত্ব ও চুন প্রয়োগ ৭৫–৯৭

১. অম্লমান pH ও মৃত্তিকার প্রকার ৭৫
২. মৃত্তিকা অম্লত্বের গুরুত্ব ও বৈশিষ্ট্য ৭৮
৩. মৃত্তিকা অম্লত্বের প্রকার ৮১
৪. মৃত্তিকাতে অম্লত্ব সৃষ্টির কারণ ৮৪
৫. মৃত্তিকার বাফার ক্রিয়া ৮৮
৬. চুনের উপকারিতা ৯০
৭. চুন প্রয়োগ ৯১
৮. চুন দ্রব্যের তালিকা ও বিবরণ ৯২
৯. চুন দ্রব্যের প্রশমন ক্ষমতা ও চুনের প্রয়োজনীয়তা ৯৩
১০. মৃত্তিকাতে চুন দ্রব্যের রূপান্তর ও সমাঙ্ক হিসাব ৯৬

ষষ্ঠ অধ্যায় : চুনযুক্ত মৃত্তিকা ও লোনা মৃত্তিকা ৯৮–১১০

১. চুনযুক্ত মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য ৯৮
২. লোনা মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য ৯৯
৩. লোনা মৃত্তিকার শ্রেণিকরণ ১০১
৪. লোনা মৃত্তিকার ব্যবস্থাপনা ১০৪

সপ্তম অধ্যায় : জলাবদ্ধ ভূমির বৈশিষ্ট্য ১১১–১১৯

১. জলাবদ্ধ জমির ভৌত–রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য ১১১
২. আয়ন বিজারণ বিক্রিয়া ১১৩
৩. জলাবদ্ধ জমিতে নাইট্রোজেন রূপান্তর ১১৪
৪. ফসফরাস ও সালফার রূপান্তর ১১৬
৫. লোহা, ম্যাঙ্গানিজ ও এলুমিনিয়াম বিজারণ ১১৬
৬. জৈব রাসায়নিক পরিবর্তন ১১৭
৭. বিষাক্ত দ্রব্য রূপান্তর ১১৯

গ্রন্থপঞ্জি ১২০

চিত্রসূচি

১. পরিবেশ, জলবায়ু ও মৃত্তিকা ২
২. পরিবেশিক প্রক্রিয়া ও মৃত্তিকা গুণাবলী ৩
৩. ভূপৃষ্ঠ, বায়ুমণ্ডল ও পরিবেশের আন্তঃসম্পর্ক ৪
৪. মৃত্তিকা গঠন উপাদান ও পরিবেশের আন্তঃসম্পর্ক ৫
৫. পরিবেশে এসিড দ্রব্য উৎপাদন প্রক্রিয়া ৭
৬. স্বাভাবিক বৃষ্টির পানি ও এসিড বৃষ্টির পানি এবং মৃত্তিকার অম্লমান ৮
৭. মৃত্তিকা পরিবেশ ও জৈবিক কৃষি পদ্ধতি ১২
৮. মৃত্তিকা ও জৈবিক প্রক্রিয়া ১৫
৯. মৃত্তিকার পুষ্টি ঘাটতি সমস্যা ১৮
১০. বাংলাদেশের সমস্যাপূর্ণ মৃত্তিকা ২২
১১. বাংলাদেশে বন্যাঘটিত সমস্যাপূর্ণ জমি ২৩
১২. মৃত্তিকা দ্রবণের গঠন ২৫
১৩. মৃত্তিকা দ্রবণ এবং মূল ও মূলরোম ২৬
১৪. লিবিগ সূত্রের প্রমাণ ২৮
১৫. নাইট্রোজেনের অভাবে পাতা ছোট, কাণ্ড চিকন হওয়া ২৮
১৬. ক্যালসিয়ামের অভাবে বৃদ্ধিশীল অংশ মৃত ২৮
১৭. লোহার অভাবে চিকন দুর্বল কাণ্ড ২৯
১৮. ম্যাগনেসিয়ামের অভাবে পাতা নিচ থেকে উপরের দিকে শিরা হলদে হওয়া ২৯
১৯. মৃত্তিকা দ্রবণে টিএসপি দানার পানির পরিশোষণ ৩৫
২০. মৃত্তিকা দ্রবণে টিএসপি দানার প্রভাবে H_3PO_4 উৎপাদন ৩৫
২১. মৃত্তিকা দ্রবণে pH ও ফসফেটের প্রাপ্যতা ৩৬
২২. সিলিকা চতুর্তলক ইউনিট বা শিট ৪২
২৩. এলুমিনা অষ্টতলক ইউনিট বা শিট ৪৩
২৪. কর্দমের বিভিন্ন অক্ষ ৪৩
২৫. জীবসাইট শিট ৪৪
২৬. ব্রুসাইট শিট ৪৪
২৭. 'খ'-অক্ষ বরাবর সিলিকন বিন্যাস ৪৫
২৮. কর্দমের 'গ' অক্ষ বিস্তার বিন্যাস ৪৬
২৯. কেওলিনাইট কর্দমে শিট বিন্যাস ৫২

৩০. কেওলিনাইট কর্দমের গঠন ৫২
৩১. কেওলিনাইট কর্দমের আয়নিক বন্ধন ৫৩
৩২. মন্টমরিলোনাইট কর্দমের শিট বিন্যাস ৫৫
৩৩. মন্টমরিলোনাইট কর্দমের গঠন ৫৬
৩৪. মন্টমরিলোনাইট কর্দমের আয়নিক বন্ধন ৫৬
৩৫. স্মেকটাইট বা মন্টমরিলোনাইটজাতীয় কর্দমের উপস্থিতিতে সৃষ্ট ফাটল ৫৭
৩৬. ইলাইট খনিজের গঠন ৫৯
৩৭. ইলাইট খনিজের আয়নিক গঠন ৫৯
৩৮. ভারমিক্যুলাইট কর্দমের গঠন ৬০
৩৯. মাস্কোভাইট খনিজের গঠন ৬১
৪০. এলুমিনিয়াম প্রতিস্থাপন না হওয়ায় আয়নিক সাম্য ৬৩
৪১. সমাবয়ব প্রতিস্থাপন : এলুমিনিয়াম ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত অতিরিক্ত (—) আধান সৃষ্টি হয়েছে ৬৪
৪২. কর্দমের ভাঙা প্রান্তে অতিরিক্ত আধান ৬৪
৪৩. আয়নের আকার ও যোজনী ৬৬
৪৪. মৃত্তিকা অম্লত্বের বহিঃপ্রকাশ ৭৬
৪৫. অম্ল মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য ৭৯
৪৬. মৃত্তিকার অম্লমানভিত্তিক শ্রেণিকরণ ৮১
৪৭. মৃত্তিকার অম্লমান ও পুষ্টি উপাদানের প্রাপ্যতা ৮২
৪৮. মৃত্তিকা অম্লত্বের স্বরূপ ৮৩
৪৯. মৃত্তিকা অম্লত্বে কলয়ড ও মৃত্তিকা দ্রবণের প্রভাব ৮৩
৫০. রেখাচিত্রে মৃত্তিকার বাফার ক্রিয়া ৮৯
৫১. লোনা মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য নির্ণয় ছক ১০০
৫২. লোনা মৃত্তিকা শ্রেণিকরণ ছক ১০২
৫৩. ক্যালসিয়াম সালফেট দিয়ে পরিশোধন ১০৬
৫৪. লোনা জমি পরিশোধন ও সোডিয়াম সালফেটের অপসারণ ১০৬
৫৫. একক সারির ভেলির পানিতে গাছ ক্ষতিগ্রস্ত ১০৮
৫৬. ভেলির পাশে রোপিত চারার বৃদ্ধি ভাল ১০৮
৫৭. ভেলির একপাশে রোপিত চারার বৃদ্ধি ভাল ১০৮
৫৮. সেচের পানিতে লবণের চুয়ানী ও চারা বৃদ্ধি ১০৯
৫৯. পানির সরাসরি চুয়ানী চারার বৃদ্ধি ভাল ১১০
৬০. প্লাবিত জমিতে নাইট্রোজেন রূপান্তর ১১৫
৬১. মৃত্তিকাতে বালাইনাশকজাতীয় জৈব কার্বন (OC) এর রূপান্তর ও বিদূষণ ১১৮

অন্যান্য রেখাচিত্র

১. রেখাচিত্রে অম্ল মৃত্তিকাতে ধনাত্মক আয়নের পরিমাণ
আয়তাকার রেখাচিত্রে তীব্র অম্ল ৭১
আয়তাকার রেখাচিত্রে মধ্যম অম্ল ৭১
আয়তাকার রেখাচিত্রে ঈষৎ অম্ল ৭১
আয়তাকার রেখাচিত্রে ঈষৎ ক্ষার

বৃত্তাকার রেখাচিত্রে তীব্র অম্ল ৭১
বৃত্তাকার রেখাচিত্রে মধ্যম অম্ল ৭১
বৃত্তাকার রেখাচিত্রে ঈষৎ অম্ল ৭১
বৃত্তাকার রেখাচিত্রে ঈষৎ ক্ষার ৭১

২. পানি সেচের ফলে জমিতে পানি চুয়ানো ১০৪

৩. প্লাবনমুক্ত ও জলাবদ্ধ অবস্থায় মৃত্তিকার pH পরিবর্তনগত অবস্থা ১১১

সারণিসূচি

১. বিশ্বের ভূমি সম্পদ ১৬
২. বিভিন্ন জলবায়ু এলাকায় বিশ্বের ভূমির আয়তন ১৬
৩. কৃষি ব্যবহারের সমস্যার ভিত্তিতে বিশ্বের মৃত্তিকার পরিমাণ ১৭
৪. মৃত্তিকার উর্বরতা এবং আর্দ্র–উষ্ণ অঞ্চলে এর বিতরণ (٪) ১৭
৫. বিশ্বের ভূমি অবক্ষয়ের মাত্রা ১৮
৬. মৃত্তিকা দ্রবণ সৃষ্টিকারী ভূ–পৃষ্ঠ ও সামুদ্রিক পানির রাসায়নিক গঠন ২৯
৭. মৃত্তিকা দ্রবণের পানি দ্রবণীয় যৌগ ৩০
৮. মৃত্তিকা দ্রবণে অম্লমান অনুসারে এলুমিনিয়াম ও লোহার পরিমাণ ৩২
৯. মৃত্তিকা দ্রবণে পুষ্টি উপাদানের উৎস ৩৩
১০. মৃত্তিকা দ্রবণে উদ্ভিদ পুষ্টি উপাদানের পরিশোধনযোগ্য আকার ৩৪
১১. কর্দম কলয়ড দ্রব্যের রাসায়নিক সংকেত ৪০
১২. কর্দমের পুঞ্জস্তরের মধ্যে দূরত্ব অ্যাংস্ট্রম ৫০
১৩. মৃত্তিকা কলয়ডের ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ৫১
১৪. বিভিন্ন পরমাণুর ব্যাস ৬৬
১৫. মৃত্তিকা দ্রব্যের ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ৬৮
১৬. কলয়ড দ্রব্যে আধানের পরিমাণ ৬৯
১৭. মৃত্তিকায় ধনাত্মক আয়ন বিনিময় হার ৭০
১৮. কলয়ড দ্রব্যের সর্বোচ্চ ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ৭০
১৯. মৃত্তিকাতে বিনিময়ী অবস্থায় কয়েকটি উপাদানের পরিমাণ (٪) ৭০
২০. কর্দম কণার ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ৭০
২১. মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন বিনিময়ের পরিমাণ ৭২
২২. ধনাত্মক আয়ন তথ্য ৭২
২৩. অম্লমানের ভিত্তিতে মৃত্তিকার প্রকার ৭৬
২৪. বাংলাদেশের মৃত্তিকার বিক্রিয়া ও ফসল উদাহরণ ৭৭
২৫. মৃত্তিকার অম্লমানভিত্তিক শ্রেণিকরণ ৭৭
২৬. শিলায় সিলিকা ও ক্ষারক উপাদানের পরিমাণ (٪) ৮৫
২৭. বাংলাদেশের প্রধান প্রধান অম্ল মৃত্তিকার বিবরণ ৮৬

২৮. মৃত্তিকা থেকে চুন দ্রব্য অপচয়ের বিবরণ ৮৭
২৯. অম্ল মৃত্তিকার উপযোগী প্রধান ফসল ৮৮
৩০. ফসলের সহ্যশীল অম্লমান মাত্রা ৮৮
৩১. চুন দ্রব্যের গঠন ৯১
৩২. চুন দ্রব্যের প্রশমন মান ৯৪
৩৩ মৃত্তিকার চুন প্রয়োজনীয়তা ৯৫
৩৪. লোনা জমিতে ফসলের সহনশীলতা ১১০
৩৫. বাংলাদেশে উপকূলবর্তী এলাকায় লোনা মৃত্তিকার বিস্তৃতি ১১০
৩৬. জলাবদ্ধ জমিতে প্রধান প্রধান জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া ১১২
৩৭. জলাবদ্ধ জমির বিভব পরিবর্তন ১১৪
৩৮. প্লাবিত জমির প্রধান প্রধান জৈব–রাসায়নিক বিক্রিয়া ১১৭
৩৯. মৃত্তিকাতে বিষাক্ত দ্রব্যের স্থায়িত্ব ১১৯

প্রথম অধ্যায়

পরিবেশ ও মৃত্তিকা

পরিবেশ শব্দটির বিষয়বস্তুগত অর্থ ও পরিধি এতো ব্যাপক যে, অল্প কথায় বর্ণনা করা খুবই কঠিন। সংক্ষেপে পরিবেশ বলতে আমরা আমাদের পারিপার্শ্বিক জলবায়ু ও ভূ-প্রকৃতিগত উপাদানসমূহের যৌথ প্রভাব ও পারস্পরিক অবস্থাকে বুঝে থাকি (The situation surrounding us reflecting the joint effects and interrelations of climatological and geomorphological factors.)।

পরিবেশের সংজ্ঞা অনুসারে এর প্রধান প্রধান উপাদানের মধ্যে রয়েছে জলবায়ু, ভৌত প্রক্রিয়া, জৈব প্রক্রিয়া ও মৃত্তিকা। পরিবেশ নিয়ন্ত্রণের এসব উপাদানের মধ্যে বস্তুগত মূল উপাদান হচ্ছে মৃত্তিকা। জলবায়ুর প্রাকৃতিক শক্তিসমূহ মৃত্তিকাকে প্রভাবিত করার মাধ্যমে পরিবেশের উপর প্রভাব বিস্তার করে। এ অধ্যায়ে সংক্ষেপে পরিবেশ নিয়ন্ত্রণের প্রধান প্রধান উপাদান এবং এদের আন্তঃপ্রক্রিয়াসমূহ বর্ণনা করা হলো।

১। জলবায়ু ও পরিবেশ

যে কোনো স্থানের জলবায়ুর উপাদানসমূহ যৌথভাবে এলাকার পরিবেশ নিয়ন্ত্রণ করে। জলবায়ু ও মৃত্তিকা বিভিন্নভাবে একে অপরের সাথে নির্ভরশীল। প্রকৃতপক্ষে জলবায়ু মৃত্তিকা গঠন ও উর্বরতা নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে পরিবেশের উপর প্রভাব বিস্তার করে। মৃত্তিকার গঠনের ভৌত রাসায়নিক প্রক্রিয়া এবং মৃত্তিকা উর্বরতার গুণাবলী জলবায়ুর উপাদান দ্বারা প্রত্যক্ষভাবে প্রভাবিত হয়। জলবায়ুর কার্যাবলীতে মৃত্তিকা ও মৃত্তিকার গুণাবলী উল্লেখযোগ্য উপাদান হিসেবে বিবেচিত হয়।

জলবায়ুর প্রধান তিনটি শক্তি হচ্ছে বৃষ্টিপাত, তাপমাত্রা ও বায়ু প্রবাহ। এই তিনটি উপাদান মূলত শিলার ক্ষয় ঘটায়, মৃত্তিকার গুণাবলী নিয়ন্ত্রণ করে এবং জৈবিক প্রক্রিয়াসমূহের হার নিয়ন্ত্রণ করে। জলবায়ু এভাবে মৃত্তিকার জৈবিক প্রক্রিয়াসমূহের হার নিয়ন্ত্রণ করে। জলবায়ু এভাবে মৃত্তিকার জৈবিক, ভৌত ও রাসায়নিক গুণাবলী নিয়ন্ত্রণ করে পরিবেশের উপর প্রভাব বিস্তার করে।

২। পরিবেশের জৈব প্রক্রিয়া ও মৃত্তিকা

প্রাকৃতিক প্রক্রিয়ার মধ্যে জৈবিক প্রক্রিয়াসমূহ অত্যন্ত সক্রিয়ভাবে পরিবেশ নিয়ন্ত্রণে অংশগ্রহণ করে। এখানে ১ সংখ্যক চিত্রে পরিবেশ নিয়ন্ত্রণে জলবায়ু ও মৃত্তিকায় কার্যপ্রক্রিয়া উল্লেখ করা হলো।

জলবায়ু ও ভূ-প্রকৃতির প্রত্যক্ষ নিয়ন্ত্রণাধীন জৈব প্রক্রিয়া বা পদ্ধতিসমূহকে (systems) নিম্নরূপভাবে উল্লেখ করা যায়।

১. *ফসল উৎপাদন* : মাঠ ফসল, উদ্যান ফসলসহ সকল উদ্ভিদের উৎপাদন ব্যবস্থা ;

২. *বন* : সংরক্ষিত বন, সামাজিক বন, কৃষিবন, বসতবন ও আগাছা ;

৩. *পশু-পাখি* : গৃহপালিত ও বন্য পশুপাখি : গাবাদি, হাঁস-মুরগি, সরীসৃপ এবং অন্যান্য ;

৪. *ভেষজ উদ্ভিদ* : ঔষধি গাছ, মিশ্র বনজ উদ্ভিদ ;

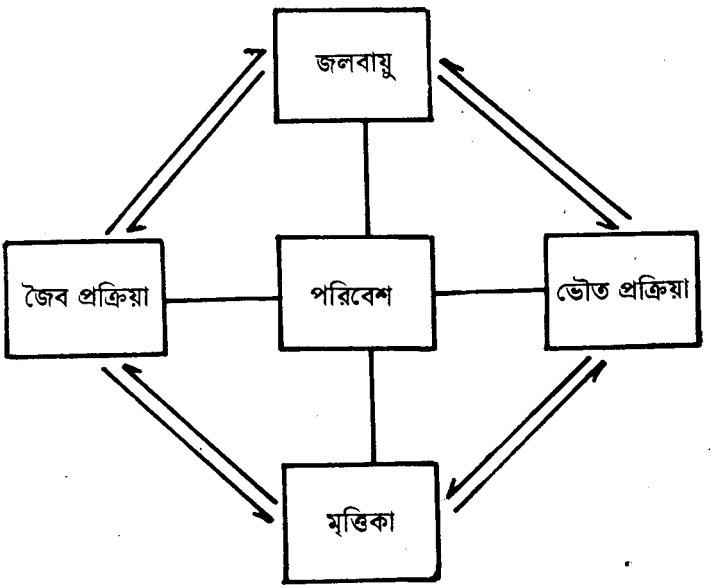
৫. *মাৎস্য* : মাছ ও জলজ প্রাণী ;

৬. *শিল্প* : কৃষি কাঁচামাল ও উপকরণ শিল্প ;

৭. *জ্বালানি* : প্রাকৃতিক গ্যাস, বায়োগ্যাস, পিটমাক, উদ্ভিজ্জ দ্রব্য ;

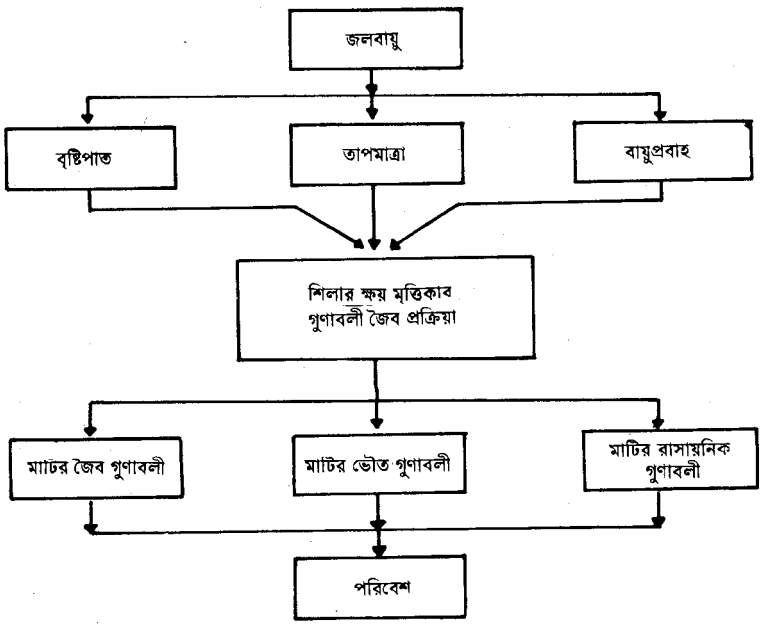
৮. *পানি সম্পদ* : পুকুর, নদী-নালা, হ্রদ, বিল, হাওড়, উপকূল।

এসকল প্রক্রিয়া ও সম্পদ উন্নয়নের মূল উপকরণ হচ্ছে মৃত্তিকা। মৃত্তিকার ভৌত গঠন এবং রাসায়নিক পরিবেশ প্রত্যক্ষভাবে পরিবেশিক জৈব প্রক্রিয়াসমূহ নিয়ন্ত্রণ করে।



চিত্র ১ : পরিবেশ, জলবায়ু ও মৃত্তিকা

স্থলজ ও জলজ পরিমণ্ডলের যাবতীয় জৈব প্রক্রিয়া এবং উৎপাদন শিল্প প্রত্যক্ষভাবে মৃত্তিকা প্রভাবিত পরিবেশ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। মৃত্তিকার গুণাবলীর মধ্যে প্রাথমিকভাবে ভৌত রাসায়নিক গুণাবলী এসব প্রক্রিয়া ও সম্পদ ব্যবস্থাপনায় তাৎপর্যপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এখানে মৃত্তিকার গুণাবলী নিয়ন্ত্রিত প্রধান প্রধান প্রক্রিয়া উল্লেখ করা হলো এবং ২ সংখ্যক চিত্রে মৃত্তিকা পরিবেশ ও জৈব প্রক্রিয়াসমূহ দেখানো হলো।



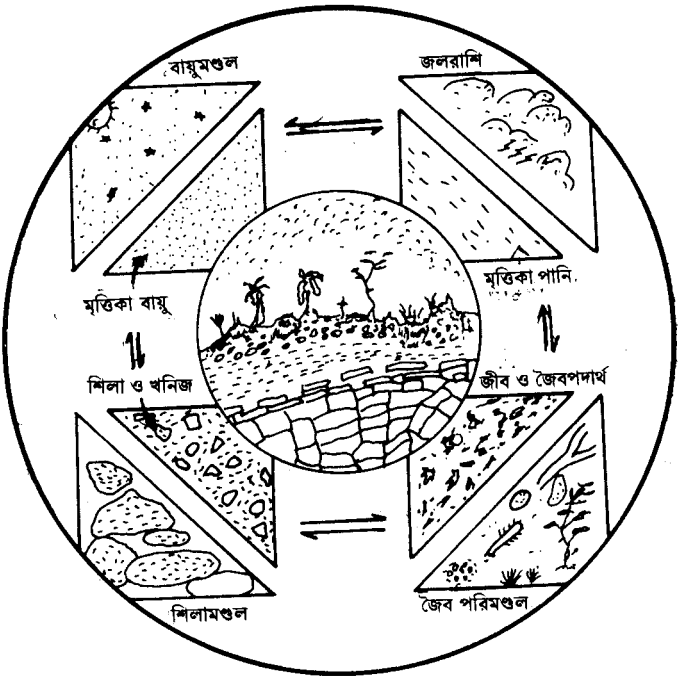
চিত্র ২ : পারিবেশিক প্রক্রিয়া ও মৃত্তিকা গুণাবলী

৩। পরিবেশ ও মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য

পরিবেশ সুরক্ষার ক্ষেত্রে মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলী উল্লেখযোগ্য ভূমিকা পালন করতে পারে। বায়ুমণ্ডল ও ভূ-নিম্নস্তরের মধ্যে মৃত্তিকা একটি গুরুত্বপূর্ণ মাধ্যম। মৃত্তিকার রাসায়নিক ও জৈবিক গুণাবলী মৃত্তিকার ভৌত গঠন নিয়ন্ত্রণ করে, এজন্য মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলী পরিবেশ উন্নয়ন প্রক্রিয়ায় তাৎপর্য অবদান রাখাতে পারে। ৩ সংখ্যক চিত্রে পরিবেশ প্রক্রিয়ায় মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলীর অবস্থান দেখানো হলো। প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম কারণে মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলীর অবক্ষয় ঘটলে তা শুধু কৃষি উৎপাদনই কমায় না বরং তা পৃথিবীর ভৌত-জৈবিক পরিবেশের জন্য হুমকি হয়ে দাঁড়ায়। এখানে পরিবেশ নিয়ন্ত্রণে মৃত্তিকার ভৌত বৈশিষ্ট্যের প্রভাব বিষয়ক কিছু বিষয় উল্লেখ করা হলো।

মৃত্তিকা বুনট

মৃত্তিকার বুনটে প্রাকৃতিকভাবে সহজে পরিবর্তন আসে না, কিন্তু বাংলাদেশের ঢল বন্যা এবং নদী প্লাবনবাহিত বালি দ্বারা প্রতি বছর ব্যাপক এলাকার কৃষি জমি ও জমির ফসল ঢাকা পড়ছে। জমিতে বালির পুরু স্তর পড়ে মৃত্তিকার বুনটে পরিবর্তন আসছে। মৃত্তিকার পানি ধারণ ক্ষমতা, তাপ পরিবাহিতা, বায়ু চালাচল, সংযুক্তি, কমনীয়তা, রন্ধ্রতা প্রভৃতি প্রত্যক্ষভাবে মৃত্তিকা বুনটের উপর নির্ভরশীল।



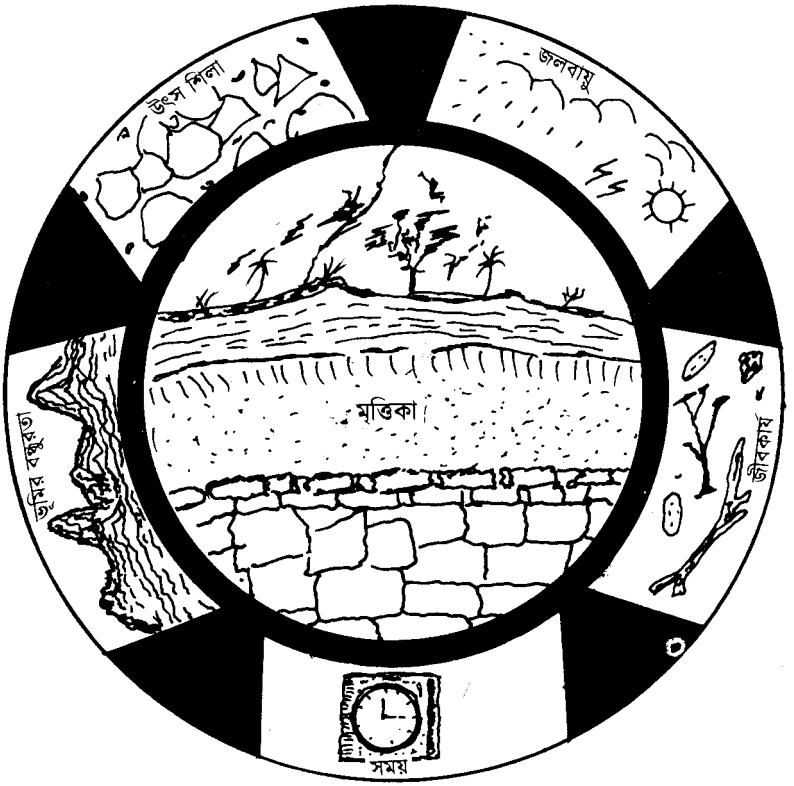
চিত্র ৩ : ভূ-পৃষ্ঠ, বায়ুমণ্ডল ও পরিবেশের আন্তঃসম্পর্ক

মৃত্তিকা সংযুক্তি

বায়ু চলাচল ও পানি অনুপ্রবেশের জন্য মৃত্তিকার সংযুতি খুবই গুরুত্বপূর্ণ। কিন্তু এ দেশের জমিতে পুনঃপুনঃ জলাবদ্ধ অবস্থায় ধানের চাষ, ফসলের নিবিড় চাষ, মৃত্তিকাতে যথেষ্ট জৈব পদার্থ না দেওয়া, লবণাক্ততা বৃদ্ধি প্রভৃতি কারণে স্বাভাবিক মৃত্তিকা সংযুতির অবক্ষয় ঘটছে। ফলে সংগতভাবেই কৃষি উৎপাদন তথা বায়োমাস উৎপাদন কমছে। এটি পরিবেশের জন্য প্রতিকূল অবস্থা সৃষ্টি করছে। মৃত্তিকার বায়ু ও পানি চলাচল এবং দৃঢ়তা প্রত্যক্ষভাবে মৃত্তিকার সংযুক্তির উপর নির্ভরশীল।

মৃত্তিকা ঘনত্ব

মৃত্তিকাতে জৈব পদার্থের পরিমাণ কমলে এবং মৃত্তিকা সংযুক্তি ভাঙতে থাকলে ঘনত্ব বা চাপবদ্ধতা বেড়ে যায়, মৃত্তিকা শক্ত হয়ে যায়। মৃত্তিকাতে বায়ুচলাচল ও অণুজৈবিক কার্যাবলী ও শিকড় বিস্তার কমে যায়। ফসলের উৎপাদন কম হয়। মৃত্তিকার ঘনত্ব বেড়ে মৃত্তিকাতে পানির অনুপ্রবেশ হার হ্রাস পায়। ফলে সামান্য বৃষ্টিপাত হলেই বৃষ্টিপাতের পানি মৃত্তিকার ভেতরে প্রবেশ করার সুযোগ না পেয়ে উপর দিয়ে গড়িয়ে চলে। এতে ভূমিক্ষয় বেড়ে যায়। মৃত্তিকাতে সংরক্ষিত পানির পরিমাণ কমে গিয়ে অল্প সময়ে খরা ভাব আসে। এসব কিছুই পরিবেশের জন্য প্রতিকূল অবস্থা সৃষ্টি করে। মৃত্তিকার বায়ু চলাচল দৃঢ়তা, চাপবদ্ধতা ও রন্ধ্রতা, মৃত্তিকার ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল।



চিত্র ৪ : মৃত্তিকা গঠন উপাদান ও পরিবেশের আন্ত–সম্পর্ক

মৃত্তিকা তাপ

বীজের অঙ্কুরোদ্গম, শিকড় শ্বসন, জৈব পদার্থ বিযোজন এবং মৃত্তিকা দ্রবণের গতিশীলতা রক্ষার জন্য মৃত্তিকাতে নির্দিষ্ট মাত্রায় তাপ থাকতে হয়। মৃত্তিকাতে এই তাপ প্রাপ্তি ও তা সংরক্ষণের অনুকূলে মৃত্তিকায় ভৌত গুণাবলীর ব্যবস্থাপনা অপরিহার্য। এজন্য মৃত্তিকার তাপাঙ্ক, তাপ পরিবাহিতা, তাপের অপচয় রোধ খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

মৃত্তিকা বর্ণ

অধিক উৎপাদনশীল মৃত্তিকার বর্ণ গাঢ় হয়। গাঢ় বর্ণের মৃত্তিকার তাপ পরিশোষণ ক্ষমতা বেশি। মৃত্তিকাতে জৈব পদার্থ প্রয়োগ করে মৃত্তিকার বর্ণ গাঢ় করা যায়। এছাড়া কোনো এলাকার মৃত্তিকার বর্ণ দেখে সেখানকার জলবায়ু, জলবায়ুর পরিবর্তন ও ব্যবস্থাপনা সম্পর্কে ধারণা করা যায়।

মৃত্তিকা পানি

মৃত্তিকাতে পানি চলাচল, সংরক্ষণ ও বাষ্পায়ন মৃত্তিকার বুনট, সংযুতি ও ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল। বর্তমানে বাংলাদেশে মৃত্তিকার খরা (drought) ভাব বাড়ছে। মৃত্তিকাতে পানির অনুপ্রবেশ হার হ্রাস এবং মৃত্তিকার ঘনত্ব বৃদ্ধি এর অন্যতম কারণ হিসেবে উল্লেখ করা যায়। অল্প সময়ে মৃত্তিকার আর্দ্রতা ঘাটতি ও খরা পরিবেশের জন্য হুমকিস্বরূপ।

এজন্য মৃত্তিকা পানি সুব্যবস্থার অনুকূলে মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলী পরিচর্যা করা বাঞ্ছনীয়। মৃত্তিকার পানি আচরণ মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলী তথা বুনট, সংযুতি ও ঘনত্বের উপর নির্ভর করে।

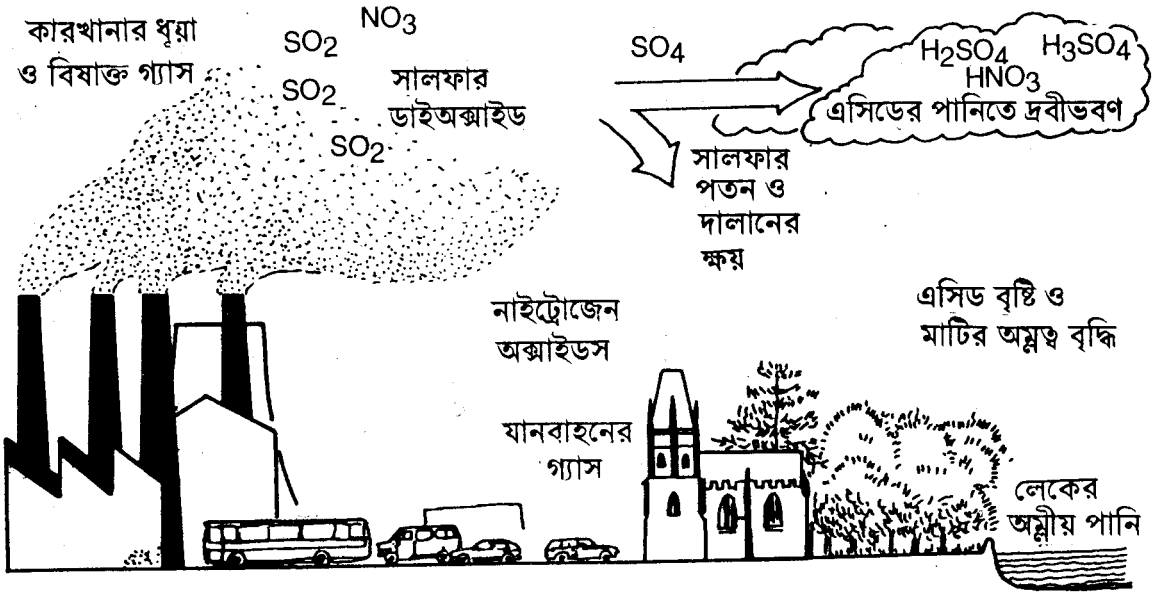
সুতরাং পরিবেশ সুরক্ষার জন্য আমাদের আবশ্যকভাবে মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলী সম্পর্কে সম্যক ধারণা থাকা দরকার। এতে পরিবেশের অনুকূলে মৃত্তিকা বৈশিষ্ট্যের ব্যবস্থাপনা নিশ্চিত করা সম্ভব হবে।

এসিড বৃষ্টি ও মৃত্তিকা অম্লমান

বৃষ্টির পানির অম্লমান সাধারণ ৫.৬। মেঘের পানিতে বায়ুমণ্ডলীয় কার্বন ডাই-অক্সাইড থেকে উৎপন্ন কার্বনিক এসিড দ্রবীভূত হয়ে বৃষ্টির পানির অম্লত্ব বাড়িয়ে দেয়। এই প্রক্রিয়া সাধারণত ধীর।

তবে বর্তমানে শিল্প শহরগুলোতে ব্যাপক আকারে জীবাশ্ম জ্বালানি ও সালফাইড আকরিক পোড়ানোর ফলে সালফাইড গ্যাস সালফিউরিক এসিড উৎপন্ন করছে। ফলে বৃষ্টির পানির অম্লমান ৫.৬ হতে ৪.০ এ নেমে গেছে।

এই পানি ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হলেই একে এসিড বৃষ্টি বলে। শুধু সালফার ডাই-অক্সাইড নয়, নাইট্রিক অক্সাইডও বায়ুমণ্ডলে পানির সাথে মিশে নাইট্রিক এসিড তৈরি করে। নাইট্রিক এসিড বৃষ্টির পানির অম্লত্ব বাড়িয়ে দেয়। বর্ণিত এসিড বৃষ্টির বিক্রিয়াগুলো পরবর্তী পৃষ্ঠায় উল্লেখ করা হলো।



চিত্র ৫ : পরিবেশে এসিড দ্রব্য উৎপাদন প্রক্রিয়া

(ক) **সালফিউরিক এসিড উৎপাদন**

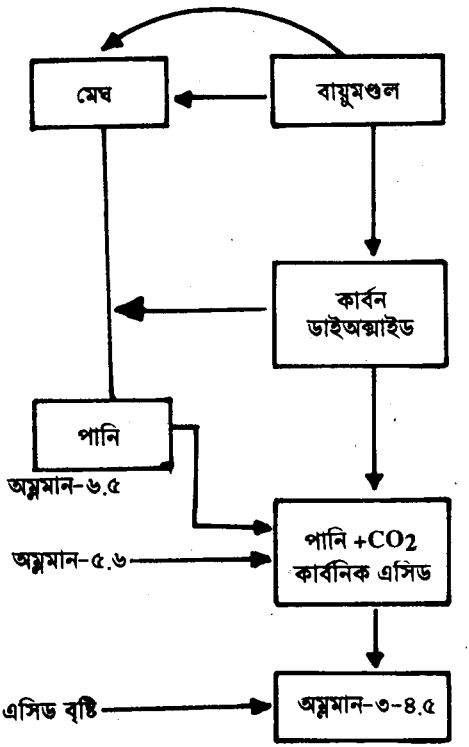
$$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3 \xrightarrow{2H_2O} 2H_2SO_4$$

সালফার ডাই-অক্সাইড — সালফার ডাই-অক্সাইড — সালফিউরিক এসিড

(খ) **নাইট্রিক এসিড উৎপাদন**

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_3 \xrightarrow{H_2O} HNO_3 + HNO_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রেট — নাইট্রিক এসিড + নাইট্রাস এসিড



চিত্র ৬ : স্বাভাবিক বৃষ্টির পানি ও এসিড বৃষ্টির পানি এবং মৃত্তিকার অম্লমান

এসিড বৃষ্টির ফলে মৃত্তিকার গুণাবলী সরাসরি ক্ষতিগ্রস্থ হয়। মৃত্তিকার অম্লত্ব খুব বেড়ে গেলে সেখানে ফসলের ফলন হয় না। মৃত্তিকাতে জীব কার্য কমে যায়। বনানীর (vegetation) পরিমাণ কমে যায়। জৈব পদার্থের পচন কমে গিয়ে দুর্গন্ধ ছড়ায় ও পরিবেশ বিনষ্ট হয়। চুনযুক্ত মৃত্তিকার গুণাবলী পরিবর্তিত অম্লীয় বিক্রিয়া ধারণ করে।

৪। পরিবেশ নিয়ন্ত্রণকারী উপাদান

সৃষ্টি থেকে শুরু করে পৃথিবী নানাভাবে পরিবর্তিত হয়ে আসছে। বিভিন্ন প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম উপাদান পরিবেশের পরিবর্তন ত্বরান্বিত করছে।

এসব পরিবর্তনকারী উপাদানের মধ্যে প্রাকৃতিক শক্তি, মানবকার্য, সম্পদ ব্যবহার প্রক্রিয়া, জীবকার্য ব্যবস্থাপনা এবং মৃত্তিকা অবক্ষয় সবই সমান গুরুত্বপূর্ণ। এখানে পরিবেশ পরিবর্তনকারী প্রধান প্রধান উপাদান উল্লেখ করা হলো।

১.	মানবকার্য	:	অতিরিক্ত ভূমি ব্যবহার, নির্মাণ ও পানি নিয়ন্ত্রণ বাঁধ প্রদান ;
২.	বন	:	বন উজাড় হওয়া ;
৩.	শিল্পকারখানা	:	বিষাক্ত গ্যাস উদ্গীরণকারী শিল্প কারখানা বৃদ্ধি ;
৪.	দুর্যোগ	:	বন্যা, খরা, জলোচ্ছ্বাস ও ঝড়ের প্রকোপ ;
৫.	ভূমিক্ষয়	:	ভূমি ধস, পলি পতন এবং মৃত্তিকার উর্বরতা হ্রাস ;
৬.	নগরায়ন	:	অপরিকল্পিত নগরায়ন পরিকল্পনা ;
৭.	সম্পদ ব্যবহার	:	সম্পদ শোষণ এবং প্রাকৃতিক সম্পদের ক্রম অবক্ষয় ;
৮.	কৃত্রিম দ্রব্যের ব্যবহার	:	রাসায়নিক সার, কৃত্রিম দ্রব্য এবং বিষাক্ত বালাইনাশকের ব্যবহার বৃদ্ধি ;
৯.	জীবের খাদ্যচক্র	:	জীবের খাদ্যচক্রে অসাম্যতা সৃষ্টি ;
১০.	গ্যাস ও রশ্মি	:	বায়ুমণ্ডলে গ্যাসের রাসায়নিক গঠন ও রশ্মি প্রবাহ আশঙ্কাপূর্ণ পরিবর্তন।

৫। মৃত্তিকা পরিবেশ ও বর্জ্য

ভূ-পৃষ্ঠে এবং জৈব পরিমণ্ডলে ব্যবহৃত সকল রাসায়নিক দ্রব্য এবং বর্জ্য প্রাথমিকভাবে মৃত্তিকাতে পরিশোষিত হয়। এসব বিষাক্ত দ্রব্য মৃত্তিকাতে পৌছার পর তা মৃত্তিকা জৈবচক্রের অন্তর্ভুক্ত হয়ে সমগ্র পরিবেশ বিঘ্নিত করে।

তাই পরিবেশ সুরক্ষার জন্য এসব দূষণ দ্রব্যের প্রকার, মৃত্তিকাতে বিক্রিয়া এবং এদের ব্যবস্থাপনা সংক্রান্ত বিষয়াবলী জানা দরকার।।

মৃত্তিকা দূষিত করতে পারে সচরাচর ব্যবহৃত এমন দ্রব্যসমূহকে প্রধান ৬ ভাগে ভাগ করা যায়। এসব দূষণ দ্রব্য নিচে উল্লেখ করা হলো।

১. **বিষাক্ত বালাইনাশক :** কীটনাশক, রোগনাশক, আগাছানাশক।
২. **রাসায়নিক দূষণ দ্রব্য :** সীসা, কেডমিয়াম, পারদ।
৩. **জৈব বর্জ্য :** বসত, মিউনিসিপ্যাল ও শিল্প বর্জ্য।
৪. **লবণ** (salts) : সামুদ্রিক বা মৃত্তিকা লবণ।
৫. **রেডিও নিউক্লাইডস** (Radio nuclides)।
৬. **এসিড বৃষ্টি** (Acid rain)।

বিষাক্ত বালাইনাশকে মৃত্তিকা অপকারিতা

জৈব পরিমণ্ডল বা কৃষি জমিতে ব্যবহারের পর বিষাক্ত বালাইনাশক দ্রব্য মৃত্তিকাতে প্রবেশের পর তা নিম্নলিখিত বিক্রিয়া সংঘটিত করতে পারে ; যথা —

১. বিষাক্ত দ্রব্য কোনো রাসায়নিক পরিবর্তন না ঘটিয়ে গ্যাসে উদ্বায়িত হয়ে বায়ুমণ্ডলে মিশে যেতে পারে। যেমন — মিথাইল ব্রোমাইড, ট্রাই ফ্লুরালিনের বেলে মৃত্তিকা ; দো-আঁশ মৃত্তিকাতে এই পরিবর্তন ঘটতে পারে।
২. বিষাক্ত দ্রব্য কর্দম কণা বা হিউমাসে উপশোষিত (adsorbed) হয়ে অবস্থান করতে পারে। যেমন — ডাইকুয়াট, প্যারাকুয়াট পলি মৃত্তিকা ও এঁটেল মৃত্তিকাতে এ অবস্থা সৃষ্টি করতে পারে।
৩. বেলে মৃত্তিকাতে বিষাক্ত দ্রব্য মৃত্তিকা দ্রবণের সাথে বা তরল দ্রব্যের সাথে চুঁইয়ে যেতে পারে। প্রধানত আগাছানাশকের জন্য এটি হতে পারে।
৪. এঁটেল মৃত্তিকাতে বিষাক্ত দ্রব্য ভূ-পৃষ্ঠ মৃত্তিকার সাথে বিক্রিয়া ঘটাতে পারে। যেমন —ডিডিটি, ডাইকুয়াট আলোক বিযোজিত হয়।
৫. জৈব পদার্থসম্পন্ন মৃত্তিকা বিষাক্ত দ্রব্য মৃত্তিকা অণুজীব দ্বারা বিযোজিত হয়ে যেতে পারে। যেমন — অ্যালড্রিন, ডায়েলড্রিন।
৬. বিষাক্ত দ্রব্য উদ্ভিদ কর্তৃক পরিশোষিত হতে পারে। সিস্টেমিক রাসায়নিক দ্রব্য যেমন — ফুরাডন, ডাইমেক্রনের জন্য কৃষি জমিতে এ অবস্থা সৃষ্টি হতে পারে।

অজৈব দূষণ দ্রব্যের বিবরণ ও উৎস

আর্সেনিক : বালাইনাশক ;
ক্যাডমিয়াম : শিল্প বর্জ্য রঙ, প্লাস্টিক, ব্যাটারি ;
তামা : সার, তামা পাউডার ;
সীসা : জ্বালানি, কয়লা, শিল্প বর্জ্য ;
পারদ : বালাইনাশক।

জৈব বর্জ্যের প্রকার ও অপকারিতা

১. বসত বাড়ির আবর্জনা
২. প্রাণি-বর্জ্য
৩. খাদ্য আঁশ শিল্প বর্জ্য
৪. সিওয়েজ স্ল্যাগ
৫. ফসল বর্জ্য
৬. মিউনিসিপ্যাল বর্জ্য
৭. ভূমি ভরাট (land fills)।

অপকারিতা

১. মৃত্তিকার কার্বন নাইট্রোজেন অনুপাত বেড়ে যায়।
২. ভারী ধাতব দ্রব্যের সঞ্চায়ন ঘটে যা মৃত্তিকার জন্য ক্ষতিকর।
৩. বর্জ্য কণা বা আয়ন চুয়ানীতে ভূ-গর্ভস্থ পানি দূষিত হয়।

লবণ (Salts)

১. সেচের জমিতে লবণ জমা হওয়া ;
২. সামুদ্রিক পানি থেকে লবণ জমা হওয়া ;
৩. সিওয়েজ স্ল্যাগ থেকে লবণ জমা হওয়া।

৬। এসিড বৃষ্টি ও গ্রিন হাউজ প্রভাব

বৃষ্টির পানির সাধারণ অম্লমান (pH) প্রায় ৫.৬। কিন্তু শিল্প এলাকা, যেখানে জীবাশ্ম জ্বালানি পোড়ানো হয় এবং সালফার বেশি সেখানে বৃষ্টির পানির অম্লমান ৪.০ হতে পারে। বিক্রিয়াসমূহ নিম্নরূপ হতে পারে।

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{2H_2O} 2SO_3 \xrightarrow{} 2H_2SO_4$$

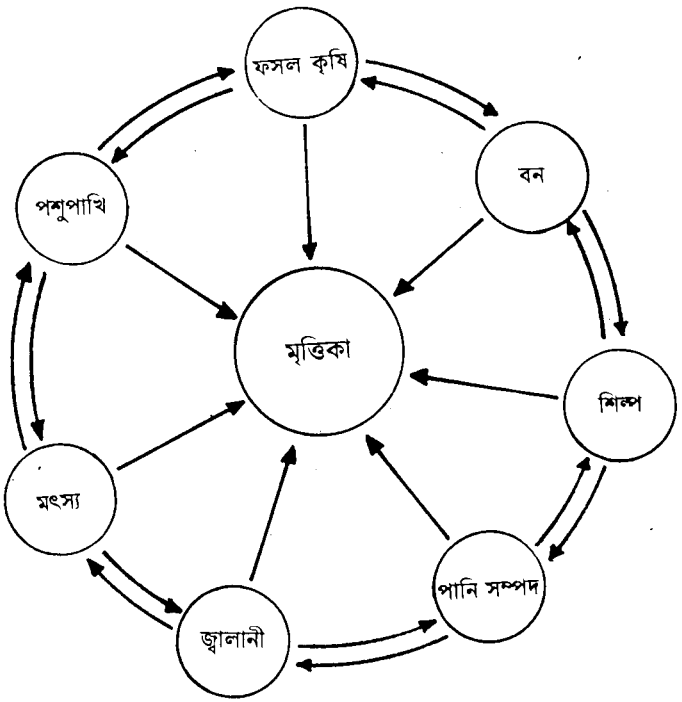
$$2NO + O_2 \xrightarrow{H_2O} 2NO_2 \xrightarrow{} HNO_3 + HNO_2$$

এসিড বৃষ্টির ফলে মৃত্তিকার অম্লত্ব বেড়ে যায়।

গ্রিন হাউজ প্রভাব ও মৃত্তিকা

বিশ্বের তাপমাত্রা বাড়ছে এবং ভবিষ্যতে আরও বাড়বে। এটিই গ্রিন হাউজ প্রভাব (green house effect)। বিশ্বে শিল্পকারখানা এতো বিস্তৃত হওয়ার পূর্বে বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ ছিল প্রায় ২৮০ ppm। কিন্তু বিগত ৩০ বছর শিল্প প্রসারের সাথে সাথে কার্বন ডাই-অক্সাইডের এই পরিমাণ ৩৫০ ppm এ উন্নীত হয়েছে।

গ্রিন হাউজ প্রভাবের সাথে জড়িত গ্যাসসমূহ যথা — কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) এবং মিথেন (CH_4) প্রভৃতি মৃত্তিকারও গুরুত্বপূর্ণ গ্যাস। পেট্রোলিয়াম ও কয়লা পুড়ানো থেকে প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অবশ্য প্রাকৃতিক অরণ্য উজাড় হয়ে জমি উন্মুক্ত হলে সেখানে জৈব পদার্থের বিযোজন বেড়ে গিয়েও কিছু পরিমাণ কার্বন ডাই- অক্সাইডের পরিমাণ বেড়ে যেতে পারে।



চিত্র ৭ : মৃত্তিকা পরিবেশ ও জৈবিক কৃষি পদ্ধতি

মৃত্তিকাতে বর্তমান শতাব্দীতে মৃত্তিকাতে নাইট্রাস এসিডের পরিমাণ ২৫% বেড়েছে। কয়লা ও তেল পোড়ানো এবং ডিনাইট্রিকরণ থেকে এই নাইট্রাস অক্সাইড তৈরি হচ্ছে। নাইট্রোজেনঘটিত রাসায়নিক সারের ব্যবহার বেড়ে যাওয়ায় নাইট্রাস অক্সাইড উৎপাদনের হারও বেড়েছে। বিগত ১০০ বছরে ভূ-পৃষ্ঠে মিথেনের পরিমাণ দ্বিগুণ হয়েছে। মৃত্তিকা এই মিথেনের উৎস। মৃত্তিকার অবাত বিযোজনে মিথেন উৎপন্ন হয়। মৃত্তিকাতে উই পোকা মিথেন উৎপাদন করে বলে অনেক বিজ্ঞানী তথ্য দিয়েছেন। এসব বর্ধিত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রাস অক্সাইড ও মিথেন গ্যাস বায়ুমণ্ডলের উপর স্তরে প্রতিরোধ স্তর তৈরি

করেছে যাতে মৃত্তিকাতে উৎপাদিত অন্যান্য গ্যাস বায়ুমণ্ডলে না গিয়ে তা ফিরে আসছে, যেমন—গ্লাস হাউজে বা গ্রিন হাউজে কাঁচের আবরণের দরুন ভিতরের বায়বীয় পদার্থ আবদ্ধ থেকে তাপমাত্রা বাড়ে।

গ্রিন হাউজ প্রভাব থেকে রক্ষার উপায়

১. মৃত্তিকা অতিমাত্রায় কর্ষণ না করে সংরক্ষণী কর্ষণ করা, যাতে জৈব পদার্থের দ্রুত বিযোজন নিরুৎসাহিত হয়।

২. অতিরিক্ত নাইট্রোজেনঘটিত রাসায়নিক সার ব্যবহার না করা।

৩. মৃত্তিকাতে অবাত অবস্থা সৃষ্টি নিরুৎসাহিত করা।

৪. ফসল চাষ বহুমুখী করা, বিশেষ করে ধানের জমিতে সবাত ফসল চাষ উৎসাহিত করা। এতে ডিনাইট্রিকরণ এবং মিথেন গ্যাস উৎপাদন হ্রাস পাবে।

৭। পরিবেশ পরিবর্তনের ফলাফল

কৃত্রিম ও প্রাকৃতিক কারণে পরিবেশ বিনষ্টকারী উপাদান অধিকতর কার্যশীল হওয়ায় পৃথিবীতে পরিবেশের কুফলসমূহ স্পষ্টভাবে ধরা পড়ছে। নিচে পরিবেশ বিনষ্টের কতকগুলো বিষয় ও কুফল উল্লেখ করা হলো।

	বিষয়		ফলাফল
১.	জীব বৈচিত্র্য	:	কোনো জীবের সংখ্যা হ্রাস ও বিলুপ্তি।
২.	উৎপাদন	:	ফসল ও কৃষি উৎপাদন হ্রাস।
৩.	জনস্বাস্থ্য	:	জনস্বাস্থ্যে বিঘ্নসৃষ্টি বা অবক্ষয়, সংক্রামক রোগের প্রকোপ বৃদ্ধি, রোগের ধারা পরিবর্তন।
৪.	দারিদ্র্য	:	দারিদ্র্য বৃদ্ধি, সামাজিক শান্তি-শৃঙ্খলার অবনতি।

জীব বৈচিত্র্য

পরিবেশ পরিবর্তনের ফলে বর্তমান শতকে বহু প্রাণী ও উদ্ভিদ বিলুপ্ত হওয়ার ঘটনা ঘটেছে। বিলুপ্তি বা সংখ্যা হ্রাসের মুখোমুখী এমন জীবের কিছু কিছু উদাহরণ নিচে উল্লেখ করা হলো।

	জীব		ক্ষতির সম্মুখীন প্রজাতির উদাহরণ
১.	মাৎস্য প্রজাতি	:	মহাশোল, নানিদ।
২.	বন্য প্রাণী প্রজাতি	:	বাঘ, হরিণ।
৩.	পাখি প্রজাতি	:	শকুন, দোয়েল।
৪.	উপকারী পোকা প্রজাতি	:	মিরিড বাগ, মৌমাছি।

৫.	সরীসৃপ প্রজাতি	:	বন ও হিম অঞ্চলের বহু প্রজাতি।
৬.	ছত্রাক প্রজাতি	:	স্যাপ্রোফাইট।
৭.	একটিনোমাইসেটিস প্রজাতি	:	এন্টিবায়োন্ট।
৮.	কৃমিজাতীয়	:	কেঁচো।
৯.	বনজ ভেষজ	:	ঔষধি গাছ।

জীব বৈচিত্র্য কমে যাওয়ার অন্যতম কারণের মধ্যে রয়েছে —

ক) প্রাণীর খাদ্যচক্র বিঘ্নিত হওয়া।

খ) মৃত্তিকার জৈবপদার্থ কমে যাওয়ায় বিষাক্ত দ্রব্যের অবক্ষয় কমে যাওয়া।

গ) মৃত্তিকার ভৌত বৈশিষ্ট্য ও গুণাবলীর অবক্ষয়ের প্রধান প্রধান কারণ।

- ভূমির ধস ;
- পলিপতন, জলাধার ভরাট হয়ে যাওয়া ;
- পানি স্রোতের গতিপথ পরিবর্তন হওয়া ;
- বায়োমাস (Biomas) কমে যাওয়া ;
- মৃত্তিকার পানি ধারণ ক্ষমতা কমে যাওয়া।

৮। মৃত্তিকা ও জৈবিক প্রক্রিয়া

সারা বিশ্বের ৫০০ কোটির বেশি মানুষ এবং তার চেয়েও কয়েকগুণ বেশি সংখ্যক গৃহপালিত পশু-পাখির খাদ্য, বস্ত্র ও আশ্রয়ের মূল ভিত্তি সম্পদ হচ্ছে মৃত্তিকা। মৃত্তিকাতে গাছ জন্মে। গাছ মানুষ ও পশু-পাখি ও সমগ্র প্রাণীর খাদ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়। এক জীব আবার অন্য জীবের খাদ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়। জীব পচে গিয়ে মৃত্তিকাতে মিশে যায়।

পৃথিবীতে জীবের অস্তিত্ব টিকিয়ে রাখার এই প্রাকৃতিক ও জৈবিক প্রক্রিয়াসমূহের সমন্বয়ে জৈবিক পরিবেশ গঠিত। নিচের চিত্রে জীব পরিবেশের একটি সংক্ষিপ্ত কাঠামো উল্লেখ করা হলো।

এখানে বর্ণিত জৈবিক প্রক্রিয়াসমূহকে বিশ্লেষণ করে বিশ্বের পরিবেশ বিষয়ক উপাদানগুলোকে নিম্নরূপে উল্লেখ করা যায়।

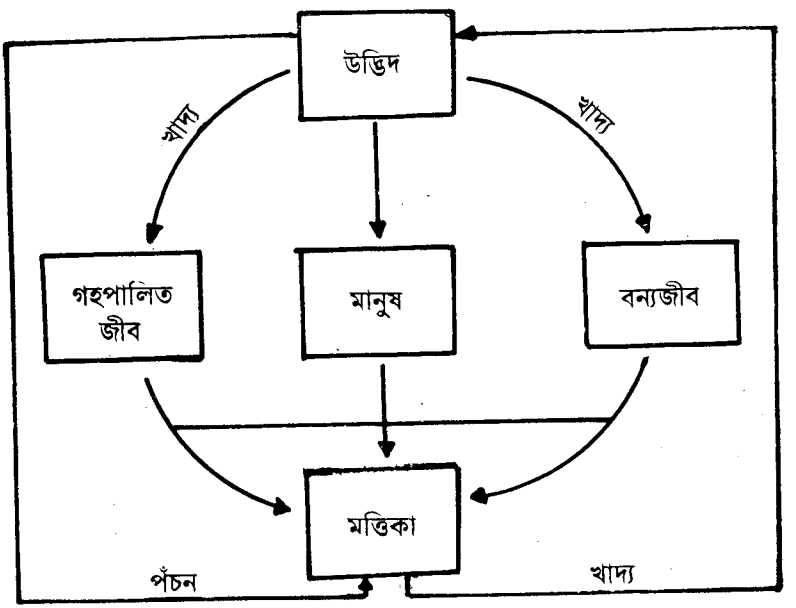
উপাদান		ভিত্তি সম্পদ
(১) মানুষ		
* খাদ্য সংগ্রহ ও উৎপাদন	--	উদ্ভিদ ও প্রাণী মৃত্তিকা
* বস্ত্র ও আশ্রয় নির্মাণ	--	উদ্ভিদ ও প্রাণী মৃত্তিকা
* বর্জ্য ব্যবস্থাপনা	--	মৃত্তিকা
* উন্নয়ন ও নির্মাণ পরিকল্পনা	--	মৃত্তিকা

(২) উদ্ভিদ

* ফসল উদ্ভিদ -- মৃত্তিকা
* বনজ বৃক্ষ -- মৃত্তিকা
* বন্য গাছ -- মৃত্তিকা
* উদ্ভিদ কণা ও অণুজীব -- মৃত্তিকা

(৩) প্রাণী

* গৃহপালিত পশু-পাখি -- উদ্ভিদ, মৃত্তিকা
* বন্য প্রাণী -- উদ্ভিদ ও প্রাণী মৃত্তিকা
* সামুদ্রিক প্রাণী -- উদ্ভিদ ও প্রাণী, মৃত্তিকা
* প্রাণী ও অণুজীব -- মৃত্তিকা।



চিত্র ৮ : মৃত্তিকা ও জৈবিক প্রক্রিয়া

এটি অনস্বীকার্য যে, উপরে বর্ণিত ৩টি জৈব উপাদানের মূল সম্পদ হচ্ছে মৃত্তিকা। এ পরিপ্রেক্ষিতে উল্লেখ করা যায়, মানুষ কিভাবে মৃত্তিকা ব্যবহার করে তার উপরই নির্ভর করে বিশ্বের পরিবেশ তথা মানুষ, উদ্ভিদ ও প্রাণীর পারস্পরিক অস্তিত্ব।

৯। বিশ্বের ভূমি সম্পদ

সারা বিশ্বে জমির পরিমাণ ১ হাজার ৩ শত কোটির উপরে। এই পরিমাণ ভূমির উপর নির্ভরশীল মানুষের সংখ্যা বর্তমান ৫০০ কোটিরও উপরে। এই হিসাবে (সারণি ১ ও ২)

মাথাপিছু জমির পরিমাণ প্রায় ২০ বিঘা। কিন্তু এই জমির মধ্যে মাথা পিছু চাষযোগ্য জমি হচ্ছে ৯ বিঘা এবং ফসলী জমি হচ্ছে মাত্র ২ বিঘা। এগুলো সারা বিশ্বের হিসাবের গড় পরিমাণ। কিন্তু জনবহুল এশিয়াতে মাথাপিছু ফসলী জমির পরিমাণ মাত্র ১ বিঘার চেয়ে অনেক কম।

জলবায়ু, আবহাওয়া ও মৃত্তিকা গঠনজনিত কারণে চাষের অযোগ্য জমির পরিমাণ প্রায় অর্ধেক (৫০%) (৬৩১ কোটি হেক্টর, ১৯৬৭ সনের হিসাবে, সারণি ২)। বাংলাদেশে বর্তমানে চাষের অযোগ্য জমির পরিমাণ খুব কম। অর্থাৎ বলা যায় ক্রববর্ধমান মানুষের চাহিদা মিটানোর জন্য প্রায় সকল জমিতেই চাষাবাদ করা হচ্ছে এবং চাষাবাদ নিবিড়তর করা হচ্ছে।

সারণি ১ : বিশ্বের ভূমি সম্পদ

মহাদেশ	লোক সংখ্যা (কোটি) ১৯৮৭	মাথাপিছু ফসল জমি (হেক্টর)	চাষযোগ্য ফসলী জমি (%)	চাষযোগ্য জমি (কোটি হেক্টর)[১]	মোট জমি (কোটি হেক্টর)
এশিয়া	২৯১.৩	০.১৬	৭৩	৬২.৭	২৬৭.৯
আফ্রিকা	৫৮.৯	০.৩১	২৫	৭৩.৩	২৯৬.৬
ইউরোপ	৪৯.৫	০.২৮	৮০	১৭.৪	৪৭.৩
উত্তর আমেরিকা	৪১.২	০.৬৬	৫৯	৪৬.৫	২১৩.৯
দক্ষিণ আমেরিকা	২৭.৯	০.৫০	২০	৬৮.০	১৭৫.৩
সোভিয়েত রাশিয়া	২৮.৪	০.৮২	৬৫	৩৫.৬	২২৭.২
ওসেনিয়া	২.৫	১.৯২	৩১	১৫.৪	৮৪.৩
মোট/গড়	৪৯৯.৮	০.২৯	৪৬	৩১৮.৯	১৩০৮.১

সারণি ২ : বিভিন্ন জলবায়ু এলাকায় বিশ্বের ভূমির আয়তন

জলবায়ু এলাকা	আয়তন (কোটি হেক্টর)			
	চাষযোগ্য জমি	তৃণ ভূমি	চাষের অযোগ্য জমি	মোট
মেরু অঞ্চল	০	০	৫৬.০	৫৬.০
হিম নাতিশীতোষ্ণ	৯৬.০	১১৯.০	২৭৩.০	৪৮৮.০
অব-শুষ্ক নাতিশীতোষ্ণ	৫৫.৯	৮৪.০	১৩৭.০	২৭৬.৯
শুষ্ক/উষ্ণ	১৬৭.০	১৬৩.০	১৬৫.০	৪৯৫.০
মোট	৩১৮.৯	৩৬৫.০	৬৩১.০	১৩১৫.০

উৎস : Presidents Science Advisory Panel on World Food Supply (1967). Vol. II. Page 23.

১. চাষযোগ্য জমি — Presidents Science Advisory Committee Panel on World Food Supply (1967)। অন্যান্য তথ্য, World Resoures, ১৯৮৭ (বিশ্বের ভূমি সম্পদের হিসেবে)।

১০। মৃত্তিকা ব্যবহার সমস্যা

সারা বিশ্বে মৃত্তিকা ব্যবহারে নানা সমস্যা দেখা দিচ্ছে (সারণি ৩)। কৃষি উৎপাদন বৃদ্ধির অন্তরায় হিসেবে চিহ্নিত এসব সমস্যার মধ্যে এশিয়ার মৃত্তিকা সমস্যাই সবচেয়ে প্রকট। প্রাপ্ত তথ্যে দেখা যাবে যে, সারা বিশ্বের বিবেচনায় মৃত্তিকার উদ্ভিদ পুষ্টি ঘাটতি যেখানে ২৩%, সেখানে এশিয়ায় এই জমির পরিমাণ প্রায় ৭৫%। মাথাপিছু জমির পরিমাণ কম হওয়াতে জমির অত্যধিক ব্যবহারে মৃত্তিকার এই রাসায়নিক অবক্ষয়। এই রাসায়নিক অবক্ষয়ের পরিমাণ বিশেষ করে বাংলাদেশে তীব্র আকার ধারণ করছে।

সারণি ৩ : কৃষি ব্যবহারের সমস্যার ভিত্তিতে বিশ্বের মৃত্তিকার পরিমাণ (%)

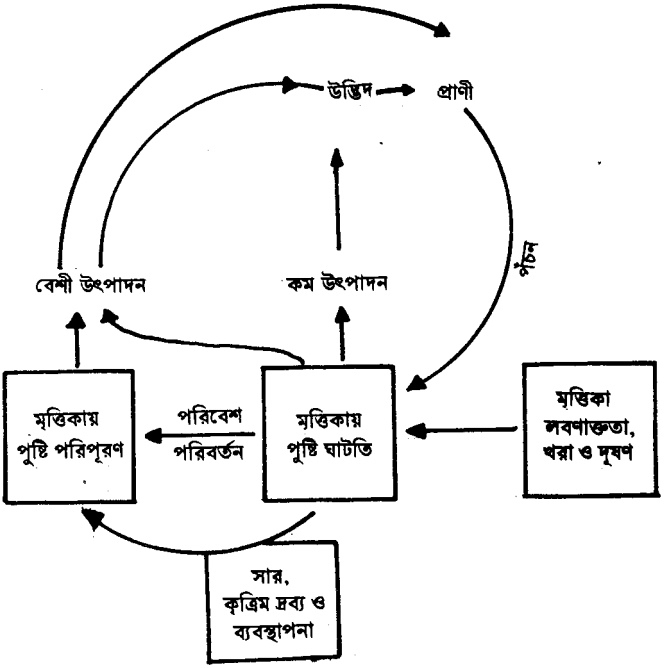
অঞ্চল	তীব্র সমস্যা নেই	কৃষি ব্যবহারে সমস্যা				
		খরা	পুষ্টি উপাদান ঘাটতি	মৃত্তিকা স্তরের অগভীরতা	পানির অতিরিক্ততা	স্থায়ী বরফ
দক্ষিণ এশিয়া	১৮	৪৩	৫	২৩	১১	—
উত্তর ও মধ্য এশিয়া	১০	১৭	৯	৩৮	১৩	১৩
দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়া	১৪	২	৫৯	৬	১৯	—
আফ্রিকা	১৬	৪৪	১৮	১৩	৯	—
ইউরোপ	৩৬	৮	৩৩	১২	৮	৩
উত্তর আমেরিকা	২২	২০	২২	১০	১০	১৬
মধ্য আমেরিকা	২৫	৩২	১৬	১৭	১০	—
দক্ষিণ আমেরিকা	১৫	১৭	৪৭	১১	১০	—
অস্ট্রেলিয়া	১৫	৫৫	৬	৮	১৬	—
বিশ্ব মোট (গড়)	১১	২৮	২৩	২২	১০	৬

উৎস : DENT : FAO/UNESCO মৃত্তিকা মানচিত্র (১৯৮০) অনুসরণে সংকলিত

সারণি ৪ : মৃত্তিকার উর্বরতা এবং আর্দ্র-উষ্ণ অঞ্চলে এর বিতরণ (%)

মৃত্তিকা	মধ্য ও দক্ষিণ আমেরিকা	আফ্রিকা	এশিয়া	বিশ্ব
অম্লীয় অনুর্বর জমি	৮২	৫৬	৩৮	৬৩
মধ্যম উর্বর	৭	১২	৩৩	১৫
অনিষ্কাশিত জমি	৬	১২	৬	৮
অনুর্বর বেলে মৃত্তিকা	২	১৬	৬	৭
অন্যান্য	৩	৪	১৬	১৭
মোট	১০০	১০০	৯৯	১১০

উৎস : Natural Research Council (1982) USDA.



চিত্র ৯ : মৃত্তিকার পুষ্টি ঘাটতি সমস্যা

সারণি ৫ : বিশ্বের ভূমি অবক্ষয়ের মাত্রা (জমির পরিমাণ লক্ষ হেক্টর)

অঞ্চল	অবক্ষয়ের প্রকার				
	উদ্ভিদ পুষ্টি অবক্ষয়	লবণীকরণ	রাসায়নিক দূষণ	অম্লীয়করণ	জৈব পদার্থ
এশিয়া	১৪০	৫৩০	২০	৪০	২০
দক্ষিণ-পূর্ব এশিয়া	১০০	১৭০	১০	৪০	২০
পশ্চিম এশিয়া	৪০	৩৬০	১০	—	—
আফ্রিকা	৪৫০	১৫০	—	২০	—
দক্ষিণ আমেরিকা	৬৮০	২০	—	—	—

মধ্য আমেরিকা	৪০	২০	—	—	—
উত্তর আমেরিকা	—	—	—	—	—
ইউরোপ	৩০	৪০	১.৯০		২০
ওসেনিয়া	—	১০	—	—	—
বিশ্ব মোট	১৪৮০	১৩০০	২৩০	১০০	৬০

উৎস : NRC (1982) USDA

মৃত্তিকা সম্পদের রাসায়নিক অবক্ষয় অথচ ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার চাহিদা মেটানোর জন্য উৎপাদন পরিকল্পনায় অর্ধেক সার ব্যবহার, কীটনাশক ব্যবহার, মৃত্তিকা থেকে অধিক পুষ্টি পরিশোষণের অনুকূল ব্যবস্থা গ্রহণ করা হচ্ছে, যা মৃত্তিকার রাসায়নিক ব্যবহার আরও বাড়িয়ে দিচ্ছে।

সারা বিশ্বের মধ্যে মধ্যম উর্বর জমির পরিমাণ এশিয়াতে সবচেয়ে বেশি (সারণি ৪) এবং মৃত্তিকা রাসায়নিক দূষণতাও সবচেয়ে বেশি (সারণি ৫)। বিশ্ব মৃত্তিকা সম্পদ ও জৈব পরিবেশের এসব তথ্য বিশ্লেষণ করে দৃষ্টিভঙ্গিভেদে বহু ধরনের ধারণা পাওয়া যেতে পারে।

তবে একটি বিষয় সবক্ষেত্রেই প্রতীয়মান হবে যে, ক্রমবর্ধমান জনসংখ্যার চাহিদা মেটাতে গিয়ে মৃত্তিকা অবক্ষয় বিশেষ করে মৃত্তিকায় রাসায়নিক গুণাবলীর অবক্ষয় ঘটানো হচ্ছে। মৃত্তিকার উর্ব্বরতা সংরক্ষণকল্পে এর রাসায়নিক অবক্ষয় রোধের জন্য প্রয়োজনীয় রাসায়নিক ধর্মাবলী সম্পর্কে সম্যক ধারণা থাকা দরকার।

উপরোক্ত কারণে এই গ্রন্থে মৃত্তিকার প্রধান প্রধান রাসায়নিক গুণাবলীর বিস্তারিত আলোচনা করা হলো। মৃত্তিকা রাসায়নিক গুণাবলীর সব তথ্য ব্যবহার করে পরিবেশ ও জীব অস্তিত্বের মূল ভিত্তি সম্পদ হিসেবে মৃত্তিকার পরিচর্যা করা সম্ভব হবে।

১১। পরিবেশ সমস্যা ও সমাধান:পরিবেশগত সমস্যার সারসংক্ষেপ

১. কৃষি ও ভূমি ব্যবহার

- মৃত্তিকার জৈব পদার্থ হ্রাস ;
- ভূমি ব্যবহারে বর্ধিত চাপ ;
- বনভূমি, বসত ও ফসল জমিতে রূপান্তর ;
- ফসলের সংখ্যা হ্রাস, জীব বৈচিত্র্য বিনষ্ট হওয়া ;
- পাহাড়ী ভূমির ঝুম চাষ ও সম্পদের অবক্ষয় ;
- নির্বিচার ভূমি ব্যবহার ও ভূমি কর্ষণ।

২. সারের ব্যবহার

- অতিরিক্ত হারে রাসায়নিক সারের ব্যবহার ;
- বিষাক্ত বালাইনাশকের (কীটনাশক–রোগনাশক ইত্যাদি) ব্যবহার বৃদ্ধি ;
- জৈব সারের ব্যবহার কমে যাওয়া।

৩. আবর্জনা সমস্যা

- নগর আবর্জনার অব্যবস্থাপনা ;
- শিল্প আবর্জনা যথেচ্ছা ফেলানো ;
- জলজ আগাছার প্রকোপ বৃদ্ধি ও স্বাভাবিক স্রোতধারা বিঘ্নিত করা।

৪. বন্য প্রাণী ধ্বংস/বিলুপ্তি

- জলজ জীবের প্রকার ও সংখ্যা হ্রাস ;
- স্থলজ জীবের বৈচিত্র্য, প্রকার ও সংখ্যা হ্রাস ;
- প্রাণী বিশেষের বিলুপ্তি বা সংখ্যা হ্রাস।

৫. জ্বালানি ব্যবহার

- বসত বন ও কৃষি বন হ্রাস ;
- গোবর পোড়ানো ;
- জীবাশ্ম জ্বালানির অধিকতর ব্যবহার।

৬. পানি সম্পদের অপরিকল্পিত ব্যবহার

- জলাবদ্ধতা ;
- কৃত্রিম বাঁধ দেওয়া ও স্রোত পরিবর্তন ;
- সেচ পানির পরিবর্তন ;
- পানিতে লবণাক্ততা বৃদ্ধি।

৭. ভূমির অবক্ষয়

- ভূমি ধস ;
- পলি পতন ও ভূমির অবক্ষয় ;
- মৃত্তিকার ঘনত্ব বৃদ্ধি (আয়তনী ঘনত্ব, কণা ঘনত্ব)।

পরিবেশ সমস্যা ও সমাধান

পরিবেশ বিষয়ক মৃত্তিকা সংক্রান্ত উপাদান বিশ্লেষণের আলোকে এর বিভিন্ন সমস্যা ও সম্ভাব্য সমাধান এ অধ্যায়ে আলোচনা করা হলো।

পরিবেশগত সমস্যা

সারা পৃথিবীতে দিনে দিনে পরিবেশগত সমস্যা বেড়ে চলেছে। তৃতীয় বিশ্বের সীমিত সম্পদের দেশগুলোতে এই সমস্যা আরও প্রকট আকার ধারণ করছে। বাংলাদেশের প্রধান সম্পদ এর মৃত্তিকা এবং মৃত্তিকার উপর পরিবেশ পরিবর্তন প্রভাব খুব স্পষ্ট ও তাৎপর্যপূর্ণ। তাই এখানে বাংলাদেশের পরিস্থিতির নিরিখে মৃত্তিকা সংক্রান্ত পরিবেশ সমস্যাসমূহ আলোচনা করা হলো।

১. কৃষি উৎপাদন হ্রাস

অতিবৃষ্টি, উচ্চ তাপ, নিবিড় চাষাবাদ, জৈব সার না দেওয়া এবং অধিক হারে রাসায়নিক সার ব্যবহারের ফলে বাংলাদেশের মৃত্তিকার উৎপাদন ক্ষমতা কমে যাচ্ছে। অতীতে ১০০ কেজি রাসায়নিক সার দিয়ে যে ফলন পাওয়া যেত বর্তমানে সেই ফসল পাওয়ার জন্য ১৫০ কেজি সার দিতে হচ্ছে। কৃষি উৎপাদনের হ্রাসের অন্যান্য কারণের মধ্যে রয়েছে চাষকৃত ফসলের জাত পরিবর্তন বা ফসল বিন্যাসের পরিবর্তন, অর্থাৎ ব্যবস্থাপনা সুনিশ্চিত না করে উচ্চ প্রযুক্তি ব্যবহারের উদ্যোগ এবং পাহাড়ী এলাকায় ঝুম চাষ। অবশ্য অর্থনৈতিক বিবেচনায় কৃষি পণ্যের অলাভজনক পরিস্থিতিও কৃষি উৎপাদন কমে যাওয়ায় একটি কারণ হিসেবে উল্লেখ করা যেতে পারে, তবে তাও একর প্রতি ফলন কমে যাওয়ার জন্য ঘটেছে।

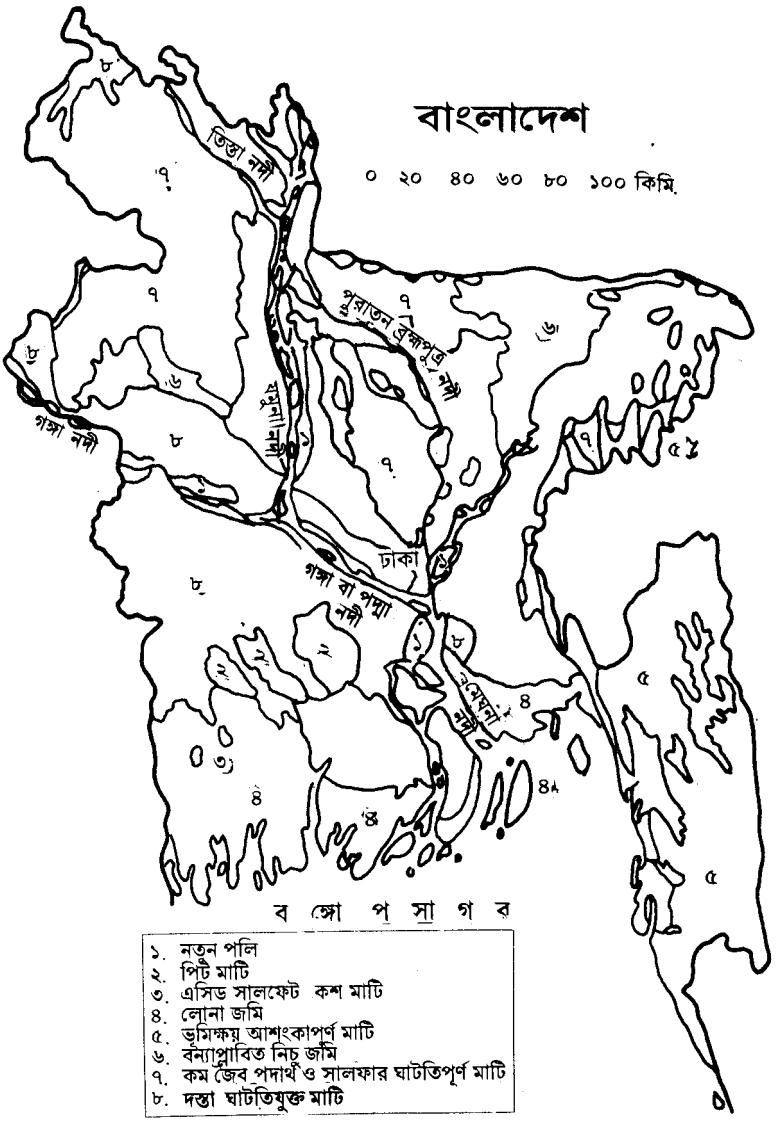
২. মৃত্তিকার ভৌত-রাসায়নিক অবক্ষয়

মৃত্তিকার ভৌতরাসায়নিক অবক্ষয়ের মধ্যে রয়েছে মৃত্তিকার আয়তনী ঘনত্ব ও কণা ঘনত্ব বেশি, মৃত্তিকার দৃঢ়তা ও চাপবদ্ধতা বৃদ্ধি, ভূমিক্ষয়ে উর্বরতা হ্রাস, ভূমিধসে জমি বিনষ্ট, বাফার ক্ষমতা হ্রাস, অণুজৈবিক গুণাবলী হ্রাস প্রভৃতি। মৃত্তিকার বাফার ক্ষমতা বেড়ে যাওয়ায় রাসায়নিক সার প্রয়োগে সহজেই মৃত্তিকার অম্লমানে পরিবর্তন আসে। মৃত্তিকার দৃঢ়তা ও চাপবদ্ধতা বেড়ে যাওয়ায় মৃত্তিকাতে পানির অনুপ্রবেশ কমে গিয়ে পানিপ্রবাহ বাড়ে। ফলে বন্যা-প্লাবনের আশংকা বাড়ে। মৃত্তিকাতে উপকারী কীটপতঙ্গের কার্যাবলী ও বৈচিত্র্য হ্রাস পায়। ব্যবস্থাপনার অভাবে মৃত্তিকার লবণাক্ততা বাড়ে।

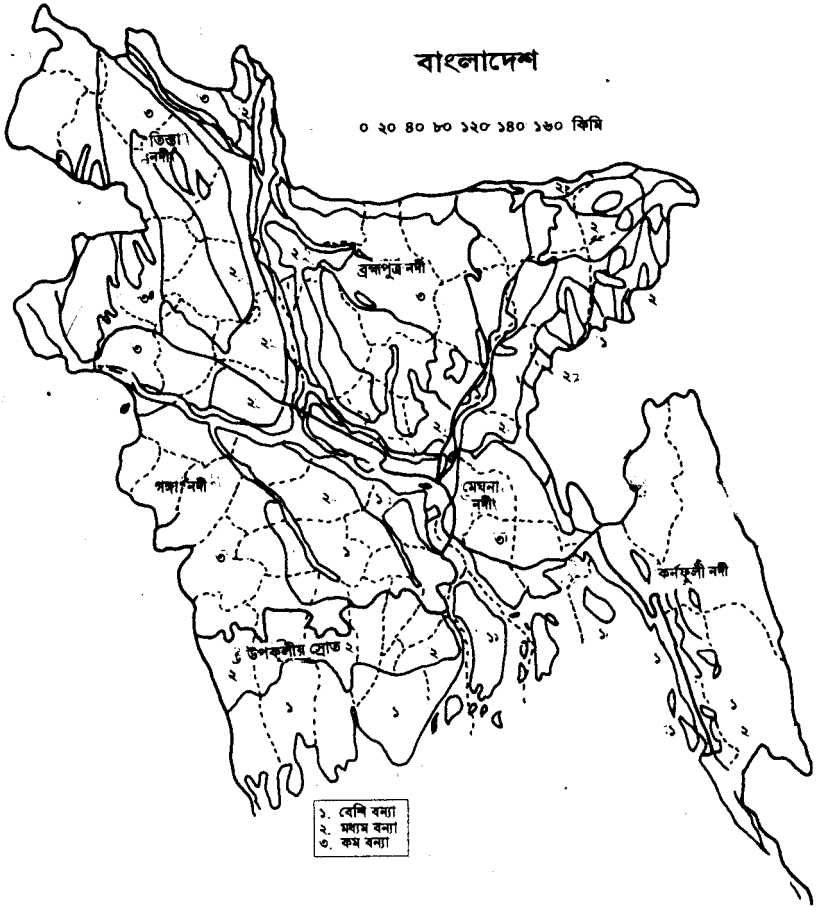
৩. মৃত্তিকা বর্জ্য ও রাসায়নিক দূষণ

শিল্পকারখানার বর্জ্য, তাজা বা আধাপচা জৈব দ্রব্য, অপচনশীল কৃত্রিম দ্রব্য এবং বিষাক্ত বালাইনাশকের যথেচ্ছা ব্যবহার মৃত্তিকা দূষণ বাড়িয়ে দিচ্ছে। রাসায়নিক শিল্প বর্জ্যের মধ্যে লেড ও ক্যাডমিয়াম মৃত্তিকা ও জনস্বাস্থ্যের জন্য খুবই ক্ষতিকর। তাজা বা আধাপচা জৈব দ্রব্য মৃত্তিকার কার্বন ঃ নাইট্রোজেন ভারসাম্য বিঘ্নিত করে। বিষাক্ত বালাইনাশক জীব-বৈচিত্র্যের প্রতি হুমকিস্বরূপ।

বর্তমান নিবিড় ও রাসায়নিক কৃষি ব্যবস্থার ফলে মৃত্তিকায় এ ধরনের ভৌত রাসায়নিক অবক্ষয়ের আশংকা সৃষ্টি হয়েছে। বিশেষ করে পলিথাইলিন দ্রব্য, প্লাস্টিক রাবার গ্লাস উল, স্টিল উল প্রভৃতি মৃত্তিকা গুণাবলীর স্বাভাবিকত্ব বিনষ্ট করছে।



চিত্র ১০ : বাংলাদেশের সমস্যাপূর্ণ মৃত্তিকা



চিত্র ১১ : বাংলাদেশে বন্যাঘটিত সমস্যাপূর্ণ জমি

পরিবেশগত সমস্যার সমাধান

পরিবেশগত সমস্যা বিশেষ করে বাংলাদেশে উদ্ভূত পরিবেশগত সমস্যা সমাধানের লক্ষ্যে পর্যায়ক্রমে নানারূপ পদক্ষেপ গ্রহণ করা যেতে পারে। এসব সমস্যা সমাধানের জন্য মৃত্তিকা গুণাবলী নিয়ন্ত্রণ ব্যাপক অবদান রাখতে পারে।

বাংলাদেশের পরিবেশগত সমস্যা সমাধানের প্রধান প্রধান বিষয় এখানে আলোচনা করা হলো।

১. **মৃত্তিকাতে জৈব সার প্রয়োগ :** খামারজাত সার, কমপোস্ট ও সবুজ সার প্রয়োগ করে মৃত্তিকার সার্বিক গুণাবলীর উন্নয়ন করতে হবে।

২. **কৃষি বন উৎসাহিতকরণ :** বাংলাদেশে বনজ লাকড়ি ও কাঠের চাহিদা মেটাতে বসত বন ও কৃষি বনের অবদান প্রায় ৭৭%। তাই কৃষি বন উৎসাহিত করা দরকার। সাথে সাথে প্রাকৃতিক বন ও সংরক্ষিত বনের উপর গুরুত্ব দিতে হবে।

৩. **কমপোস্ট প্রয়োগ :** নানারূপ বর্জ্য সরাসরি জমিতে প্রয়োগ না করে কমপোস্ট তৈরি করে প্রয়োগ করলে অধিক ফল পাওয়া যাবে। তবে কমপোস্ট উৎপাদনের সময় দূষণকারী বর্জ্য ব্যবহার করা যাবে না।

৪. **উপকূলীয় ভূমি উন্নয়ন :** উপযুক্ত বাঁধ ও ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে উপকূলীয় জমি লোনা ও অবক্ষয়ের হাত থেকে রক্ষা করতে হবে।

৫. **উঁচু লাল মৃত্তিকার উন্নয়ন :** জৈব সার প্রয়োগ ও উপযুক্ত ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে মধুপুর ও বরেন্দ্র অঞ্চলের ভূমি উন্নয়ন করতে হবে। জমিতে সেচের মাধ্যমে সারা বছর উৎপাদন বাড়াতে হবে।

৬. **ঝুম চাষ নিরুৎসাহিত করণ :** পাহাড়ী এলাকায় আদিম ঝুম চাষ নিরুৎসাহিত করে সেখানে বৈজ্ঞানিক পদ্ধতির চাষাবাদের প্রচলন করতে হবে।

৭. **মৃত্তিকা সংরক্ষণ নীতিমালা প্রণয়ন ও বাস্তবায়ন :** সারা বিশ্বের অনেক দেশেই সংসদে পাশ করা ভূমি সংরক্ষণ আইন রয়েছে। একইভাবে বাংলাদেশেও যুগের চাহিদার সাথে তাল মিলিয়ে মৃত্তিকা সম্পদ সুরক্ষার স্বার্থে মৃত্তিকা সংরক্ষণ আইন প্রণয়ন করে তা যথাযথভাবে বাস্তবায়ন করতে হবে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

মৃত্তিকা দ্রবণ

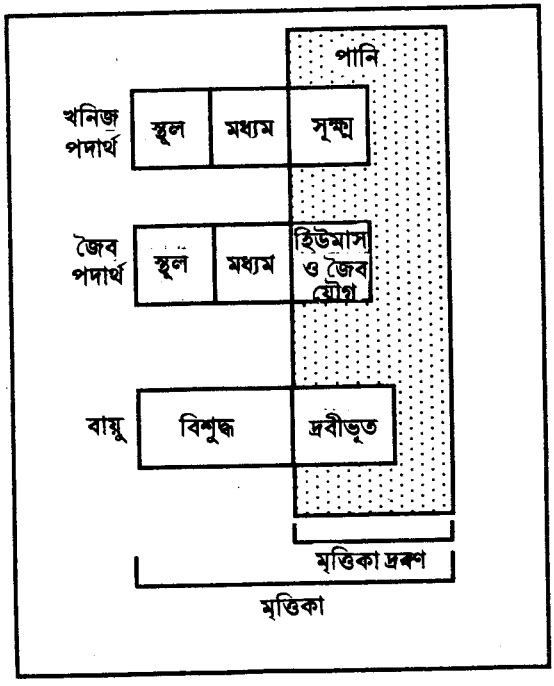
আধুনিক বিজ্ঞান বিশ্বে রসায়নবিদ্যা এবং মৃত্তিকা রসায়নবিজ্ঞান অত্যন্ত সুশৃঙ্খল এবং সুপ্রতিষ্ঠিত বিজ্ঞান। মৃত্তিকাসম্পদ সংরক্ষণ এবং উদ্ভিদ পুষ্টি বিধানে মৃত্তিকা রসায়নের অবদান অনস্বীকার্য।

১। মৃত্তিকা দ্রবণের গঠন

খনিজ পদার্থ, জৈব পদার্থ, পানি ও বায়ুর সমন্বয়ে মৃত্তিকা গঠিত। এর মধ্যে সূক্ষ্ম খনিজ কণা বা কলয়েড, জৈব যৌগ এবং পানির সমন্বয়ে মৃত্তিকা দ্রবণ গঠিত।

মৃত্তিকা দ্রবণের অংশ

মৃত্তিকা দ্রবণের প্রধান প্রধান অংশের মধ্যে নিম্নলিখিত উপাদান রয়েছে (চিত্র ৮) ; যথা —



চিত্র ১২ : মৃত্তিকা দ্রবণের গঠন

১. সূক্ষ্ম কর্দম খনিজ বা কলয়েড

সিলিকেট কর্দম
লোহা ও এলুমিনিয়াম কর্দম
অকেলাসিত (বা এলোফেন) কর্দম
] মাইসিলি

আয়ন

ধনাত্মক আয়ন ; যথা — H^+, Ca^{++}, Mg^{++}

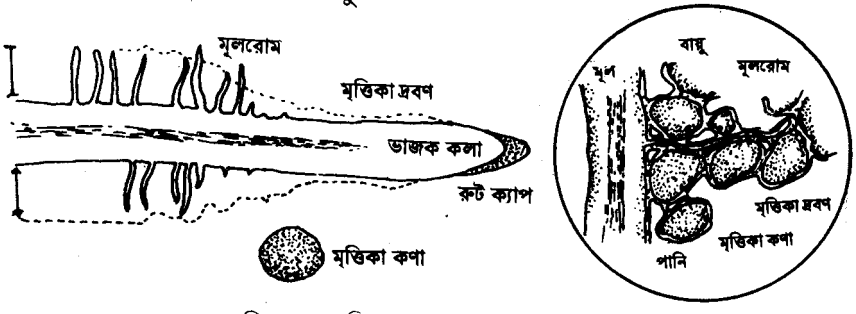
ঋণাত্মক আয়ন ; যথা — NO_3^-, CO_3^{--}, SO_4^{--}

২. হিউমাস ও জৈব যৌগ

হিউমিক এসিড
ফালভিক এসিড
অন্যান্য জৈব এসিড

৩. দ্রবীভূত বায়ু

৪. পানি : মাঠ ক্ষমতা বা অর্ধমুক্ত পানি



চিত্র ১৩ : মৃত্তিকা দ্রবণ এবং মূল ও মূলরোম

মৃত্তিকা দ্রবণ প্রধানত নানারূপ রাসায়নিক উপাদানের সমন্বয়ে গঠিত। মৃত্তিকাতে বিদ্যমান খনিজ পদার্থ থেকে সৃষ্ট রাসায়নিক উপাদানের গড় উপাদানের পরিমাণ সারণি ৬–এ দেওয়া হলো। সারণিতে দেখা যায় যে, খনিজ ভূ–পৃষ্ঠ ক্ষয়ের ফল অনুসারে মৃত্তিকা দ্রবণ সৃষ্টি হয় এবং তা মৃত্তিকা চুয়িত পানির সাথে দিনে দিনে অপসারিত হয়।

মৃত্তিকা দ্রবণ গঠনকারী হিসেবে প্রধান প্রধান উপাদান হচ্ছে অক্সিজেন, সিলিকন, এলুমিনিয়াম, লোহা, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন ও সোডিয়াম।

মৃত্তিকা চুয়ানো পানি এবং সামুদ্রিক পানিতে অক্সিজেন, সোডিয়াম, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের পরিমাণ বেশি থাকে।

২। মৃত্তিকা উপাদানের চলাচল

রাসায়নিক উপাদানের দ্রবণীয়তা ও চলাচল বিবেচনায় উপাদানসমূহকে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়। যথা :

কম দ্রবণীয় চলাচলকারী	মধ্যম দ্রবণীয় চলাচলকারী	বেশি দ্রবণীয়চলাচলকারী
সিলিকন		অক্সিজেন
এলুমিনিয়াম্	পটাসিয়াম	ক্লোরিন
বেরিয়াম		ব্রোমিন
স্ট্রনসিয়াম	ফসফরাস	নাইট্রোজেন
ক্রোমিয়াম	সালফার	নাইট্রোজেন
নিকেল	লোহা	কার্বন
	ক্যালসিয়াম	
লিথিয়াম	ম্যাগনেসিয়াম	সোডিয়াম
টিটানিয়াম	ম্যাঙ্গানিজ	

মৃত্তিকাতে বিদ্যমান খনিজ দ্রব্যের প্রকার ও পরিমাণের উপর মৃত্তিকা দ্রবণের প্রকৃত গঠন নির্ভর করে।

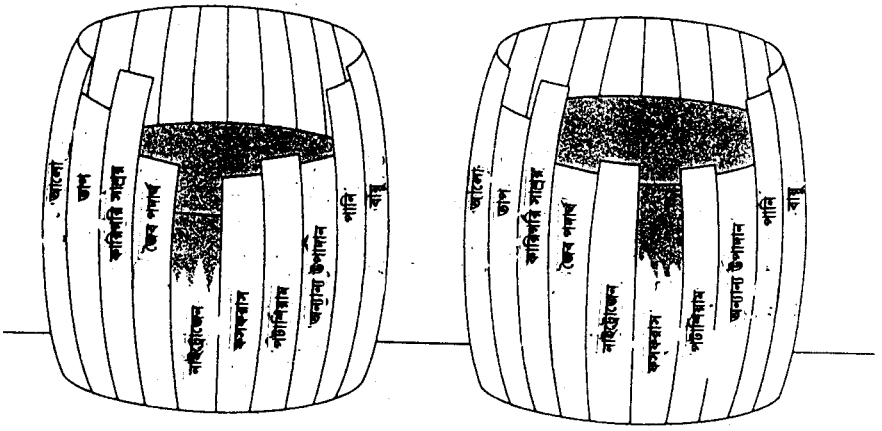
৩। মৃত্তিকা দ্রবণ সাম্যতা

মৃত্তিকা পুষ্টি উপাদান ও লিবিগ সূত্র

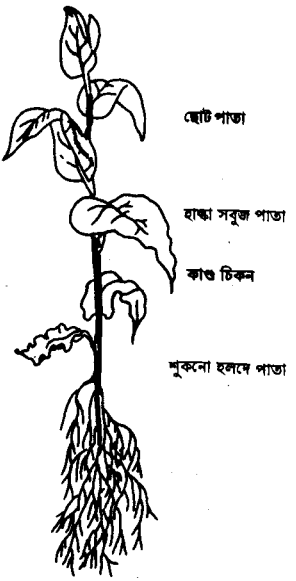
মৃত্তিকা দ্রবণে উদ্ভিদের অন্তত ১৩টি পুষ্টি উপাদান থাকে। উদ্ভিদে এসব উপাদানের প্রয়োজনীয়তা পরিমাণগত আনুপাতিকভাবে নির্দিষ্ট থাকে। অর্থাৎ কোনোটি বেশি পরিমাণে আবার কোনোটি কম পরিমাণে প্রয়োজন হয়। তবে যে কোনো একটির অভাবে উদ্ভিদের বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে যায়। এটিই লিবিগ' সূত্র (Leibig's law of minimum)। নিচের চিত্রে (চিত্র ১৪) দুটি ড্রামে পানি ভর্তি আছে যাকে ফসলের মোট ফলনের সাথে তুলনা করা যায়। কোনো মৃত্তিকা দ্রবণে সকল উপাদান প্রয়োজনের তুলনায় বেশি থাকলেও যদি নাইট্রোজেনের পরিমাণ কম হয় তবে ফলন কমে যাবে। আবার (খ) ড্রাম অনুসারে এখানে নাইট্রোজেনের পরিমাণ বাড়িয়ে দেওয়াতে পটাসিয়াম কম হয়ে যাওয়ার ফলন কমিয়ে দিচ্ছে। এভাবে উদ্ভিদ পুষ্টির যে কোনো একটি উপাদানের পরিমাণ কম থাকলে ফসলের উচ্চ ফলন আশা করা যায় না। মৃত্তিকা দ্রবণ উদ্ভিদ পুষ্টি উপাদানের এই রাসায়নিক ভারসাম্য রক্ষা করে। এটি প্রমাণ করে যে, ফসলের ফলন বৃদ্ধিতে মৃত্তিকা দ্রবণের তাৎপর্য লিবিগ সূত্রের সাহায্যে প্রমাণ করা যায় এবং তা খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

মৃত্তিকা দ্রবণের তাৎপর্য

মৃত্তিকা হচ্ছে গাছের খাদ্য ভাণ্ডার। গাছ অন্তত তার আবশ্যক পুষ্টি মৃত্তিকা থেকে তথা দ্রবণ থেকে পরিশোষণ করে। পুষ্টিসমূহ রাসায়নিক উপাদানের আয়ন হিসেবে মৃত্তিকা থেকে পরিশোষিত হয় এবং সারণিতে মৃত্তিকা খনিজে উপস্থিত পুষ্টির প্রকার এবং উদ্ভিদে এদের পরিশোষণযোগ্য আকার উল্লেখ করা হলো। মৃত্তিকা উৎপন্নের পরিবেশে এসব পুষ্টি বিমুক্ত হয় ও মৃত্তিকা দ্রবণে পরিবেশে এসব পুষ্টি আয়নিক আকার প্রাপ্ত হয় এবং উদ্ভিদ শিকড়ের মাধ্যমে আয়নিক বিনিময়ের প্রক্রিয়া পুষ্টিসমূহ পরিশোষণ করে।



চিত্র ১৪ : লিবিগ সূত্রের প্রমাণ



চিত্র ১৫ : নাইট্রোজেনের অভাবে পাতা ছোট, কাণ্ড চিকন হওয়া

চিত্র ১৬ : ক্যালসিয়ামের অভাবে বৃদ্ধিশীল অংশ মৃত

ত্র ১৭ : লোহার অভাবে চিকন দুর্বল কাণ্ড

চিত্র ১৮ : ম্যাগনেসিয়ামের অভাবে পাতা নিচ থেকে উপরের দিকে শিরা হলদে হতে থাকে

সারণি ৬ : মৃত্তিকা দ্রবণ সৃষ্টিকারী ভূ-পৃষ্ঠ ও সামুদ্রিক পানির রাসায়নিক গঠন (গড়)

উপাদানের নাম	সংকেত	পরিমাণ		
		খনিজ ভূ-পৃষ্ঠ	মৃত্তিকা	মৃত্তিকা চুয়ানো পানি
অক্সিজেন	O	৪৭	৪৯.০	৮৬
সিলিকন	Si	২৮	৩৩.০	
এলুমিনিয়াম	Al	৯	৭.০	
লোহা	Fe	৫০	৪.০	
ক্যালসিয়াম	Ca	৩	১.৪	০.০৫
ম্যাগনেসিয়াম	Mg	২	০.৬	০.১৪
পটাসিয়াম	K	২.৬	১.৪	০.০৪
সোডিয়াম	Na	২.৬	০.৬	১.১৪

টিটানিয়াম	Ti	০.৬	০.৫	
হাইড্রোজেন	H	০.২	—	১০.৬৭
কার্বন	C	০.১	২.০	০.০০২
নাইট্রোজেন	N	০.০১	০.১	—
ফসফরাস	P	০.১	০.১	—
সালফার	S	০.১	০.১	০.০৯
ম্যাঙ্গানিজ	Mn	০.১	০.৩	—
বেরিয়াম	Ba	০.০৫	—	—
স্ট্রনসিয়াম	S	০.০২	—	—
ক্রোমিয়াম	Cr	০.০১	—	—
নিকেল	Ni	০.০১	—	—
লিথিয়াম	Li	০.০১	—	—
ক্লোরিন	Cl	০.০১	—	২.৬৭
ফ্লোরিন/ব্রোমিন	Br	০.০১	—	০.০০৪

উৎস : Zonn. S.V. 1986. Tropical and Sub-tropical Soil Science. Mir Pub—Moscow.

৪। মৃত্তিকা দ্রবণের রাসায়নিক বিক্রিয়া

মৃত্তিকা দ্রবণের রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহকে প্রধানত নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়। যথা —

১. ভৌত–রাসায়নিক বিক্রিয়া ২. প্রাণ–রাসায়নিক বিক্রিয়া

মৃত্তিকা ভৌত রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যে প্রধান হচ্ছে —

ক. মৃত্তিকার অম্লত্ব ও ক্ষারত্ব
খ. মৃত্তিকার বাফার বিক্রিয়া
গ. জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া

সারণি ৭ : মৃত্তিকা দ্রবণের পানি দ্রবণীয় যৌগ

দ্রবণের নাম	রাসায়নিক সংকেত
সোডিয়াম ক্লোরাইড	$NaCl$
ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড	$MaCl_2$
সোডিয়াম সালফেট	Na_2SO_4
ম্যাগনেসিয়াম সালফেট	$MgSO_4$
ক্যালসিয়াম সালফেট	$CaSO_4$
সোডিয়াম কার্বনেট	Na_2CO_3
সোডিয়াম বাই–কার্বনেট	$NaHCO_3$
ক্যালসিয়াম কার্বনেট	$CaCO_3$
ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট	$MgCO_3$

মৃত্তিকা দ্রবণের প্রধান প্রধান বিজারণ বিক্রিয়া

ম্যাঙ্গানিজ বিজারণ

$$MnO_2 + 4H + 2C \longrightarrow Mn + H_2O$$

লোহা বিজারণ

$$Fe(OH)_2 + 3H + e \longrightarrow Fe + 3H_2O$$

ডি-নাইট্রিফিকেশন

$$NO_3 + nH + ne \longrightarrow N_2 . N_2O + H_2O$$

সালফার বিজারণ

$$SO_4 + 8H + 6e \longrightarrow S + 4H_2O$$

মিথেন উৎপাদন

$$CH_3OH + H + e \longrightarrow CH_4 + H_2O$$

হাইড্রোজেন উৎপাদন

$$2H + 2e \longrightarrow H_2$$

মৃত্তিকা দ্রবণের প্রধান প্রধান জারণ বিক্রিয়া

$$2NH_4 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2 + 4H + 2H_2O$$

$$2NO_2 + O_2 \longrightarrow 2NO_3$$

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2S + H_2O$$

$$2S + 3O_2 + H_2O \longrightarrow 2SO_4 + 4H$$

$$2Fe + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2FeO(OH) + 2H$$

$$2Mn + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 4H$$

মৃত্তিকা দ্রবণে লোহা ও এলুমিনিয়াম

মৃত্তিকা দ্রবণে লোহা ও এলুমিনিয়ামের পরিমাণ দ্রবণের অম্লমানের উপর নির্ভর করে। মৃত্তিকার ৩ থেকে ৩.৫ অম্লমানে এলুমিনিয়ামের পরিমাণ থাকে ৭০ থেকে ৭০০ ppm। এটি উদ্ভিদের জন্য বিষাক্ত মাত্রা। মৃত্তিকার ৬ থেকে ৬.৫ অম্লমানে লোহার পরিমাণ থাকে ৩৫০ থেকে ৩৫০০ ppm। উদ্ভিদের জন্য এটি বিষাক্ত মাত্রা।

সারণি ৮ : মৃত্তিকা দ্রবণে অম্লমান অনুসারে এলুমিনিয়াম ও লোহার পরিমাণ

অম্লমান	এলুমিনিয়াম (Al) ও লোহার (Fe) পরিমাণ (ppm)	মন্তব্য
৩.০	Al ৭০০	বিষাক্ত মাত্রা
৩.৫	Al ৭০	
৪.০	Al ৭	স্বাভাবিক মাত্রা
৫.০	Al ০.০৭	
৬.০	Fe ৩৫০০	বিষাক্ত মাত্রা
৬.৫	Fe ৩৫০	
৭.০	Fe ৩৫	স্বাভাবিক মাত্রা
৭.৫	Fe ৩.৫	
৮.০	Fe ০.৩৫	

৫। প্রাণ-রাসায়নিক বিক্রিয়া

মৃত্তিকাতে মৃত্তিকা দ্রবণের সাথে সম্পর্কযুক্ত প্রাণ-রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহের মধ্যে প্রধানত রয়েছে :

১. *এনজাইম উৎপাদন*

সেলুলাইটিক ব্যাকটেরিয়া ⟶ সেলুলোজ এনজাইম

রাইযোবিয়া ব্যাকটেরিয়া ⟶ নাইট্রোজিনেজ এনজাইম

২. *এনজাইমঘটিত বিক্রিয়া*

$$\frac{\text{শর্করা/শ্বেতসার}}{(C_6H_{12}CO_6)} \xrightarrow{\text{এনজাইম}} CO_2 + H_2O$$

$$\frac{\text{আমিষ}}{R—NH_2} \xrightarrow{\text{এনজাইম}} NH_4$$

৩. *জৈব যৌগ এসিড উৎপাদন*

$$CO_2 + H \xrightarrow{\text{এনজাইম}} NH_4$$

৪. *জৈব যৌগ ভাঙন*

৫. *প্রাণ-রাসায়নিক প্রক্রিয়া*

$$NH_4 + O_2 \xrightarrow{\text{এনজাইম}} NO_2 + H^+$$

$$NO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{এনজাইম}} NO_3 + H^+$$

সারণি ৯ : মৃত্তিকা দ্রবণে পুষ্টি উপাদানের উৎস

উৎস খনিজের নাম	রাসায়নিক সংকেত	মৃত্তিকা দ্রবণে পুষ্টি উপাদান
হেমাটাইট	Fe_2O_3	লোহা
লিমোনাইট	$FeOOH$	লোহা
ম্যাগনেটাইট	$Fe_3O_4 . nH_2O$	লোহা
সাইডেরাইট	$FeCO_3$	লোহা
ভিভিয়েনাইট	$Fe_3(PO_4)_2 . 8H_2O$	লোহা, ফসফরাস
জারোসাইট	$[K Fe_3(OH)_8 SO_4]$	লোহা, পটাসিয়াম, সালফার
ম্যানাবানাইট	$MnOOH$	ম্যাঙ্গানিজ
রোডোনাইট	$MnSiO_3$	ম্যাঙ্গানিজ
মলিবডেনাইট	MoS_2	মলিবডেনাইট, সালফার
ইলসেমেনাইট	$Mo_3O_8 . 8H_2O$	মলিবডেনাম
স্ফেলেরাইট	ZnS	দস্তা, সালফার
স্মিথসোনাইট	$ZnCO_3$	দস্তা
জিঙ্ক ফসফেট	$Zn_3(PO_4)_2 . 4H_2O$, $ZnNH_4 PO_4$	দস্তা, ফসফরাস
বোরাক্স	$Na_2B_4O_7 . 10H_2O$	দস্তা, নাইট্রোজেন, ফসফরাস
কারনাইট	$Na_2B_4O_7 . 4H_2O$	বোরন, সোডিয়াম
কোলমেনাইট	$Ca_2B_6O_{11} . 5H_2O$	বোরন, ক্যালসিয়াম
চালকোপাইরাইট	$CuFeS_2$	কপার, লোহা, সালফার
ম্যালাকাইট	$Cu2(OH)_2CO_3$	কপার
বোরনাইট	Cu_5FeS_4	কপার, লোহা, সালফার

ফসারণি ১০ : মৃত্তিকা দ্রবণে উদ্ভিদ পুষ্টি উপাদানের পরিশোষণযোগ্য আকার

উপাদানের নাম	রাসায়নিক সংকেত	পরিশোষণযোগ্য আকার
নাইট্রোজেন	N	NO_3^- NH_4^+
ফসফরাস	P	$H_2PO_4^-$, PO_4^{---}, HPO_4
পটাসিয়াম	K	K^+
ক্যালসিয়াম	Ca	Ca^{++}
ম্যাগনেসিয়াম	Mg	Mg^{++}
সালফার	S	SO_4^{--}, SO_3^{--}
ম্যাঙ্গানিজ	Mn	Mn^{++}, Mn^{++++}
লোহা	Fe	Fe^{++}, Fe^{++++}
বোরন	B	Bo_3^{---}, H_2BO_3, $HBO_4O_7^-$
দস্তা	Zn	Zn^{++}
কপার	Cu	Cu^{++}
মলিবডেনাম	Mo	MoO_4^{--}
ক্লোরিন	Cl	Cl^-
সোডিয়াম	Na	Na^+
এলুমিনিয়াম	Al	Al^{++}
হাইড্রোজেন	H	H_2O
কার্বন	C	HCO_2^-, CO_2^{--}
অক্সিজেন	O	H_2O, O_2
সিলিকা	Si	SiO_2^{--}, $SiO4^{---}$

৬। মৃত্তিকা দ্রবণে সার দ্রব্যের প্রভাব

মৃত্তিকাতে কোনো সার দ্রব্য প্রয়োগ করার পর তা মৃত্তিকা দ্রবণে মিশে যেতে থাকে এবং মৃত্তিকা দ্রবণের ঘনত্ব ও প্রকৃতি প্রভাবিত করে। টিএসপি সার দানাকে উদাহরণ হিসেবে নিয়ে এখানে বিষয়টি আলোচনা করা হলো (চিত্র ১৯)।

মৃত্তিকাতে টিএসপি সার দানা প্রয়োগ করার সাথে সাথে তা মৃত্তিকা দ্রবণ থেকে আর্দ্রতা পরিশোষণ করে, যেমন —

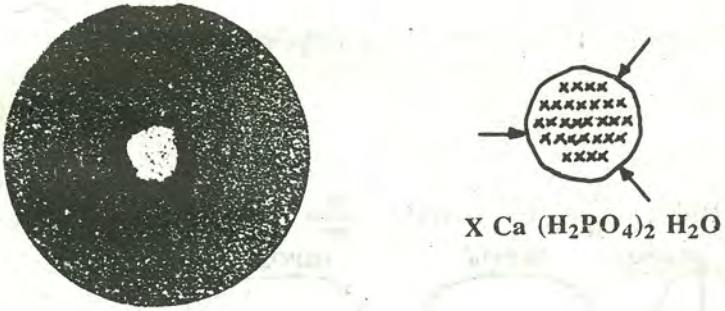
$$Ca(H_2PO_4)_2 + \text{মৃত্তিকা দ্রবণের পানি} \longrightarrow \underset{\text{অম্লীয়}}{CaHPO_4.H_2O} + H_3PO_4$$

এজন্য টিএসপি সার প্রয়োগ করার সাথে সাথে এর দানার আশেপাশের মৃত্তিকা দ্রবণের অম্লমান খুবই বেড়ে যায়। শুধু এসিড উৎপাদনই নয়, এই সার দানা মৃত্তিকা দ্রবণে লোহা, এলুমিনিয়াম ও ক্যালসিয়াম ঘনত্ব ও রূপান্তর নিয়ন্ত্রণ করে।

একইভাবে মৃত্তিকাতে ইউরিয়া দানা প্রয়োগ করার সাথে সাথে তা মৃত্তিকা দ্রবণ থেকে পানি পরিশোষণ করে এমোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড উৎপাদন করে, ফলে মৃত্তিকা দ্রবণে অম্লমান সাময়িকভাবে বেড়ে যায়।

$$CO(NH_2)_2 + H_2O + \text{জারক} \longrightarrow \underset{\text{ইউরিয়া}}{NH_4(OH)_2}$$

অবশ্য পরবর্তী সময়ে এমোনিয়াম থেকে নাইট্রেট তৈরি হতে শুরু করে মৃত্তিকা দ্রবণের অম্লমান পুনরায় অম্লীয় পর্যায়ে চলে আসে। এভাবে সার দ্রব্য সরাসরি মৃত্তিকা দ্রবণের রাসায়নিক প্রকৃতি নিয়ন্ত্রণ করে।



চিত্র ১৯ : মৃত্তিকাতে টিএসপি দানার পানি পরিশোষণ

চিত্র ২০ : মৃত্তিকা দ্রবণে টিএসপি দানার প্রভাব

মৃত্তিকা দ্রবণে pH ও ফসফেট আয়নের প্রাপ্যতা

মৃত্তিকাতে ফসফরাসের প্রাপ্যতা মৃত্তিকা দ্রবণে গঠন ও অম্লমানের উপর নির্ভর করে। শুধু প্রাপ্যতাই নয়, প্রাপনীয় আকারও নির্ভর করে। মৃত্তিকার ফসফরাসের অবস্থান নিম্নরূপে বর্ণনা করা যায়।

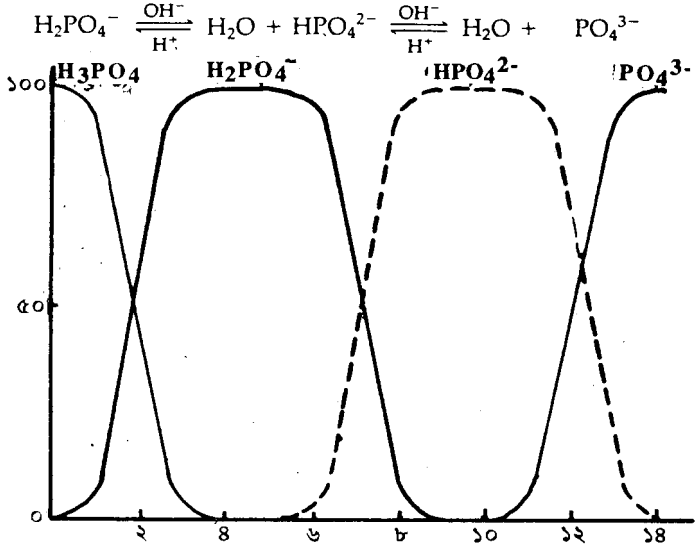
১. মৃত্তিকায় অম্লীয় (pH > 2) দ্রবণে ফসফরাস ফসফরিক এসিড (H_3PO_4) আকারে অবস্থান করে।

২. মৃত্তিকা দ্রবণের অম্লমান ৩ থেকে ৭ হলে ফসফরাস $H_2PO_4^-$ হিসেবে অবস্থান করে।

৩. মৃত্তিকার দ্রবণের অম্লমান ৮ থেকে ১০ হলে ফসফরাস HPO_4 হিসেবে অবস্থান করে।

৪. মৃত্তিকার দ্রবণের অম্লমান ১০ এর বেশি হলে ফসফরাস PO_4^{---} আয়ন হিসেবে অবস্থান করে।

মৃত্তিকা দ্রবণ এভাবে উদ্ভিদের ফসফরাস পুষ্টি নিয়ন্ত্রণ করে।



চিত্র ২১ : মৃত্তিকা দ্রবণে pH ও ফসফেটের প্রাপ্যতা

তৃতীয় অধ্যায়

মৃত্তিকা কলয়ড

মৃত্তিকার অতি সূক্ষ্ম অজৈব ও জৈব কণা যার ভরের চেয়ে আপেক্ষিক উপরায়তন বেশি তাকে মৃত্তিকা কলয়ড বলে। মৃত্তিকাতে রাসায়নিকভাবে সবচেয়ে সক্রিয় বস্তু হলো এর কলয়ড দ্রব্য। মৃত্তিকা কলয়ড দ্রব্যের প্রধান ২টি অংশ হচ্ছে —

১. কর্দম কণা — অজৈব বস্তু
২. হিউমাস — জৈব বস্তু

মৃত্তিকা কলয়ড দ্রব্যকে সংক্ষেপে মাইসিলি (micelles) বলা হয়। মৃত্তিকাতে আয়তনিক পরিমাণের বিবেচনায় কর্দম কলয়ডের পরিমাণ বেশি, কিন্তু একক ওজনের ভিত্তিতে হিউমাস দ্রব্যের পুষ্টি ও পানি ধারণক্ষমতা বেশি। যে কোনো মৃত্তিকাতে এই কর্দম ও হিউমাস কলয়ডের পারস্পরিক পরিমাণ মৃত্তিকার কৃষি উৎপাদনক্ষমতা নিয়ন্ত্রণ করে। মৃত্তিকাতে কর্দম-হিউমাস (clay-humus) কমপ্লেক্স মৃত্তিকা উর্বরতার ভারসাম্য রক্ষা করে। তাই মৃত্তিকার উর্বরবতা ও উৎপাদনক্ষমতা নিয়ন্ত্রণে রাসায়নিক গুণাবলীর মধ্যে মৃত্তিকা কলয়ড খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

বিশ্বের জৈবিক পরিবেশ রক্ষার প্রাকৃতিক প্রক্রিয়ার মধ্যে ৩টি প্রক্রিয়াকে নিয়ামক হিসেবে চিহ্নিত করা হয়েছে। এগুলো হলো :

১. **আয়ন বিনিময়** : মৃত্তিকা কণা ও শিকড়ের মধ্যে পুষ্টি আয়ন বিনিময় যা মৃত্তিকা কলয়ড দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।
২. **সালোকসংশ্লেষণ** : আলোর উপস্থিতিতে পাওয়া শর্করা তৈরি।
৩. **উদ্ভিদ শ্বসন** : অক্সিজেন গ্রহণ (পাতা ও শিকড়ে) ও শক্তি উৎপাদন।

১: মৃত্তিকা কলয়ডের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

মৃত্তিকা কলয়ড দ্রব্যের প্রধান প্রধান বৈশিষ্ট্য এখানে বর্ণনা করা হলো।

১. আকার

মৃত্তিকা কলয়ডের অন্যতম প্রধান বৈশিষ্ট্য হচ্ছে এর অতি সূক্ষ্ম আকার। অধিকাংশ কলয়ডের আকার-ব্যাস (diameter) হচ্ছে ২ মাইক্রোমিটারের কম।

২. উপরায়তন (Surface area)

একক ভরের ভিত্তিতে কলয়ড দ্রব্যের উপরায়তন বেশি। এক গ্রাম বালি কণা যার উপরায়তন, এক গ্রাম কলয়ডের উপরায়তনের এক হাজার গুণের বেশি।

৩. **উপরায়তন আধান** (Surface Charges)

মৃত্তিকা কলয়ড দ্রব্যের উপরিভাগে ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক আধান রয়েছে। এই আধানের দরুন কলয়ড দ্রব্য আয়ন বিনিময় ক্ষমতাপ্রাপ্ত হয়।

৪. **আয়ন ও পানি উপশোষণ** (Adsorption)

মৃত্তিকা কলয়ডে আধানের উপস্থিতির দরুন তা ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান বা পানি মৌল উপশোষণ করে রাখতে পারে।

আয়নগুলো হচ্ছে Ca^{++}, Mg^{++}, Al^{++}, H^{+}
NO_3^{-}, OH^{-}, SO_4^{--}, HCO_3

২। কলয়ড দ্রব্যের রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য

ভূমির উর্বরতা ও উৎপাদন ক্ষমতায় মৃত্তিকা কলয়ড দ্রব্যের প্রভাব বুঝতে হলে কলয়ড দ্রব্যের রাসায়নিক গুণাবলী সম্পর্কে অবগত হওয়া দরকার। নিম্নরূপ রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য থাকলে কোনো দ্রব্যকে কলয়ড বলা হয়, যেমন —

১. পানিতে অবলম্ব অবস্থায় থাকাকালে অর্ধভেদ্য পর্দায় ব্যাপন হয় না বা হলেও তা খুবই কম হয়।

২. কলয়ড দ্রব অবলম্বের হিমাঙ্ক, গলনাঙ্ক ও অভিস্রবণ চাপে খুবই কম প্রভাব বিস্তার করে।

৩. সূক্ষ্ম কণা–ব্যাস ১ মাইক্রন থেকে ১ মিলিমাইক্রন (0.001 থেকে 0.000001 মিমি)।

রাসায়নিক সংজ্ঞা হিসেবে বলা যায়, যে দ্রব্য পানিতে অবলম্ব থাকাকালে অর্ধভেদ্য স্তরে কম ব্যাপন ঘটায় বা ব্যাপন একেবারেই হয় না, যে দ্রব্য অবলম্বের হিমাঙ্ক, গলনাঙ্ক ও অভিস্রবণ চাপে খুবই কম প্রভাব বিস্তার করে এবং যে দ্রব্য বিভক্ত হয়ে ১ মাইক্রন থেকে ১ মিলিমাইক্রন আকারপ্রাপ্ত হয়েছে, তাকে কলয়ড দ্রব্য বলে।

কলয়ড দ্রব্যকে প্রধানত ২ ভাগে ভাগ করা হয়, যথা — অজৈব ও জৈব। জৈব কলয়ডের মধ্যে রয়েছে জটিল জৈব যৌগ।

রসায়ন ও কলয়ডের গুরুত্ব

১. উপরতল রসায়ন (surface chemistry) এবং সংশ্লিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ এর অন্তর্ভুক্ত।

২. যৌগের রাসায়নিক দ্রবণীয়তা কলয়ডের উপর নির্ভরশীল।

৩. পুষ্টি রসায়ন।

এগুলোর মধ্যে উদ্ভিদ পুষ্টি, অণুজৈবিক পুষ্টি, অম্লমান নিয়ন্ত্রণ ও বাফার ক্ষমতার জন্য উপরতল বিক্রিয়া খুবই গুরুত্বপূর্ণ। মৃত্তিকার উপরতল বিক্রিয়ার প্রধান উৎস ও বিক্রিয়াস্থল হচ্ছে কলয়ড দ্রব্য।

জৈব কলয়ড

জৈব কলয়ডের মূল কাঠামোর শিকল ও লুপ আকারে সংযুক্ত কার্বন পরমাণু দ্বারা গঠিত। হিউমাস অদানাদার (amorphous) বর্ণ বাদামি থেকে কালো, পানিতে প্রায় দ্রবণীয়। হিউমাসে প্রায় ৩০ ভাগ লিগনিন–আমিষ থেকে। উপাদান হিসেবে প্রায় ৬০% কার্বন ও ৫% নাইট্রোজেন থাকে।

৩। মৃত্তিকা কলয়ড দ্রব্যের প্রকার

মৃত্তিকাস্থ কলয়ডকে প্রধান ৪ ভাগে ভাগ করা ; যায় —

১. স্তরীভূত সিলিকেট কর্দম কণা ;
২. লোহা ও এলুমিনিয়াম অক্সাইড কর্দম কণা ;
৩. এলোফেন ও আকৃতিহীন (amorphous) কর্দম কণা ;
৪. হিউমাস।

স্তরীভূত সিলিকেট কর্দম কণা

স্তরীভূত সিলিকেট কর্দম কণার প্রধান বৈশিষ্ট্য হচ্ছে এর বিশেষ ধরনের স্তরায়ন ও স্ফটিকাকার। স্তরায়নের ভিত্তিতে সিলিকেট কর্দম নিচে উল্লেখিত প্রকারের হতে পারে, যথা —

১. ১ : ১ কর্দম
২. ২ : ১ কর্দম
৩. শিকলী কর্দম
৪. ২ : ২ : ১, ১ : ১ : ১ ইত্যাদি।

কেলাস আকার হিসেবে কর্দমের ২টি কেলাস একক হচ্ছে —

১. সিলিকা চতুর্তলক (tetrahedron)
২. এলুমিয়া অষ্টতলক (octahedron)।

৪. কর্দম কণার শ্রেণিকরণ

মৃত্তিকার প্রধান প্রধান গুণাবলী ও উদ্ভিদ পুষ্টি সম্পর্কে ধারণা করার জন্য মৃত্তিকাতে বিদ্যমান কর্দম কণাকে শ্রেণীকরণ করা হয়, যেমন—

১. *গঠনভিত্তিক* : মৃত্তিকা উর্বরতা, ক্ষয়শীলতা, সম্প্রসারণশীলতা ও ধনাত্বক আয়ন বিনিময় সম্পর্কে জানাব জন্য।
২. *রাসায়নিক সংস্থিতির প্রধান উপাদানভিত্তিক* : সংস্থিতি ও গঠন জানার জন্য।
৩. *কঠিনতাভিত্তিক* : ক্ষয়শীলতা জানার জন্য।
৪. *তলক স্তর অনুপাতভিত্তিক* : ধনাত্বক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা জানার জন্য।

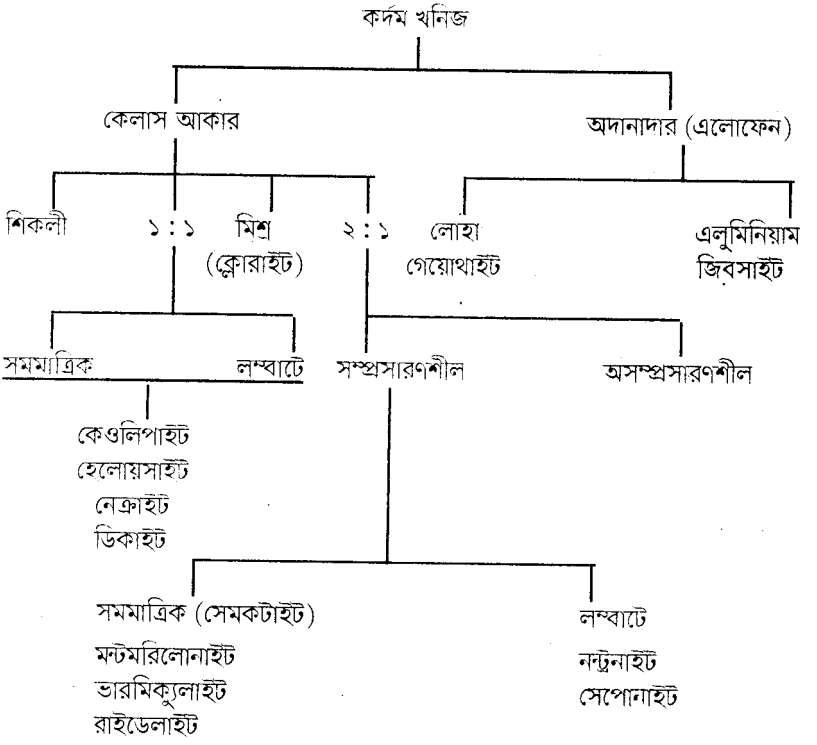
৫. *পানি যোজনভিত্তিক* : সম্প্রসারণশীলতা জানার জন্য।

৬. *উদ্ভিদের পুষ্টি উপাদানভিত্তিক* : উদ্ভিদ পুষ্টি জানার জন্য।

৭. *আকারভিত্তিক* : কলয়ড গুণাবলী জানার জন্য।

৮. *আয়ন বিনিময়ভিত্তিক* : ধনাত্বক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা জানার জন্য।

কর্দম কণার গঠনভিত্তিক শ্রেণিকরণ



সারণি ১১ : কর্দম কলয়ড দ্রব্যের রাসায়নিক সংকেত

নাম	রাসায়নিক সংকেত
কেওলিনাইট	$Si_4\ Al_4\ O_{10}\ (OH)_8$
হেলোয়সাইট	$Si_4\ Al_4\ O_{10}\ (OH)_8$
মন্টমরিলোনাইট	$Si_3Al.\ Al.Mg.\ O_{10}\ (OH)_2$ (?)
ভার্মিক্যুলাইট	$Si_3\ Al.\ Al.Mg.\ O_{10}\ (OH)_2$ (?)
ইলাইট	(?)

অর্থোক্লেজ	$Si_3\ AlKO_8$
অ্যানোরথাইট	$Si_2\ Al_2\ O_8\ Ca$
এলবাইট	$2Na\ Si_3\ AlO_8$
জিবসাইট	$Al_2O_3\ .\ 3H_2O$
বিমাইট	$Al_2O_3\ .\ H_2O$
গেয়োথাইট	$Fe_2O_3\ .\ H_2O$
লিমোনাইট	$2Fe_2O_3\ .\ 3H_2O$
হেমাটাইট	Fe_2O_3
এলুমিনিয়াম হাইড্রোক্সাইড	$Al(OH)_3$
ফেরিক হাইড্রোক্সাইড	$Fe(OH)_3$
এলোফেন	$2SiO_2\ .\ Al_2O_3\ .\ 3H_2O$

৫। সিলিকেট কর্দমের গঠন

সিলিকেট কর্দম রাসায়নিক অজৈব উপাদান সমন্বয়ে গঠিত। অজৈব উপাদানসমূহ আয়ন-সাম্যতার ভিত্তিতে আবদ্ধ হয়ে এই কর্দম খনিজ গঠিত হয়। কর্দম খনিজের কাঠামোর মূল উপাদান হচ্ছে :

** সিলিকন
** এলুমিনিয়াম
** অক্সিজেন
* হাইড্রোক্সিল
* ম্যাগনেসিয়াম
* লোহা

কর্দম গঠনের স্তর

অধিককাংশ কর্দম কেলাস আকার সম্পন্ন অর্থাৎ এদের নির্দিষ্ট পুনরাবৃত্তীয় পারমাণবিক বিন্যাস রয়েছে। প্রধানত অক্সিজেন, সিলিকন ও এলুমিনিয়াম সমন্বয়ে সৃষ্ট তল (planes) সজ্জিত হয়ে এসব কেলাস উৎপন্ন হয়। কয়েকটি তল মিলে একটি স্তর (layer) উৎপন্ন হয়। কয়েকটি স্তর মিলে একটি কর্দম উৎপন্ন হয়। অক্সিজেন বা অন্যান্য পরমাণুর ৩ থেকে ৪টি তলক মিলে একটি স্তর উৎপন্ন হয়।

সিলিকেট কর্দমের তলক বৈশিষ্ট্য

সিলিকেট কর্দম মূলত দুই প্রকার তলকের সমন্বয়ে গঠিত, যথা —

১. সিলিকা চতুর্তলক (tetrahedron) বা চতুর্তল শিট ;
২. এলুমিনা অষ্টতলক (octahedron) বা অষ্টতল শিট।

সিলিকা চতুর্তলক এবং এলুমিনা অষ্টতলক বিভিন্ন অনুপাতে উপর-নিচ সজ্জিত হয়ে হাজার প্রকারের কর্দম কণা সৃষ্টি করে। একটি সিলিকা পরমাণুর চারপাশে ৪টি অক্সিজেন এবং এলুমিনিয়াম পরমাণুর চারপাশে ৬টি হাইড্রোক্সি মৌল আবদ্ধ থাকে।

৬। চতুর্তলক ও অষ্টতলক শিট

এখানে চিত্রসহ চতুর্তলক শিট ও অষ্টতলক শিট সংক্ষেপে বর্ণনা করা হলো :

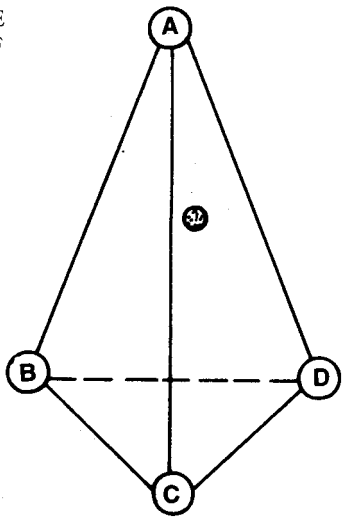
সিলিকা চতুর্তলক (Tetrahedron) : সিলিকা পরমাণুর চারপাশে ৪টি অক্সিজেন পরমাণু ষড়ভূজী বিন্যাসে চতুর্তলক ইউনিট তৈরি করে। এই বিন্যাসে ভূমির ৩টি অক্সিজেন আয়ন একই তলে অবস্থান করে। শীর্ষীয় (apical) অক্সিজেন আয়নসমূহ দ্বিতীয় তলে অবস্থান করে। ১২ সংখ্যক চিত্রে একটি সিলিকা–অক্সিজেন কাঠামো দেখানো হয়েছে। এতে সিলিকা পরমাণুর চারপাশে ৪টি অক্সিজেন পরমাণু (A, B, C, D) ৪টি তল সৃষ্টি করেছে। যেমন —

A B C
A B D
A C D
B C D

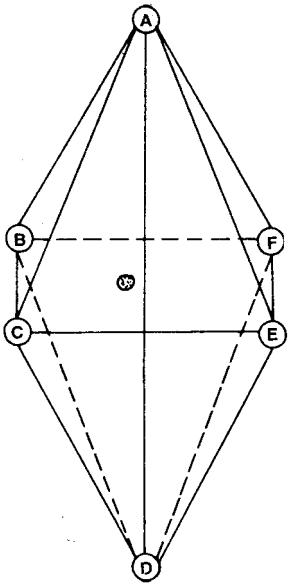
সিলিকা চতুর্তলক 'খ' অক্ষ বরাবর পাশাপাশি সজ্জিত হয়ে সিলিকা স্তর তৈরি করে (চিত্র ১৪)।

এলুমিনা অষ্টতলক (Octahedron) : এলুমিনিয়াম পরমাণুর চারপাশে ৬টি (A, B, C, D, E, F) অক্সিজেন ও হাইড্রোক্সিল পরমাণু সজ্জিত হয়ে মোট ৮টি তল সৃষ্টি করে (চিত্র ১৩)।

A B C
A B F
A E F
A C E
B C D
B D F
C D E
D E F



চিত্র ২২ : সিলিকা চতুর্তলক ইউনিট বা শিট



চিত্র ২৩ : এলুমিনা অষ্টতলক ইউনিট বা শিট

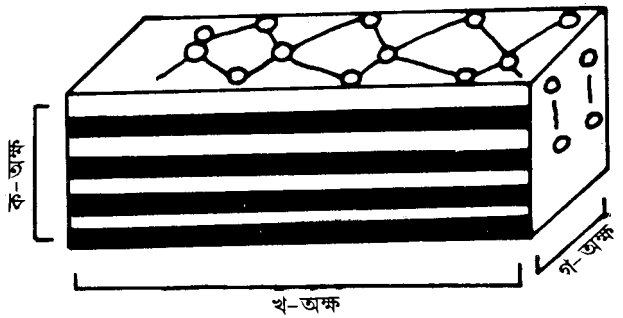
৭। সিলিকা ও এলুমিনা তলকের অক্ষ বিন্যাস

সিলিকেট কর্দম কণার একটি ঘনবস্তু বিশেষ। এর তিনটি অক্ষ রয়েছে। যথা —

'ক' অক্ষ : একটি শিটের নিচে বা উপরে আরেকটি শিট (উচ্চতা) ;

'খ' অক্ষ : শিটের পাশাপাশি বন্ধন (দৈর্ঘ্য) ;

'গ' অক্ষ : শিটের উপর-নিচ সংযোজন (প্রস্থ)।



চিত্র ২৪ : কর্দমের বিভিন্ন অক্ষ

সিলিকেট কর্দমের ক ও খ অক্ষ বিন্যাসে কর্দম পুঞ্জ বা কণার আয়তন বাড়ে। তবে 'গ' অক্ষ বিন্যাসে কর্দমের প্রকার নির্ধারণ করে।

কর্দমের 'গ' অক্ষ বিন্যাসে সিলিকা টেট্রাহেড্রন এবং এলুমিনা অক্টাহেড্রন বৈশিষ্ট্যপূর্ণভাবে জিবসাইট শিট ও ব্রুসাইট শিট তৈরি করে। ১৫ এবং ১৬ সংখ্যক চিত্রে জিবসাইট শিট ও ব্রুসাইট শিট দেখানো হলো।

জিবসাইট (Gibbsite) **শিট :** এই শিট একটি মৌলিক একক হিসেবে এলুমিনিয়াম হাইড্রোক্সিল অষ্টতলক বিশেষ (চিত্র ২৫)।

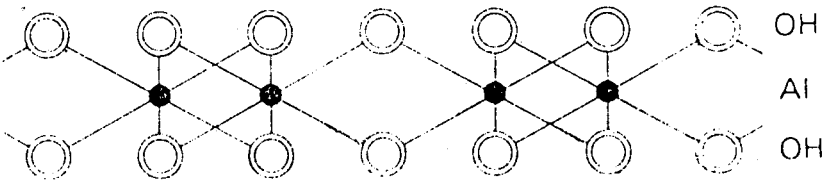
এখানে একটি এলুমিনিয়াম পরমাণু ৬টি সন্নিবিষ্ট (closely packed) অক্সিজেন ও হাইড্রোক্সিল আয়ন দ্বারা আবদ্ধ (surrounded) থাকে। দুই সারি বা তল হাইড্রোক্সিলের মাঝখানে তৃতীয় তল হিসেবে এলুমিনিয়াম অবস্থান করে।

এলুমিনিয়াম শিটের প্রতি ৩টি স্থানের কেবল ২টিতে এলুমিনিয়াম থাকে এবং এভাবে এলুমিনিয়াম ও হাইড্রোক্সিলের মধ্যে পারস্পরিকভাবে বিদ্যুৎ আধান প্রশমিত হয়।

অষ্টতলকের এলুমিনিয়াম তলে প্রতি ৩টি স্থানের (positions) কেবল ২টিতে এলুমিনিয়াম থাকলে এবং হাইড্রোক্সিলের সাথে আধান প্রশমিত করলে তাকে দ্বি-অষ্টতলক বলে।

ব্রুসাইট (Brucite) **শিট :** এলুমিনিয়াম শিটের ত্রিযোজী এলুমিনিয়াম পরমাণু দ্বিযোজী ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় বলে মধ্যতলের (এলুমিনিয়াম তল) সকল স্থান ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা পূর্ণ থাকে।

ব্রুসাইটের এ ধরনের বিন্যাসকে ত্রি-অষ্টতলক বলে (চিত্র ২৬)।



চিত্র ২৫ : জিবসাইট শিট

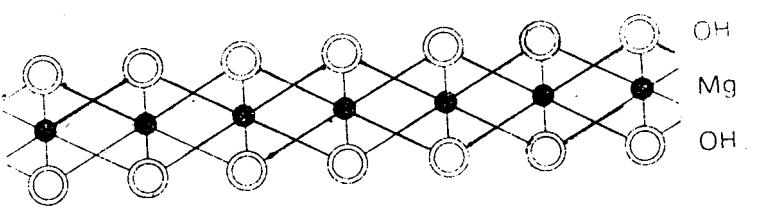
একাধিক তল (plane) নিয়ে একটি শিট তৈরি হয়। যেমন —

O-তল
Si-তল] টেট্রাহেড্রাল শিট
O-OH-তল

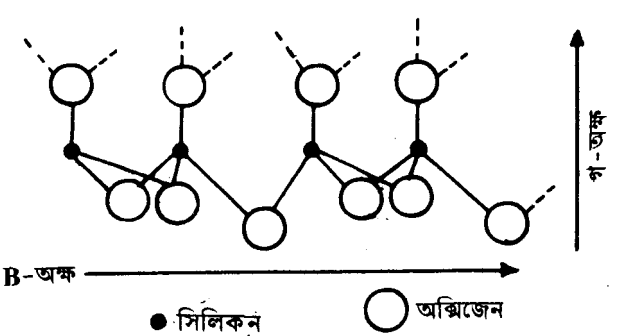
O-OH-তল
Al-Mg-তল] অক্টাহেড্রাল শিট
O-OH-তল

টেট্রাহেড্রাল শিট
অক্টাহেড্রাল শিট] স্তর
টেট্রাহেড্রাল শিট

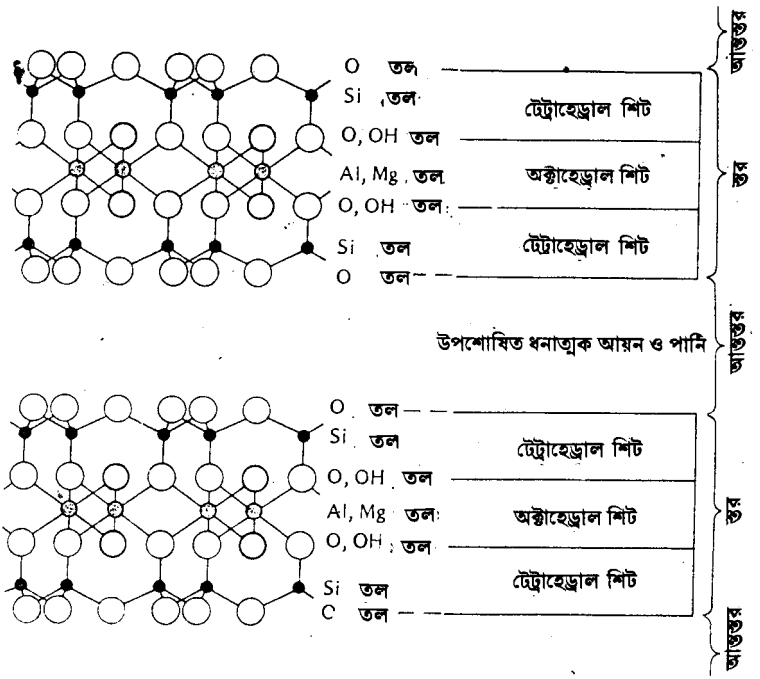
এভাবে একটির পর একটি তল, শিট, স্তর ও আস্ত স্তর তৈরি হতে থাকে।
কর্দম কণার 'গ' অক্ষ বিস্তারের প্রক্রিয়া ও নামকরণ এখানে উল্লেখ করা হলো (চিত্র ২৮)।



চিত্র ২৬ : ব্রুসাইট শিট



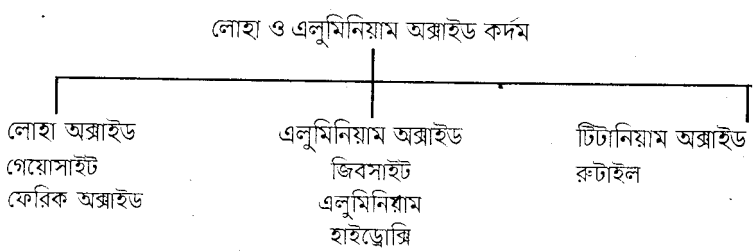
চিত্র ২৭ : 'খ' অক্ষ বরাবর সিলিকন বিন্যাস



চিত্র ২৮ : কর্দমের 'গ' অক্ষ বিস্তার বিন্যাস

৮। অক্সাইড কর্দম ও হিউমাস কলয়ড

মৃত্তিকাতে অক্সাইড কর্দমের মধ্যে রয়েছে প্রধানত লোহা ও এলুমিনিয়াম অক্সাইড।



লোহা ও এলুমিনিয়ামের সাথে বিভিন্ন অনুপাতে পানিযোজন সংঘটিত হয়ে যেসব অক্সাইড তৈরি হতে পারে, সেগুলো হচ্ছে —

১. *লোহা অক্সাইড*
গেয়োথাইট $Fe_2O_3.nH_2O$
লেপিডক্রোসাইট FeOOH

২. *এলুমিনিয়াম অক্সাইড*
জিবসাইট $Al_2O_3 . 3H_2O$
$AlO(OH)_3$

কোনো মৃত্তিকা অধিক দিনব্যাপী জারিত ও চুয়ীত হলে এলুমিনিয়াম, লোহা ও ম্যাগনেসিয়ামের তুলনায় সিলিকার পরিমাণ অনেক কমে গিয়ে অক্সাইড ও হাইড্রাস কলয়ড দ্রব্য উৎপন্ন হয়। সাংগঠনিক পর্যায় অনুসারে এসব কলয়ড কণা আকারহীন এবং সামান্য কেলাস আকারপ্রাপ্ত হতে পারে। উষ্ণমণ্ডলীয় লেটারাইট ও অন্যান্য পুরাতন উঁচু ভূমিতে অক্সাইড ও হাইড্রাস অক্সাইড কলয়ডের পরিমাণ বেশি। অবশ্য সব মৃত্তিকাতে কিছু না কিছু পরিমাণ অক্সাইড ও হাইড্রাস অক্সাইড কলয়ড দ্রব্য থাকে।

১. এলুমিনিয়াম অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড

পানি মৌলের সংখ্যা অনুসারে এলুমিনিয়াম অক্সাইডসমূহ তিন প্রকার হতে পারে ; যথা —

ক. তিন পানি মৌলসম্পন্ন বা হাইড্রেটেড জিবসাইট $Al_2O_3 . 3H_2O$
খ. এক পানি মৌল সম্পন্ন বা মনোহাইড্রেট–ডায়াস্পোর $Al_2O_3 . H_2O$
গ. সোদক বা অ্যানহাইড্রাস অক্সাইড–করানডাম Al_2O_3

২. লোহা অক্সাইড

মৃত্তিকাতে লোহা অক্সাইড কলয়ডের মধ্যে হেমাটাইট (Fe_2O_3) এবং গেয়োথাইট ($Fe_2O_3.H_2O$)। হেমাটাইট মৃত্তিকাতে লালচে এবং গেয়োথাইট মৃত্তিকা বাদামি লাল বর্ণ দান করে।

টিনিয়াম অক্সাইড

টিনিয়াম অক্সাইড কলয়ডের মধ্যে রয়েছে —

রুটাইল (Rutile), এনাটেজ (Anatase)।

অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড কলয়ডের সাধারণ বৈশিষ্ট্য

ক. অধিকাংশ অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড কলয়ডের আঠালো ভাব ও কমনীয়তা কম।
খ. সূক্ষ্মতর কণিকাসমূহে ঋণাত্মক আধান থাকে বলে ধনাত্মক আয়ন আকর্ষণ করে।
গ. এসব কলয়ড ধনাত্মক আধানও বহন করে যার জন্য অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড কলয়ড সমৃদ্ধ মৃত্তিকার ঋণাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বেশি।

বৈদ্যুতিক আধানের প্রকৃতি মৃত্তিকার অম্লমানের উপর নির্ভর করে। মৃত্তিকা দ্রবণের অম্লমান বেড়ে গেলে ধনাত্মক আধান বৃদ্ধি পায়।

হিউমাস কলয়ড

হিউমাস কলয়ডের স্ফটিকাকৃতি নেই বা অস্পষ্ট। হিউমাস কলয়ডের গাঠনিক উপাদান হচ্ছে কার্বন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন। হিউমাস কলয়ড প্রধানত ৩ প্রকার হতে পারে, যথা :

১. ইনোলিক (— OH), O^-
২. কার্বোক্সিল (— COOH), COO^-
৩ **ফেনোলিক** ঋণাত্মক আধান

হিউমাস অদানাদার বর্ণ বাদামি থেকে কালো, পানিতে প্রায় দ্রবণীয়।

হিউমাসে শতকরা প্রায় ৩০ ভাগ লিগনিন–আমিষ থাকে। উপাদান হিসেবে প্রায় ৬০% কার্বন ও ৫% নাইট্রোজেন থাকে। হিউমাসের ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বেশি।

অকেলাসিত কর্দম বা এলোফেন (Allophane)

পূর্ণভাবে বিন্যস্ত হয়ে স্ফটিক উৎপাদনের পূর্বে সিলিকা ও এলুমিনার মিশ্র দ্রব্যকে অকেলাসিত কর্দম বলে। যেখানে লোহা অক্সাইডসহ অন্যান্য ক্ষয়ীভূত দ্রব্য পর্যাপ্ত জমা হয়েছে কিন্তু পরিবেশ পরিস্থিতির প্রতিকূলতা বা সময়ের অভাবে কেলাস উৎপন্ন হয়নি, সেখানকার কৃষি জমিতে অলেকাসিত কর্দম পাওয়া যায় আগ্নেয় ভস্মে অকেলাসিত কর্দমের গুণাবলী খুবই অনির্দিষ্ট। অকেলাসিত কর্দমে ধনাত্মক আয়নের পরিমাণ যতো বৃদ্ধি পায় মৃত্তিকার ঋণাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ততো বৃদ্ধি পায়।

উদাহরণ $Al_2O_3 . 2SiO_2H_2O$

অকেলাসিত কর্দমের আধারের উৎস হাইড্রোক্সিল আয়ন যা মৃত্তিকা দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেন গ্রহণ করতে পারে, আবার হাইড্রোজেন বিমুক্তও করতে পারে। অকেলাসিত কর্দমের আধানের পরিমাণ মৃত্তিকা দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনত্ব তথা মৃত্তিকার অম্লত্বের উপর নির্ভর করে।

৯। কর্দম কলয়ডের উৎস ও গুণাবলী

কর্দম কণা অধিকাংশ ক্ষেত্রেই প্রাথমিক খনিজের ক্ষয় দ্রব্য থেকে মৃত্তিকা পরিবেশ পুনঃসংশ্লেষিত হয়। পূর্বে ধারণা ছিল যে, প্রাথমিক খনিজ অত্যন্ত সূক্ষ্মভাবে চূর্ণবিচূর্ণ হয়ে

কর্দম খনিজ উৎপন্ন হয়। অধিকাংশ কর্দম কণাই মাধ্যমিক কর্দমের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত। গবেষণাগারে ও কৃত্রিমভাবে এই কণার সংশ্লেষণ সম্ভব। মৃত্তিকা দ্রবণে উপস্থিত বিভিন্ন আয়নের প্রকার এবং পরিমাণের ভিত্তিতে কি ধরনের কর্দম কণা সংশ্লেষিত হবে তারও ধারণা করা যায়। নিম্নলিখিত মৃত্তিকা পরিবেশে মাধ্যমিক কর্দমের পুনঃসংশ্লেষণের সম্ভাব্যতা বেশি, যেমন —

১. উষ্ণ ও আর্দ্র জলবায়ু সম্পন্ন এলাকার মৃত্তিকা ;

২. অসম্পূর্ণ নিষ্কাশনের দরুন অতিরিক্ত চুয়ানী ;

৩. যে মৃত্তিকাতে বেশি পরিমাণ দ্রবীভূত বা ক্ষয়শীল প্রাথমিক খনিজ রয়েছে।

নিরক্ষীয় অঞ্চলের উষ্ণ ও আর্দ্র মৃত্তিকায় প্রায় ২০ মিটার গভীরে ও উচ্চ পরিমাণ কর্দম কণা পাওয়া যেতে পারে। এর পার্শ্ববর্তী স্থানসমূহে ক্ষয়প্রাপ্ত প্রাথমিক খনিজ থাকে। মৃত্তিকা দ্রবণে চুয়ানোর সম্ভাব্যতা থাকলে পুনঃসংশ্লেষিত কর্দম উৎপাদনের হার হ্রাস পায় এবং কর্দমের প্রকার ভিন্ন হয়।

কোনো কোনো কর্দম মূল খনিজ থেকে ঈষৎ পরিবর্তিত হয়েও উৎপন্ন হতে পারে। যেমন — বায়োটাইট ও মাস্কোভাইট থেকে এরকম কর্দম খনিজ উৎপন্ন হতে পারে। নির্দিষ্ট দ্রবণীয়তাও পুনর্নির্মাণের (re-building) মাধ্যমে তা হয়ে থাকে।

কর্দম খনিজের উৎস

১. মূল প্রাথমিক কর্দম খনিজ ;

২. ঈষৎ পরিবর্তিত প্রাথমিক কর্দম খনিজ ;

৩. পুনঃ সংশ্লেষিত কর্দম খনিজ।

কর্দম কলয়ডের গুণাবলী

কর্দম কলয়ডের প্রধান প্রধান গুণাবলী বিশেষ করে ভূমির উর্বরতা ও উৎপাদন ক্ষমতা সংশ্লিষ্ট তাৎপর্যপূর্ণ গুণাবলীকে নিম্নরূপে উল্লেখ করা যায়।

১. সমবায়বী প্রতিস্থাপন
২. কর্দম প্রান্ত আধান
৩. বিকুঞ্জন বা তঞ্চন (Deflocculation)
৪. পুঞ্জীভবন (Flocculation)
৫. আন্তস্তর দূরত্ব
৬. আয়ন বিনিময় ক্ষমতা
৭. স্ফীতি ও আঠালো ভাব
৮. অম্লমান ও বাফার ক্ষমতা
৯. উদ্ভিদের পুষ্টি উপাদান সরবরাহ ও সংযোজন
১০. মৃত্তিকা দ্রবণের রাসায়নিক ভারসাম্য।

মৃত্তিকার উর্বরতা ও উপাদান ক্ষমতার সাথে সংশ্লিষ্ট কলয়ড দ্রব্যের বিশেষত কর্দম কণার বৈশিষ্ট্যের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে —

ক. রাসায়নিক অমুমান, প্রতিস্থাপন, আয়ন বিনিময়, কর্দমপ্রাপ্ত আধান, উপাদান, সরবরাহ ও সংযোজন।

খ. ভৌত : বিকুঞ্চন, পুঞ্জীভবন সম্প্রসারণশীলতা, আঠালোভাব, আন্তস্তর দূরত্ব।

সমাবয়বী প্রতিস্থাপন

কেওলিনাইট কর্দম কণার সমাবয়ব প্রতিস্থাপন কম বলে আয়ন বিনিময় ক্ষমতা কম, অপরদিকে মন্টমরিলোনাইট ও ভারমিক্যুলাইটের বেশি। মাইকার পটাসিয়াম পরিশোষণ বেশি কিন্তু বিমুক্ত হার ধীর।

বিকুঞ্চন ও পুঞ্জীভবন

মৃত্তিকার ভৌত অবস্থার জন্য বিকুঞ্চন ও পুঞ্জীভবন গুণাবলী বেশ গুরুত্বপূর্ণ। একইভাবে কর্দম কণার সম্প্রসারণশীলতা ও সংকোচন ক্ষমতা মৃত্তিকার ফেটে যাওয়া নিয়ন্ত্রণ করে। মৃত্তিকাতে মন্টমরিলোনাইট কর্দম বেশি থাকলে মৃত্তিকাতে বড় বড় ফাটল ধরে। মৃত্তিকা দ্রবণে ক্যালসিয়াম ও হাইড্রোজেন আয়ন বেশি থাকলে পুঞ্জীভবন বেশি, তাও উপস্থিত কণার বৈশিষ্ট্যের উপর নির্ভর করে। মৃত্তিকা দ্রবণে পটাসিয়াম ও সোডিয়াম আয়নের উপস্থিতিতে কণার বৈশিষ্ট্য অনুসারে মৃত্তিকার বিকুঞ্চন প্রক্রিয়া নিয়ন্ত্রিত।

উদ্ভিদের পুষ্টি উপাদান সরবরাহ

উদ্ভিদের পুষ্টি উপাদান পরিশোষণের জন্য মৃত্তিকা কর্দম বা কলয়ডে দ্রব্য অত্যন্ত তাৎপর্যপূর্ণ। মৃত্তিকা আয়ন বিনিময় প্রক্রিয়াসমূহ উপস্থিত সক্রিয় কলয়ডের উপরিভাগের মধ্যে উপাদান আদান-প্রদান হয়ে থাকে। তবে মৃত্তিকা দ্রবণ এখানে অনেকটা বিনিময় মাধ্যম হিসেবে কাজ করে।

মৃত্তিকার যোগায়ন বিনিময় ক্ষমতা কম হলে এর বাফার ক্ষমতাও কমে যায় এবং উদ্ভিদের পুষ্টি ব্যাহত হয়।

সারণি ১২ : কর্দমের পুঞ্জস্তরের মধ্যে দূরত্ব অ্যাংস্ট্রম ($১০^{-৮}$ সেমি.)

কর্দম কণা	দূরত্ব (অ্যাংস্ট্রম)
কেওলিনাইট	৭.২
মাইকা	১০.০
ভারমিক্যুলাইট	১৪.০
হেলোয়সাইট পূর্ণ পানিযোজিত	১০.৩
মন্টমরিলোনাইট	১৪.০
ক্লোরাইট	১৪.০

মৃত্তিকা কলয়ড উদ্ভিদ পুষ্টি উপাদানের রক্ষণাধার হিসেবে কাজ করে। বেলে মৃত্তিকাতে কলয়ডের পরিমাণ কম হলে রাসায়নিক সার ব্যবহার করেও উপাদানের যথাযথ সরবরাহ নিশ্চিত করা যায় না। জৈব কলয়ড অনেক ক্ষেত্রে ধীরে ধীরে নিজে বিযোজিত হয়ে উদ্ভিদে পুষ্টি উপাদান সরবরাহে বিশেষ ভূমিকা পালন করে। সংযোজিত বা উপশোষিত অ্যামোনিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের মৃত্তিকা দ্রবণ ও মূলরোমের মাধ্যমে সরাসরি উদ্ভিদ পুষ্টিতে অংশগ্রহণ করে।

মৃত্তিকাতে বিষাক্ত রাসায়নিক দ্রব্য পরিশোষণ, বিযোজন ও বিনষ্টকরণে মৃত্তিকা কলয়ড (অণুজীব কার্যাবলী সহযোগে) উল্লেখযোগ্য অবদান রাখে।

ধনাত্মক আয়ন বিনিময়

সারণি ১৩ : মৃত্তিকা কলয়ডের ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা*

কলয়ড	ধনাত্মক আয়ন মিলি সমাঙ্ক/১০০ গ্রাম মৃত্তিকা
সেস্কুই অক্সাইড	০–৩
কেওলিনাইট	৩–১৫
ক্লোরাইট ও মাইকা	১০–৪০
ইলাইট	২৫–৪০
হেলোয়সাইট	৪০–৫০
মন্টমরিলোনাইট	৮০–১৫০
ভারমিক্যুলাইট	১০০–১৫০
হিউমাস	১০০–১৫০

*উৎস : ডনাহু এবং অন্যান্য ১৯৭৭ এবং ফিজপেট্রিক, ১৯৭১।

মৃত্তিকাতে হিউমাস, ভারমিক্যুলাইট ও মন্টমরিলোনাইট আয়নের ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা সবচেয়ে বেশি। অপরদিকে সেস্কুই অক্সাইড, কেওলিনাইট, ক্লোরাইট ও মাইকার ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা সবচেয়ে কম। ইলাইট ও হেলোয়সাইটের ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা মধ্যম।

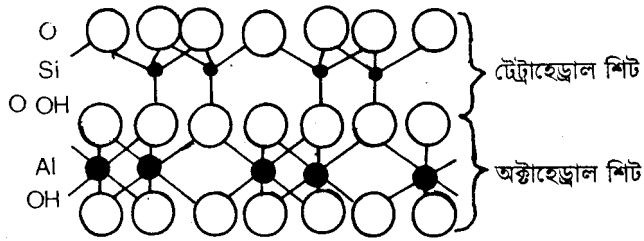
১০। কর্দম কলয়ডের বিবরণ

১. কেওলিনাইট (Kaolinite)

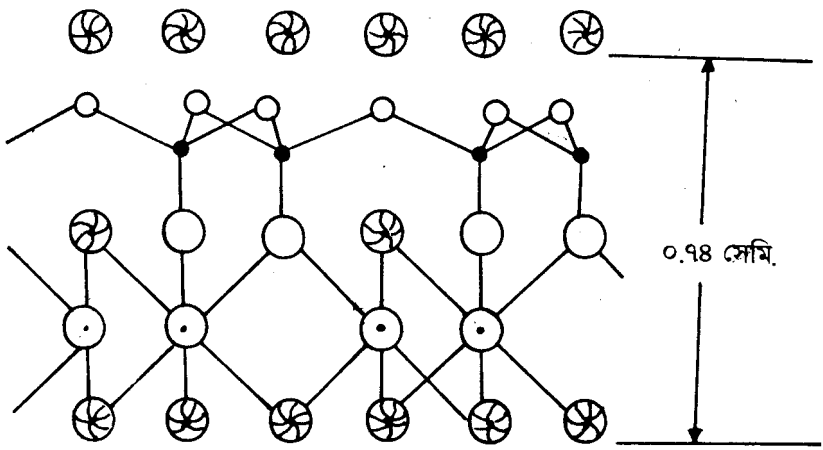
মৃত্তিকা কলয়ডের মধ্যে কেওলিনাইটের পরিমাণ উল্লেখযোগ্য। একটি সিলিকা চতুর্তলক ও একটি এলুমিনা অষ্টতলক সমন্বয়ে (১ ঃ ১) কেওলিনাইট কর্দমকণা গঠিত। কেওলিনাইটে আয়ন প্রতিস্থাপন কম, তাই আয়ন বিনিময় ক্ষমতাও কম। কেওলিনাইটের সম্প্রসারণশীলতা কম। তাই কেওলিনাইটসম্পন্ন মৃত্তিকার বাসন শিল্পে ব্যবহার বেশি। কেওলিনাইটের কমনীয়তা কম, মৃত্তিকা পুঞ্জ দৃঢ় এবং স্থায়ী।

কেওলিনাইটজাতীয় অন্যান্য কর্দমের মধ্যে রয়েছে হেলোয়সাইট, নেক্রাইট ও ডিফাইট। কেওলিনাইট কর্দমের আকৃতি অনেকটা ষড়ভূজী, আকার কিছুটা বড়, ০.১০ থেকে ৫ μm বাংলাদেশের পাহাড়ী ও সোপান মৃত্তিকাতে কেওলিনাইট কর্দমের প্রাধান্য রয়েছে।

মৃত্তিকা কর্দম খনিজের মধ্যে কেওলিনাইট খুবই সুবিস্তৃত। এই কর্দমে একটি সিলিকা চতুর্তলক এবং একটি এলুমিনা অষ্টতলক রয়েছে। এজন্য একে ১ ঃ ১ প্রকার সিলিকা বলে। প্রতিস্থাপন প্রায় হয় না বলে আয়ন বিনিময় ক্ষমতা কম। কেওলিনাইট কর্দম খনিজে সিলিকার একটি তল অক্সিজেনের পরিবর্তে হাইড্রোক্সিল পূর্ণ থাকে, ফলে পাশাপাশি ২টি কেওলিনাইট কণার মধ্যে দৃঢ় হাইড্রোজেন যোজনী থাকে (সিলিকন শিট ও জিবসাইট শিটের মাঝখানে)। এজন্য কেওলিনাইটের সম্প্রসারণশীলতা কম। সম্প্রসারণশীলতা কম থাকার কারণে পটারী শিল্পে কেওলিনাইটের ব্যবহার বেশি।

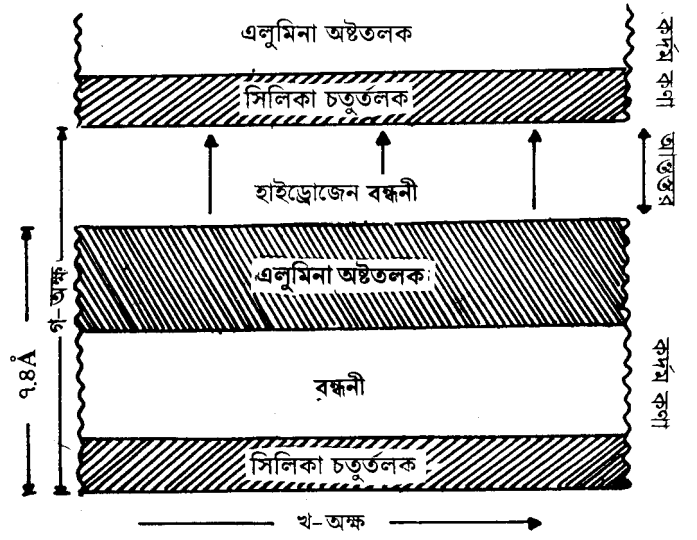


চিত্র ২৯ : কেওলিনাইট কর্দমে শিট বিন্যাস



চিত্র ৩০ : কেওলিনাইট কর্দমের গঠন

সাধারণত বৃষ্টিবহুল স্থানে অম্লীয় মৃত্তিকা উৎপন্ন হয়। এসব স্থানে খনিজের ক্ষয় থেকে সৃষ্ট সিলিকার অপচয় বেশি হয়। ফলে এই পরিবেশে সৃষ্ট কেওলিনাইট কর্দমে তুলনামূলকভাবে এলুমিনা বেশি ও সিলিকা কম থাকে (মন্টমরিলোনাইটের তুলনায়)।



চিত্র ৩১ : কেওলিনাইট কর্দমের আয়নিক বন্ধন

কেওলিনাইট কর্দমের আধান সমতা

রাসায়নিক গাঠনিক সংকেত	আধান সমতা
Si_4	+ 16
O_{10}	— 20
OH_8	— 8
Al_4	+12
	+28 — 28 = 0

ভারমিক্যুলাইট কর্দমের আধান সমতা

সংকেত	আধান সমতা
Si_8	+ 32
O_{20}	— 40
OH_4	— 4
Al. Fe. Mg	+10
	+42 — 44 = (—2)

প্রতিস্থাপন অষ্টতলক

উষ্ণ আর্দ্র সুনিষ্কাশিত মৃত্তিকায় কেওলিনাইট বেশি থাকে, এজন্য খনিজের দীর্ঘ দিনব্যাপী ক্ষয় আবশ্যক হয়। অবশ্য ক্ষয় খুবই তীব্র হলে এলুমিনিয়াম ও লোহা অক্সাইড (সেস্কুইঅক্সাইড) উৎপন্ন হতে থাকে।

কেওলিনাইট স্ফটিকের আকার ০.২ থেকে ২.০ মাইক্রন এবং সকল অক্ষপথেই বড় হতে পারে। 'গ' অক্ষে জোড়া শিট (সিলিকা ও এলুমিনা শিট) সংযুক্ত হয়।

কেওলিনাইটের মধ্যে বা কেওলিনাইট গ্রুপের মধ্যে অন্যান্য কর্দম হচ্ছে নেক্রাইট (Nacrite) ও ডিকাইট (Dickite)। এর মধ্যে কেওলিনাইটের বিস্তৃতি বেশি।

কেওলিনাইটের উৎস প্রধানত মাইকা, ফেলসপার ও ফেরোম্যাগনেসিয়াম খুবই অম্লীয় পরিবেশে মন্টমরিলোনাইট থেকেও কেওলিনাইট উৎপন্ন হতে পারে। মৃত্তিকা দ্রবণে বেশি পরিমাণ সিলিকা থাকলে সেই পরিবেশে ও এলুমিনিয়াম অক্সাইডে পুনঃ সিলিকা সংযুক্ত হয়েও কেওলিনাইট উৎপন্ন হতে পারে।

কেওলিনাইট মৃত্তিকা পুঞ্জ অধিক স্থায়ী হয়, এর কমনীয়তা কম। কোনো মৃত্তিকাতে কেওলিনাইট এবং অক্সাইড খনিজ থাকলে দলা আরও স্থিতিশীল হয়। কারণ এই দু'প্রকার দ্রব্যের আধান পারস্পরিকভাবে প্রশমিত থাকে। অম্লীয় মৃত্তিকাতে কেওলিনাইটে ঋনাত্মক আধান এবং অক্সাইড খনিজে ধনাত্মক আধান থাকে।

হেলোয়সাইট (Halloysite)

হেলোয়সাইট ও কেওলিনাইট প্রায় একই রকম। প্রধান পার্থক্য এই যে, কেওলিনাইটের জোড়া শিটের মাঝখানে একস্তর পানি থাকে। পানি হাইড্রোজেন বন্ধনে আবদ্ধ থাকে বলে হেলোয়সাইট কণা বেশ পানি থাকা সত্ত্বেও দৃঢ়। কোনো কারণে পানি শুকিয়ে গেলে এর আচরণ প্রায় কেওলিনাইটের মতো হয়ে যায়।

মন্টমরিলোনাইট (Moutmorillonits)

মন্টমরিলোনাইট আঠালো ধরনের সম্প্রসারণশীল কর্দম। পানির উপস্থিতিতে এই কর্দম আকারে স্ফীত হয়। ল্যাটিস (lattice) অনুসারে মন্টমরিলোনাইট ২ ঃ ১ প্রকারের কর্দম খনিজ। অর্থাৎ প্রতিটি কণায় উপরে এবং নিচে একটি করে মোট ২টি সিলিকা শিট এবং মাঝখানে একটি এলুমিনা শিট রয়েছে। মৃত্তিকা দ্রবণে সোডিয়াম বেশি থাকলে পর্যাপ্ত পানির উপস্থিতিতে মন্টমরিলোনাইট ৩ থেকে ১০ গুণ স্ফীত হতে পারে এবং জেল-এর আকার ধারণ করে।

যে সকল মৃত্তিকা পরিবেশে চুয়ানী কম সেখানে মন্টমরিলোনাইটজাতীয় কর্দম উৎপন্ন হয়। শুষ্ক অঞ্চলের মৃত্তিকা, অসম্পূর্ণ নিষ্কাশিত মৃত্তিকা ও ক্ষারীয় উৎস শিলার উপর উৎপন্ন মৃত্তিকাতে মন্টমরিলোনাইট বেশি উৎপন্ন হয়।

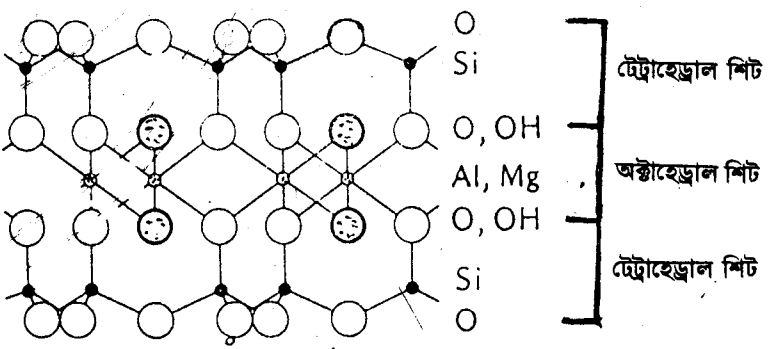
বেন্টোনাইট (Bentonite)

বেন্টোনাইট এক জাতীয় মন্টমরিলোনাইট কর্দম। এসব কর্দম পুকুরের তলায় ব্যবহার করলে পানির চুয়ানী কম হয়। পেইন্ট বা লিপস্টিক আঁঠালো দ্রব্য হিসেবে বা দ্রবণকে আঁঠালোভাব দেওয়ার জন্য এই খনিজ দ্রব্য ব্যবহৃত হয়।

মন্টমরিলোনাইট প্রায় ১৫% থেকে ২০% এলুমিনিয়াম ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এতে একটি অতিরিক্ত ধনাত্মক আয়ন উপশোষিত হতে পারে। কিছু কিছু ক্ষেত্রের প্রতিস্থাপনে লোহাও ব্যবহৃত হতে পারে। মন্টমরিলোনাইটের ২টি স্তর পুঞ্জের মাঝখানে যোজনী দুর্বল থাকার কারণে কর্দম কণা সম্প্রসারিত ও সংকোচিত হয়।

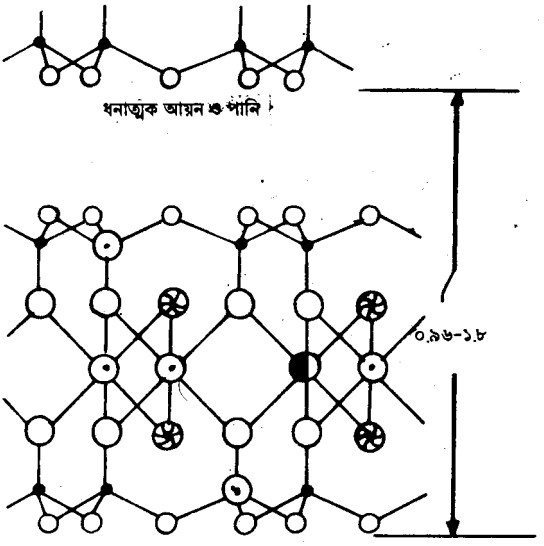
ক্লোরাইট, ভারমিক্যুলাইট ও ইলাইট সময়ের ব্যবধানে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে বা পরিবর্তিত হয়ে মন্টমরিলোনাইটে পরিণত হতে পারে। মন্টমরিলোনাইট কণার আকার কেওলিনাইটের চেয়ে ছোট। এই কর্দমের পরিমাণ বেশি হলে শুকনো অবস্থায় মৃত্তিকাতে বড় বড় ফাটল দেখা দেয়। এই কণায় উদ্ভিদ পুষ্টি উপাদানের পরিমাণ কিছুটা বেশি থাকতে পারে।

তীব্রভাবে চুয়ীত মৃত্তিকাতে সিলিকার অপচয় বেড়ে যাওয়ার কারণে মন্টমরিলোনাইট উৎপন্ন হতে অসুবিধা হয়। মন্টমরিলোনাইট কর্দম উৎপাদনের জন্য মৃত্তিকা দ্রবণে পর্যাপ্ত ম্যাগনেসিয়াম থাকতে হবে। ম্যাগনেসিয়াম ও এলুমিনিয়াম পরমাণুর আকার প্রায় সমান হওয়ায় এ ধরনের সমাবয়ব প্রতিস্থাপন হয়ে থাকে। এলুমিনিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুসমূহের যোজনী যথাক্রমে ৩ এবং ২ বলে প্রতিস্থাপনে এলুমিনা শিটে স্থায়ী ঋণাত্মক আধান উৎপন্ন হয়।

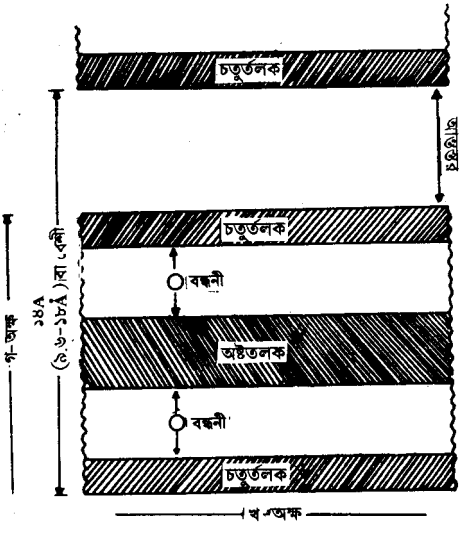


চিত্র ৩২ : মন্টমরিলোনাইট কর্দমের শিট বিন্যাস

কর্দমের উপরিভাগে অপর একটি ধনাত্মক আয়ন দ্বারা এই আধান প্রশমিত হয়, যেমন— এমোনিয়াম, সোডিয়াম ও পটাসিয়াম। এসব উপশোষিত ধনাত্মক আয়ন সংযোজনের দৃঢ়তা মধ্যম অর্থাৎ এসব উপশোষিত আয়ন পানিতে চুইয়ে যায় না। অথচ ধনাত্মক আয়ন বিনিময়ের মাধ্যমে উদ্ভিদ তা পরিশোষণ করতে পারে।



চিত্র ৩৩ : মন্টমরিলোনাইট কর্দমের গঠন



চিত্র ৩৪ : মন্টমিরলোনাইট কর্দমের আয়নিক বন্ধন

চিত্র ৩৫ : স্মেকটাইট বা মন্টমরিলোনাইট জাতীয় কর্দমের উপস্থিতিতে সৃষ্ট ফাটল

প্রতিস্থাপন

এলুমিনিয়াম ⇌ ম্যাগনেসিয়াম

মন্টমরিলোনাইট ⇌ পটাসিয়াম ⇌ হাইড্রোজেন ⇌ উদ্ভিদের শিকড়

কর্দমের তুলনামূলক পার্থক্য

	কেওলিনাইট	মন্টমরিলোনাইট
১.	অম্লীয় মৃত্তিকাতে বেশি	অম্লীয় মৃত্তিকাতে কম
২.	স্তর বিন্যাস ১ : ১	স্তর বিন্যাস ২ : ১
৩.	প্রতিস্থাপন কম	প্রতিস্থাপন বেশি
৪.	আয়ন বিনিময় কম	আয়ন বিনিময় বেশি
৫.	সম্প্রসারণশীলতা নেই	খুবই সম্প্রসারণশীল
৬.	আকারে বড়	আকারে ছোট
অন্যান্য মন্টমরিলোনাইটজাতীয় কর্দম		
১.	বাইডেলাইট (Beidellilt)	এলুমিনিয়াম মন্টমরিলোনাইট
২.	সকোনাইট (Sauconite)	জিঙ্ক মন্টমরিলোনাইট
৩.	নন্ট্রনাইট (Nontronite)	লোহাঘটিত মন্টমরিলোনাইট
৪.	সেপোনাইট (Saponite)	ম্যাগনেসিয়াম মন্টমরিলোনাইট

ভারমিক্যুলাইট

ভারমিক্যুলাইট খনিজের সম্প্রসারণশীলতা মধ্যম এবং ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা অনেক বেশি। স্তর পুঞ্জসমূহের যোজনী দুর্বল। পানি যোজিত ম্যাগনেসিয়াম এই যোজনী নিয়ন্ত্রণ করে। পানি যোজিত ম্যাগনেসিয়াম বলতে এখানে অষ্টতলকে ম্যাগনেসিয়ামের সাথে ৬ মৌল পানির সমন্বয় বুঝানো হয়।

ভারমিক্যুলাইট কর্দম দ্বি-অষ্টতলক বা ত্রি-অষ্টতলক হতে পারে। তবে অধিকাংশ ত্রি-অষ্টতলকবিশিষ্ট পানি যোজিত মাইকা থেকে পটাসিয়াম সে স্থান ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে ভারমিক্যুলাইট উৎপন্ন হতে পারে।

অব-আর্দ্র ও আর্দ্র মৃত্তিকায় মাইকার পরিমাণ বেশি থাকলে সেখানে ভারমিক্যুলাইট উৎপন্ন হয়। ভারমিক্যুলাইটে প্রধানত চতুর্তলকে আধান ঘাটতি সৃষ্টি হয়।

মন্টমরিলোনাইট ও ভারমিক্যুলাইটে পার্থক্য

	মন্টমরিলোনাইট	ভারমিক্যুলাইট
১.	গঠন দ্বি-অষ্টতলক	গঠন ত্রি-অষ্টতলক
২.	প্রতিস্থাপনে আধান ঘাটতি অষ্টতলকে	আধান ঘাটতি চতুর্তলকে
৩.	পরিশোষিত পানি বেশি	পানি মাঝারি
৪.	স্তরপুঞ্জ মধ্য (Inter-lattice) ধনাত্মক আয়ন	স্তরপুঞ্জ মধ্য আয়ন পানিযোজিত ম্যাগনেসিয়াম
৫.	সম্প্রসারণশীলতা বেশি ৯.৬ থেকে ১০০ এবং কম ৯ থেকে ১৫ এ	
৬.	ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ৬০.১০০ মিলি সমাঙ্ক ১০০ গ্রাম	৪০ থেকে ১৫০ মিলি সমাঙ্ক

পাইরোফাইলাইট (Pyrophylite)

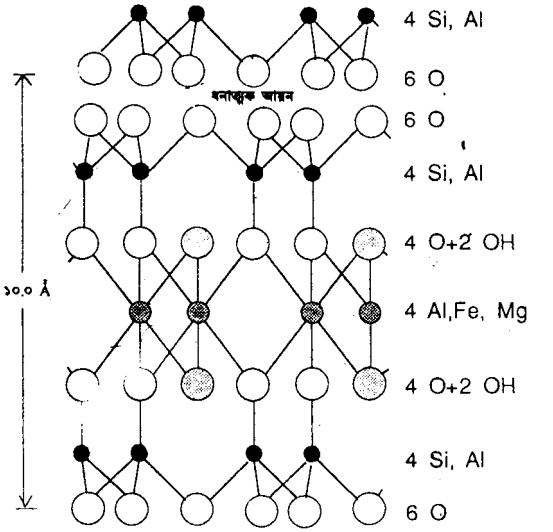
২ ঃ ১ প্রকার সিলিকেট খনিজ ২টি সিলিকা শিটের মাঝখানে একটি জিবসাইট শিট থাকে। সিলিকা শিটের বৈশিষ্ট্য হচ্ছে যে শীর্ষীয় (apical) অক্সিজেন আয়ন অন্য একটি কণার দিকে থাকে এবং জিবসাইট শিটের অক্সিজেন হাইড্রোক্সিল দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

ভারমিক্যুলাইট (Vermiculite)

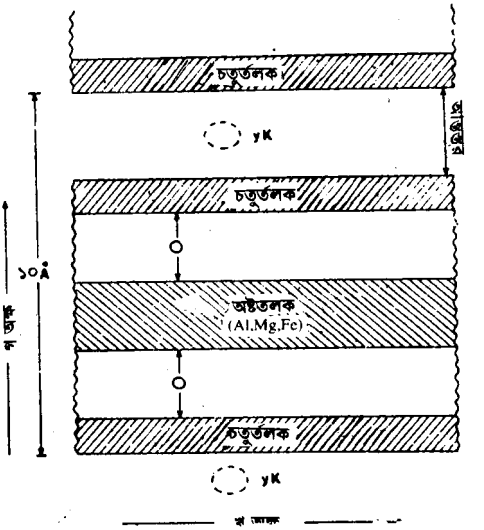
ভারমিক্যুলাইট কর্দমের সম্প্রসারণশীলতা কম বা মধ্যম। তবে ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বেশি। স্তর স্ফটিকসমূহের যোজনী কিছুটা দুর্বল। পানিযোজিত ম্যাগনেসিয়াম (Mg^{++}) এই যোজনী নিয়ন্ত্রণ করে। অধিকাংশ ভারমিক্যুলাইট কর্দম ত্রি-অষ্টতলক। অব-আর্দ্র (sub-humid) ও আর্দ্র মৃত্তিকায় মাইকার পরিমাণ বেশি থাকলে সেখানে ভারমিক্যুলাইট কর্দম কণা উৎপন্ন হতে পারে।

ইলাইট (Illite)

ইলাইট ২ ঃ ১ প্রকার সিলিকেট খনিজ। স্তর স্ফটিকের মাঝখানে দৃঢ়ভাবে পটাসিয়াম (K^+) আয়ন সংযোজিত থাকে বলে সেখানে পানি প্রবেশ করতে পারে না। ইলাইট কর্দমে

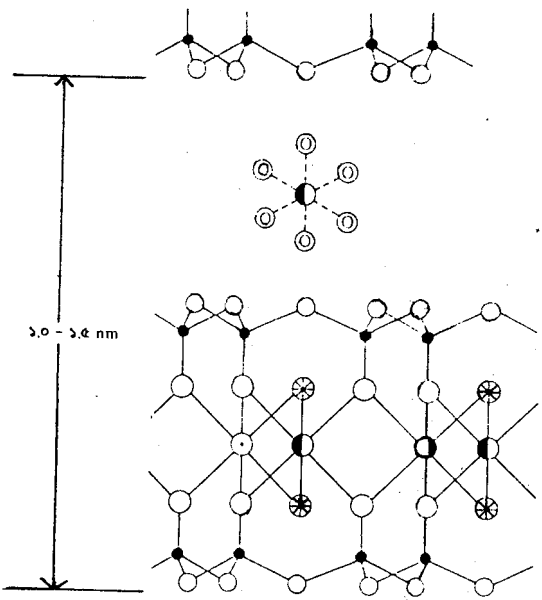


চিত্র ৩৬ : ইলাইট খনিজের গঠন



চিত্র ৩৭ : ইলাইট খনিজের আয়নিক বন্ধন

BANSDOC Library Accession No.



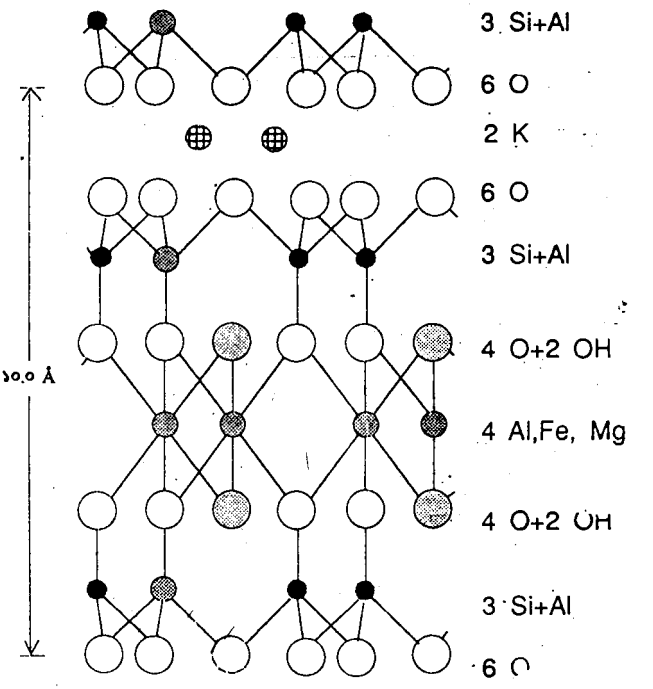
চিত্র ৩৮ : ভারমিক্যুলাইট কর্দমের গঠন

সম্প্রসারণশীলতা তাই কম। প্রধানত মাইকা খনিজ থেকে ইলাইট উৎপন্ন হয়। ইলাইট ও মন্টমরিলোনাইট খনিজ সাধারণত একই ধরনের মৃত্তিকা পরিবেশে পাওয়া যায়।

ইলাইটকে অনেক বিশেষজ্ঞ হাইড্রাস মাইকা নামে অভিহিত করেছেন। ইলাইট কর্দমে কোনো সিলিকা পরমাণু এলুমিনিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে সেখানে পটাসিয়াম অতিরিক্ত আধান প্রশমিত করে। পটাসিয়াম (অক্সিজেন — পটাসিয়াম-অক্সিজেন) অক্সিজেন যোজনী দ্বারা স্তর পুঞ্জসমূহ পরস্পর আবদ্ধ থাকে। তীব্র ক্ষয়ের অনুকূল পরিবেশে ইলাইট থেকে পটাসিয়াম বিচ্যুত হয়ে সম্প্রসারণ ধর্মী ভারমিক্যুলাইট উৎপন্ন হতে পারে।

মাইকা বা অভ্র

বায়োটাইট মাইকা খনিজ প্রধানত ২ প্রকার। যথা : শ্বেতাভ্র (মাস্কোভাইট) ও কৃষ্ণাভ্র। মাস্কোভাইটের গঠন পাইরোফাইলাইটের অনুরূপ অর্থাৎ এলুমিনা স্তর দ্বি-অষ্টতলক জাতীয়। বায়োটাইটের গঠন ত্রি-অষ্টতলক। শ্বেতাভ্র ও কৃষ্টাভ্র উভয়ই পানিযোজিত হতে পারে। তবে সম্প্রসারণশীল নয়। স্তর পুঞ্জের পটাসিয়াম বন্ধনী লিকেজ থাকায় সম্প্রসারণ গুণ নেই।



চিত্র ৩৯ : মাস্কোভাইট খনিজের গঠন

ইলাইট ও মন্টমরিলোনাইটে পার্থক্য

	ইলাইট	মন্টমরিলোনাইট
১.	আধান ঘাটতি স্থান প্রধানত চতুর্তলকে	আধান ঘাটতি স্থান প্রধানত অষ্টতলকে
২.	একক কণার স্তর মধ্যে সাম্য রক্ষাকারী ধনাত্মক আয়ন হচ্ছে পটাসিয়াম	সাম্যতা রক্ষণকারী ধনাত্মক আয়ন সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম হতে পারে।
৩.	পানির উপস্থিতিতে স্ফীতি ঘটে না	স্ফীতি ঘটে
৪.	প্রতি একক কণায় আধান ১°৩ থেকে ১°৫	একক কণার আধান ০.৬৫
৫.	পটাসিয়াম সংযোজিত থাকে, তাই প্রান্তীয় (পোলার) আয়ন স্তরা-ভ্যন্তরে প্রবেশ করতে পারে না।	প্রান্তীয় আয়ন স্তরাভ্যন্তরে প্রবেশ করতে পারে।

ইলাইট ও ভারমিক্যুলাইটে পার্থক্য

	ইলাইট	ভারমিক্যুলাইট
১.	'গ' অক্ষ লম্বায় প্রায় ১০ অ্যাংস্ট্রম	'গ' অক্ষের দৈর্ঘ্য প্রায় ১৪ অ্যাংস্ট্রম
২.	সাম্য ধনাত্মক আয়ন পটাসিয়াম	সাম্য ধনাত্মক আয়ন ম্যাগনেসিয়াম
৩.	ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ২০ থেকে ৪০	ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ১০০ থেকে ১৫০
৪.	সম্প্রসারণবিহীন	সম্প্রসারণশীল
৫.	আন্তস্তরে আয়ন বা পানি প্রবেশ করতে পারে না	আন্তস্তরে পানি প্রবেশ করতে পারে
৬.	'গ' অক্ষের দৈর্ঘ্য স্থিতিশীল	'গ' অক্ষের দৈর্ঘ্য কম বা বেশি হয়
৭.	বিনিময়যোগ্য আয়ন বাইরে অবস্থান করে	বিনিময়যোগ্য আয়ন বাইরে ও ভিতরে প্রবেশ করতে পারে।

১১। কর্দমে ঋণাত্মক আধানের উৎস

কলয়ডের ঋণাত্মক আধানের মূল উৎস খনিজ বা জৈব কলয়ডের আঞ্জিক অক্সিজেনের অপ্রশমিত অক্সিজেন আয়ন। এখানে বলা প্রয়োজন যে, কোনো কলয়ডে অক্সিজেনের মোট সংখ্যা এবং এদের অবস্থানে পরিবর্তন আসে না। কিন্তু যে সকল ধনাত্মক আয়ন অক্সিজেনের ঋণাত্মক আয়ন প্রশমিত করে, তাদের মধ্যে নানা কারণে পরিবর্তন আসে। একারণেই সময়ে-পরিস্থিতিতে অপ্রশমিত অক্সিজেন আয়ন উৎপন্ন হয়ে ঋণাত্মক আধান সৃষ্টি হয়। যেমন — কোনো কর্দমে সংখ্যার অবস্থানে x সংখ্যক ঋণাত্মক আধান রয়েছে এবং সেই x সংখ্যক ঋণাত্মক আধান প্রশমনের জন্য y সংখ্যক ধনাত্মক আয়ন প্রয়োজন। কিন্তু কোনো কারণে ধনাত্মক আয়নের সংখ্যা কম হয়ে গেলে কর্দমে y — x সংখ্যক ঋণাত্মক আধান অতিরিক্ত হয়ে যাবে, যার প্রশমনের জন্য পুনরায় সংখ্যক ধনাত্মক আধানের উপশোষণ প্রয়োজন হবে। অতএব, ঋণাত্মক আধান সৃষ্টির প্রধান কারণ ধনাত্মক আয়নের সংখ্যায় পরিবর্তন আসার উৎস বা কারণসমূহ নিচে সংক্ষেপে উল্লেখ করা হলো।

সমায়তনী প্রতিস্থাপন (Isomorphic substitution)

উচ্চ যোজনীসম্পন্ন আয়ন নিম্নযোজনী সম্পন্ন আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে সংশ্লিষ্ট আয়নে পার্শ্ববর্তী অক্সিজেনের ঋণাত্মক আয়নের সংখ্যা বেড়ে যায়। কলয়ডের অভ্যন্তরে যে কোনো স্থানেই এরকম প্রতিস্থাপন ঘটুক না কেন পার্শ্ববর্তী অক্সিজেন দ্বারা তা পূর্ণ হয়ে বাইরে এসে ঋণাত্মক আয়নের অতিরিক্ততা ধরা পড়ে।

প্রতিস্থাপন–সিলিকনের জন্য এলুমিনিয়াম এলুমিনিয়ামের জন্য ম্যাগনেসিয়াম লোহা/দস্তা	উচ্চ যোজনী স্থান নিম্নযোজনী সম্পন্ন আয়ন দ্বারা পূর্ণ হওয়া

মন্টমরিলোনাইট ও ভারমিক্যুলাইটজাতীয় কর্দমে সমাবয়বী প্রতিস্থাপন বেশি বলে আয়ন বিনিময় ক্ষমতাও বেশি।

ভাঙা কর্দমপ্রান্ত (Edge of clay) অক্সিজেন আয়ন

কর্দম পার্শ্ব বা উপরিভাগে নানা কারণে অপ্রশমিত অক্সিজেন আয়ন উৎপন্ন হয়। কর্দমের মোট উপরিভাগের মধ্যে প্রান্ত একটি ক্ষুদ্র অংশ। যে কোনো প্রান্ত ভেঙে গেলে এই প্রান্ত উৎপন্ন হয় (চিত্র ২৯)। কেওলিনাইটজাতীয় দৃঢ় কর্দমের ক্ষেত্রের এই প্রক্রিয়া অধিক ক্রিয়াশীল। অতিরিক্ত ঋণাত্মক আধান প্রধানত হাইড্রোজেন দ্বারা প্রশমিত হয়ে থাকে। কর্দমপ্রান্তে উৎপন্ন ঋণাত্মক আধান পরিমাণে কম বলে কেওলিনাইটজাতীয় কর্দমে আয়ন বিনিময় ক্ষমতা কম।

কর্দম হাইড্রোক্সিল থেকে হাইড্রোজেন বিমুক্তি

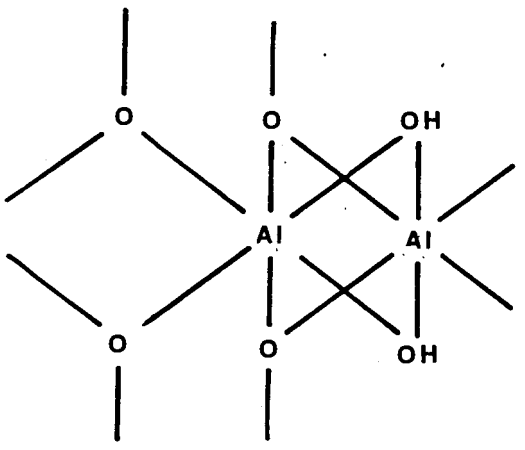
হাইড্রোক্সিল আয়ন থেকে কোনো উপায়ে হাইড্রোজেন বিভক্ত হলে ঋণাত্মক আধান উৎপন্ন হয়। এই আধানকে প্রশমিত করার জন্য কর্দম উপরিভাগে ধনাত্মক আয়নের আকর্ষণ সৃষ্টি হয়। অম্লমানে আকস্মিক পরিবর্তন, উচ্চ তাপ বা তীব্র ক্ষয়ের দরুন এধরনের হাইড্রোক্সিল বিযোজন প্রক্রিয়া সংঘটিত হতে পারে।

জৈব দ্রব্যের হাইড্রোজেন বিযুক্তি

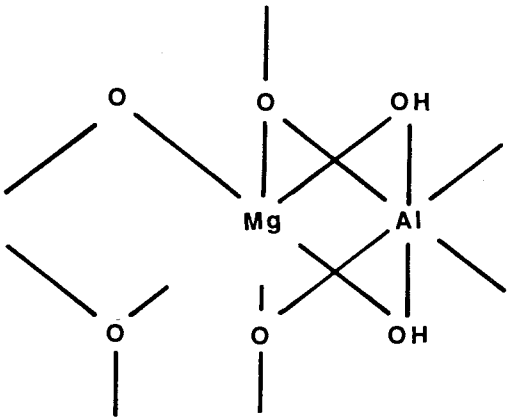
জৈব পদার্থ থেকে বিযুক্ত হাইড্রোজেন জৈব কলয়ড বা হিউমাস দ্রব্যে অতিরিক্ত ধনাত্মক আধান উৎপন্ন করে। এসিড, এলকোহল বা ফেনলজাতীয় সকল যৌগ থেকেই হাইড্রোজেন বিযুক্ত হতে পারে তবে সাধারণত কম।

কলয়ড দ্রব্যে উৎপাদিত ঋণাত্মক আধানের শক্তি দৃঢ়তা বৃদ্ধির সাথে সাথে হ্রাস পায়। ২ : ১ প্রকার কর্দমে অষ্টতলকের চেয়ে চতুর্তলকে উৎপন্ন আধানের আকর্ষণ বেশি।

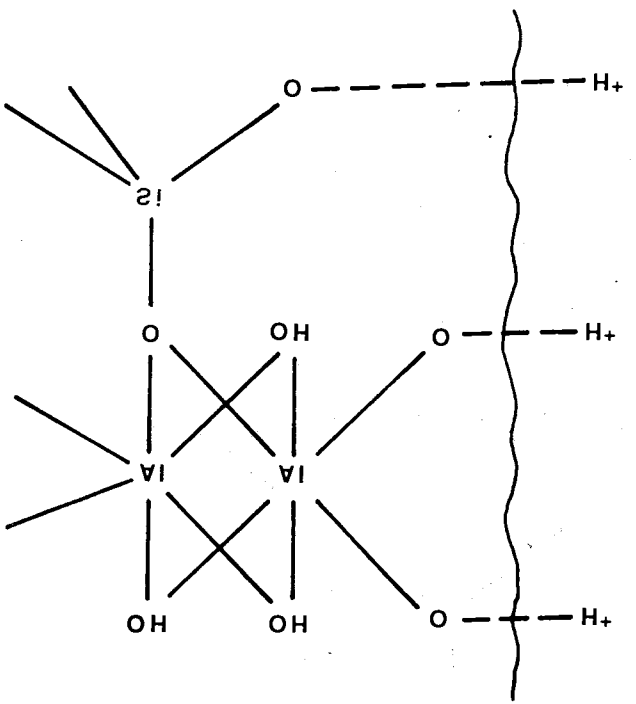
মৃত্তিকার অম্লত্ব যতো বাড়তে থাকে আয়নীভূত হাইড্রোজেনের পরিমাণ ততো কমতে থাকে এবং আয়ন বিনিময় ক্ষমতাও কমতে থাকে।



চিত্র ৪০ : এলুমিনিয়াম প্রতিস্থাপন না হওয়ায় আয়নিক সাম্য



চিত্র ৪১ : সমাবয়ব প্রতিস্থাপন এলুমিনিয়াম ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত অতিরিক্ত (—) আধান সৃষ্টি হয়েছে।

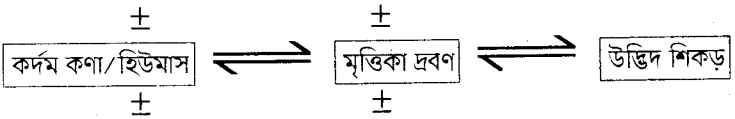


চিত্র ৪২ : কর্দমের ভাঙা প্রান্তে অতিরিক্ত আধান।

চতুর্থ অধ্যায়

আয়ন বিনিময় প্রক্রিয়া

সূক্ষ্ম কর্দম খনিজ পদার্থ জৈব পদার্থের সংমিশ্রণে প্রাকৃতিক মৃত্তিকা বস্তু জৈব-রাসায়নিক গতিশীলতা প্রাপ্ত হয়। কর্দম কণা, হিউমাস এবং সক্রিয় মৃত্তিকা দ্রবণের মধ্যে রাসায়নিক উপাদানের পারস্পরিক বিনিময় প্রক্রিয়া ব্যতীত উদ্ভিদ পুষ্টি উপাদান পরিশোষণ করতে সক্ষম হয় না। মৃত্তিকা কলয়ডে (কর্দম ও হিউমাস) ও মৃত্তিকা দ্রবণের মধ্যে অম্লমান ও বৈদ্যুতিক আধান ভারসাম্য রক্ষাকল্পে রাসায়নিক অনুপাত ও পরমাণুর আদান-প্রদানকে আয়ন বিনিময় প্রক্রিয়া বলে।



১। মৃত্তিকাতে আয়ন বিনিময়ের গুরুত্ব

মৃত্তিকা আয়ন বিনিময়ের প্রক্রিয়া নানা উপায়ে মৃত্তিকার রাসায়নিক ও উদ্ভিদ পুষ্টি নিয়ন্ত্রণ করে, যেমন —

১. **পুষ্টি উপাদান সরবরাহ :** আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ন্যূনতম মাত্রার কম হলে উদ্ভিদের পুষ্টি উপাদান পরিশোষণে অসুবিধা হয়।

২. **পুষ্টি উপাদান সংরক্ষণ :** আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বেশি হলে পুষ্টি উপাদানের উপ-শোষণ ও আবদ্ধকরণ বৃদ্ধি পায় এবং মোট সংরক্ষিত উপাদানের পরিমাণ বাড়ে। এঁটেল মৃত্তিকাতে বেলে মৃত্তিকার চেয়ে পুষ্টি উপাদান সংরক্ষণ ক্ষমতা বেশি।

৩. **অম্লমান সম্পর্কে ধারণা :** মৃত্তিকাতে ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা (C E C) বেশি হলে এবং আয়নের মধ্যে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও সোডিয়ামের পরিমাণ বেশি হলে ক্ষারীয় অম্লমান প্রকাশ করে।

ক্ষারক সম্পৃক্তি হার (Base saturation percentage) ১০০ হলে বোঝা যায় যে, মৃত্তিকার অম্লমান ৭.০ এর বেশি হতে পারে। আয়নের মধ্যে এলুমিনিয়াম ও লোহা বেশি হলে মৃত্তিকা অম্লীয় হয়।

৪. **স্তরের কার্যকারিতা :** আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বেশি হলে রাসায়নিক সার উপাদানের উপশোষণ বেড়ে গিয়ে অপচয় কম হয়। এভাবে সারের কার্যকারিতা বাড়ায়।

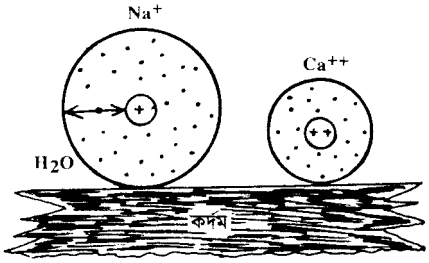
৫. **বুনট সম্পর্কে ধারণা :** এঁটেল প্রকৃতির মৃত্তিকার আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বেশি। মৃত্তিকাতে কর্দমের পরিমাণ (%) কম থাকলে আয়ন বিনিময় ক্ষমতাও কমে যায়।

৬. **কর্দমের প্রকার সম্পর্কে ধারণা :** কোনো দুটি মৃত্তিকা নমুনায় কর্দম কণার পরিমাণ সমান থাকলে কর্দমের প্রকারের জন্য বিনিময় ক্ষমতা কম বেশি হয়। ভারমিকুলাইট এবং মন্টমরিলোনাইটের বিনিময় ক্ষমতা বেশি, অপরদিকে হাইড্রাস-অক্সাইড এবং কেয়োলিনাইটের বিনিময় ক্ষমতা কম।

৭. **ধনাত্মক আয়ন সম্পৃক্তি ও উপাদান পরিশোষণ :** মৃত্তিকার মোট ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা এবং কোনো নির্দিষ্ট ধনাত্মক আয়নের পরিমাণের মধ্যে এদের পরিশোষণ হারের সম্পর্ক রয়েছে। কোনো মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ৬ মিলিতুল্যাঙ্ক হলে এবং মোট বিনিময় ক্ষমতা ৮.০ হলে সেই মৃত্তিকাতে ফসলের জন্য ক্যালসিয়ামের অভাব হবে না। কিন্তু বিনিময় ক্ষমতা বাড়তে থাকলে ক্যালসিয়ামের প্রাপ্তি ব্যাহত হবে।

৮. **ঋণাত্মক আয়ন পরিশোষণ :** কোনো মৃত্তিকার ঋণাত্বক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ১০ বেশি হবে ঋণাত্বক আয়নের পরিশোষণ ততো সহজলভ্য হবে।

আয়নের আকার : সকল উপাদানের আয়নের আকার সমান নয়। প্রতিস্থাপন প্রক্রিয়ার জন্য আয়নের আকার খুবই গুরুত্বপূর্ণ। নিচে কয়েকটি আয়নের আকার উল্লেখ করা হলো (ব্যাস অ্যাংস্ট্রম, প্রায়)—



চিত্র ৪৩ : আয়নের আকার ও যোজনী

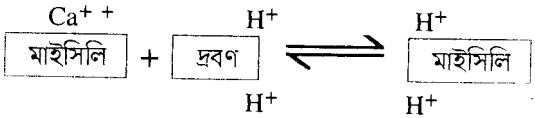
সারণি ১৪ : বিভিন্ন পরমাণুর ব্যাস (অ্যাংস্ট্রম = $১০^{-৮}$ সেমি)

আয়ন	আকার (ব্যাস)	আয়ন	আকার (ব্যাস)	আয়ন	আকার (ব্যাস)
সিলিকন	০.৪১	দস্তা	০.৭০	সোডিয়াম	০.৯৮
এলুমিনিয়াম	০.৫০	ফেরাস	০.৭৫	পটাসিয়াম	১.৩৩
ফেরিক	০.৬৪	ক্যালসিয়াম	০.৯৪	অক্সিজেন	১.৪৫

কোনো মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা ১ মিলি সমাঙ্ক/১০০ গ্রাম মৃত্তিকা হলে ৩০ সেমি. গভীরতা পর্যন্ত আয়নের পরিমাণ প্রায় পটাসিয়াম ১৭০০ কেজি, সোডিয়াম ১০০ কেজি ক্যালসিয়াম ৯০০ কেজি এবং ম্যাগনেসিয়াম ৫০০ কেজি। দোঁ–আশ মৃত্তিকা ও এঁটেল দো–আঁশ মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা সাধারণত যথাক্রম ৫ থেকে ১৫ এবং ১৫ থেকে ৩০ মিলি সমাঙ্ক/১০০ গ্রাম মৃত্তিকা (ডনাহু, ১৯৭৭)।

২। ধনাত্মক আয়ন বিনিময়

মৃত্তিকা দ্রবণে বিদ্যমান ধনাত্মক আয়নের সাথে কোনো উপরিভাগস্থ সক্রিয় দ্রব্য যেমন কর্দম বা জৈব দ্রব্যের ধনাত্মক আয়নের মধ্যে পারস্পরিক বিনিময় ঘটলে তাকে ধনাত্মক আয়ন বিনিময় বলে। কোনো মৃত্তিকা দ্রব্য সর্বমোট যে পরিমাণ বিনিময়ী ধনাত্মক আয়ন উপশোষণ করতে পারে তার মোট পরিমাণকে ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বলে। মিলিতুলাঙ্ক ১০০ গ্রাম মৃত্তিকা হিসাবে এই ক্ষমতা প্রকাশ করা হয়। এই সাধারণ উদাহরণ হিসেবে বলা যায় যে, মৃত্তিকাতে উপশোষিত ক্যালসিয়াম এবং মৃত্তিকা দ্রবণের হাইড্রোজেনের মধ্যে এই প্রক্রিয়া নিম্নরূপ :



এই প্রক্রিয়ার উৎস শক্তির মধ্যে রয়েছে —

(ক) আয়নের ভর ক্রিয়া (Mass action)। (খ) আয়নের উপশোষণ শক্তি।

আয়নের পরিমাণ বেশি হলে বা উপশোষণ দৃঢ়তা বেশি হলে অংশ্লিষ্ট আয়নের প্রাধান্য থাকে। মৃত্তিকাতে উপশোষণ দৃঢ়তার বিবেচনায় কয়েকটি প্রধান আয়নকে নিম্নরূপে সাজানো যায়।

হাইড্রোজেন > বেরিয়াম > ক্যালসিয়াম > ম্যাগনেসিয়াম > পটাসিয়াম > সোডিয়াম।

৩। ঋণাত্মক আয়ন বিনিময়

কোনো মৃত্তিকা কর্তৃক উপশোষিত সর্বমোট পরিমাণ বিনিময়ী ঋণাত্মক আয়নকে ঋণাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বলে। ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে প্রধান হচ্ছে নাইট্রেট, সালফেট, ফসফেট ও মলিবডেট। আগ্নেয় ভস্ম থেকে উৎপাদিত দানাদার মৃত্তিকা এবং লোহা ও এলুমিনিয়াম অক্সাইডের ঋণাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা বেশি। ফসফেটের পরিশোষণ দৃঢ়তা বেশি। মৃত্তিকার ঋণাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা সাধারণত ০.৫ থেকে ২.০ মিলি সমাঙ্ক/১০০ গ্রাম মৃত্তিকা হয়ে থাকে। ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা এর চেয়ে অনেক বেশি থাকে (৫ থেকে ৩০)।

মিলি তুল্যাঙ্ক : কোনো অণু বা পরমাণুর তূল্য ওজনের ০.০০১ অংশকে মিলিতুল্যাঙ্ক বলে। কোনো মৃত্তিকার ধনাত্মক ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা হলে বুঝতে হবে যে, উক্ত মৃত্তিকা ১ মিলি গ্রাম হাইড্রোজেন বা তুল্য বিনিময় করতে পারে।

হাইড্রোজেন ১ এর তুলনায় ক্যালসিয়ামের মিলি তুল্যাঙ্ক ওজন ৪০–২০ = ২০। ৫০ মিলি গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাথে বিনিময় ক্রিয়া সংঘটিত করতে পারে। ১ মিলি তুল্যাঙ্ক হাইড্রোজেন ১০০ গ্রাম মৃত্তিকা প্রতিস্থাপিত করতে হেক্টর প্রতি ১ টন ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন (২০ কেজি x ৫০ =;১০০০ কেজি ক্যালসিয়াম।

সারণি ১৫ : মৃত্তিকা দ্রব্যের ধনাত্বক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা*

দ্রব্য	আয়ন বিনিময় ক্ষমতা	দ্রব্য	আয়ন বিনিময় ক্ষমতা
হিউমাস	১০০ থেকে ৩০০	হাইড্রাস মাইকা ও ক্লোরাইড জাতীয় কেওলিনাইট	২০ থেকে ৪০
ভারমিক্যুলাইট	৮০ থেকে ১৫০	কেওলিনাইট	৩ থেকে ১৫
মন্টমরিলোনাইট	৬০ থেকে ১০০		
ইলাইট	২৫ থেকে ৪০	হাইড্রাস অক্সাইড	<৩

*মিলি তুল্যাঙ্ক/১০০ গ্রাম

মৃত্তিকাতে সাধারণত প্রতি ১% সিলিকেট কর্দমের জন্য ০.৫ মিলি তুল্যাঙ্ক এবং প্রতি ১% পূর্ণ হিউমিকৃত জৈব পদার্থের জন্য ২.০ মিলিতূল্যাঙ্ক ধরা হয়। অধিক বৃষ্টিপাত সম্পন্ন এলাকার প্রক্রিয়াকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় —

$$K\begin{matrix}Ca\ \ Al\ \ H\\ \boxed{\text{মাইসিলি}}\\ Na\ \ \ Ca\end{matrix} + 5\,H_2CO_3 \rightleftharpoons \begin{matrix}H\ \ Ca\ \ Al\\ \boxed{\text{মাইসিলি}}\\ K\ \ \ \ H\end{matrix} + 2Ca(HCO_3)_2 + Na(HCO_3)$$

বৃষ্টিপাত বেশি হলে মৃত্তিকাতে ক্যালসিয়ামের অপচয় হয়ে অম্লত্ব বাড়তে থাকে। এলুমিনিয়াম এবং হাইড্রোজেনের অপচয় তুলনামূলকভাবে কম। এভাবে ম্যাগনেসিয়াম এবং সোডিয়ামের অপচয় হয়ে থাকে।

কোনো মৃত্তিকার অম্লত্ব বাড়লে ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতাও বেড়ে যায়। অম্ল মৃত্তিকাতে এলুমিনিয়াম এবং হাইড্রোজেন এমন দৃঢ়ভাবে উপশোষিত থাকে যে সহজে এদের অপচয় হয় না। মৃত্তিকার অম্লমান বাড়ার সাথে সাথে চুনের বা ক্যালসিয়ামের ভর ক্রিয়ার মাধ্যমে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হতে শুরু করে। এখানে উল্লেখ্য যে, মৃত্তিকা কলয়ডের আধান ২ প্রকার যথা—স্থায়ী আধান ও অম্লমান নির্ভর আধান। ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা নির্ধারণ করার সময় এর অম্লমান ৭.০ বা এর বেশি হলে ২ প্রকার আধানই নির্ণয় করা যায়।

৪। ক্ষারক সম্পৃক্তি হার (BSP)

মৃত্তিকার অম্লতা ও ক্ষারত্বে প্রভাবকারী বিস্তার হিসেবে দু'প্রকার ধনাত্মক আয়ন সক্রিয় ভূমিকা পালন করে। এর মধ্যে হাইড্রোজেন এবং এলুমিনিয়াম অম্ল প্রধান এবং ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও সোডিয়াম ক্ষারীয় প্রধান। এলুমিনিয়াম হাইড্রোজেন ইসিস প্রক্রিয়ায় হাইড্রোজেনের ঘনত্ব বৃদ্ধি করে।

মৃত্তিকার মোট ধনাত্মক আয়নের মধ্যে বিনিময়ী ক্ষারকের আনুপাতিক পরিমাণকে ক্ষারক সম্পৃক্তি হার বলে। কোনো মৃত্তিকার ক্ষারক সম্পৃক্তি ৮০ হলে বুঝতে হবে উক্ত মৃত্তিকার মোট ধনাত্মক আয়নের ৮০% ক্ষারক দ্বারা পরিপূর্ণ এবং ২০% হাইড্রোজেন দ্বারা (+ এলুমিনিয়াম) পরিপূর্ণ। কোনো মৃত্তিকাতে ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ১৬ এবং এর মধ্যে ৪.২ মিলিতুল্যাঙ্ক এলুমিনিয়াম ও হাইড্রোজেন হলে ক্ষারক সম্পৃক্তি হবে।

$$১৬.০ - ৪.২ = ১১.৮$$

$$\frac{১১.৮}{১৬} \times ১০০ = ৭৩.৭৫\%$$

কোনো মৃত্তিকার অম্লমান ৭.০ বা এর বেশি হলে বুঝতে হবে ক্ষারক সম্পৃক্তি হার ১০০% অর্থাৎ এতে কম হাইড্রোজেন রয়েছে এবং দ্রবণীয় এলুমিনিয়াম প্রায় নেই বললেই চলে।

৫। অম্লীয় মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন

অম্লীয় মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়নের মধ্যে হাইড্রোজেন ও এলুমিনিয়ামের প্রাধান্য থাকে। ৩১সংখ্যক চিত্রে অম্লীয় মৃত্তিকাতে ধনাত্মক আয়নের আনুপাতিক পরিমাণ দেখানো হলো।

সারণি ১৬ : কলয়ড দ্রব্যে আধানের পরিমাণ

কলয়ড দ্রব্যের প্রকার	ঋণাত্মক আধান (Cmol/Kg)	ধনাত্মক আধান (Cmol/Kg)
জৈব	২০০	০
স্মেকটাইট	১০০	০
ভারমিক্যুলাইট	১৫০	০
সূক্ষ্ম মাইকা	৩০	০
ক্লোরাইট	৩০	০
কেওলিনাইট	৮	২
জিবসাইট (Al)	৪	৫
গেয়োথাইট (Fe)	৪	৫

সারণি ১৭ : মৃত্তিকায় ধনাত্মক আয়ন বিনিময় হার

বৈশিষ্ট্য	একক	আর্দ্র অঞ্চলের মৃত্তিকা	শুষ্ক ও অবশুষ্ক অঞ্চলের মৃত্তিকা
বিনিময়ী ক্যালসিয়াম	Cmol/Kg	৬–৯	১২–১৭
অন্যান্য বিনিময়ী ক্ষার	Cmol/Kg	২–৩	৫–১২
বিনিময়ী হাইড্রোজেন/এলুমিনিয়াম	Cmol/Kg	৪–৮	০–২
ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা	Cmol/Kg	১২–১৮	২০–২৬
ক্ষারক সম্পৃক্তি	%	৬০–৭০	৯০–১০০
সম্ভাব্য অম্লমান		৫–৬	৭–১০

সারণি ১৮ : কলয়ড দ্রব্যের সর্বোচ্চ ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা

	ঋণাত্মক আধান বিনিময় ক্ষমতা	
কলয়ড দ্রব্যের প্রকার	ওজন ভিত্তি Cmol/Kg	আয়তন ভিত্তি Cmol/L
হিউমাস (জৈব)	৩০০	৭৫
ভারমিক্যুলাইট	১২০	১৫০
স্মেকটাইট	৯০	১১৩
সূক্ষ্ম মাইকা	২৫	৩১
কেওলিনাইট	৫	৬
হাইড্রাস অক্সাইড	৩	৪

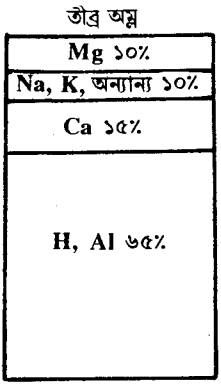
সারণি ১৯ : মৃত্তিকাতে বিনিময়ী অবস্থায় কয়েকটি উপাদানের পরিমাণ (%)

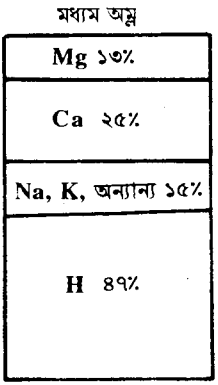
উপাদান	খনিজ বা সাধারণ মৃত্তিকা	জৈব মৃত্তিকা
ক্যালসিয়াম (Ca)	২৫	৮০
ম্যাগনেসিয়াম (Mg)	৭	৭০
পটাসিয়াম (K)	০.৫	৭০

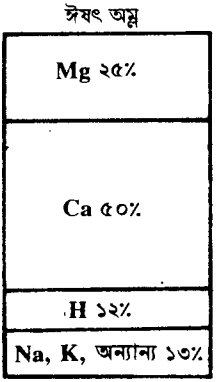
সারণি ২০ : কর্দম কণার ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা (মিলি সমাঙ্ক %)

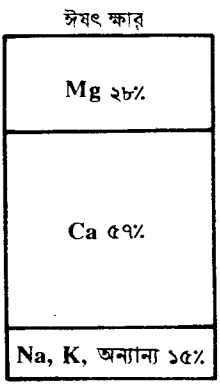
কর্দম কণার নাম	ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা (meq %)
কেওলিনাইট	৫–১৫
মন্টমরিলোনাইট	৬০–১৫০
ইলাইট	২০–৪০
হেলোয়সাইট	৫–৫০
হিউমাস	৩০–৩৫০

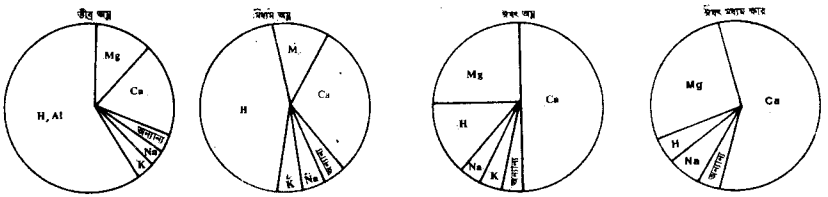
রেখাচিত্রে অম্ল মৃত্তিকাতে ধনাত্মক আয়নের পরিমাণ











সারণি ২১ : মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন বিনিময়ের পরিমাণ

বৈশিষ্ট্য	ওজনভিত্তিক (Cmol/Kg)		আয়তনভিত্তিক (Cmol/L)	
	সাধারণ মৃত্তিকা	জৈব মৃত্তিকা	সাধারণ মৃত্তিকা	জৈব মৃত্তিকা
বিনিময়ী ক্যালসিয়াম	৮	১৫০	১০	৩৮
অন্যান্য বিনিময়ী ক্ষার	৩	৪০	৪	১০
বিনিময়ী হাইড্রোজেন ও এলুমিনিয়াম	৫	৬০	৬	১৫
ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা	১৬	২৫০	২০	৬৩
ক্ষার সম্পৃক্তি ٪	৬৯	৭৬	৬৯	৭৬
অম্লমান (pH)	৫.৭	৫	৫.৭	৫

৬। ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা নির্ণয় পদ্ধতি

ক্যালসিয়ামের মিলি তূল্য ওজন (এই হিসাবে)

$$\frac{১}{১০০০} \times \frac{৪০}{২} = ০.০২ \text{ গ্রাম বা } ২০ \text{ মিলিগ্রাম}$$

সারণি ২২ : ধনাত্মক আয়ন তথ্য

আয়নের নাম	পারমাণবিক ওজন	যোজনী	তূল্য ওজন গ্রাম	মিলি তূল্য ওজন	
				গ্রাম	মিলিগ্রাম
হাইড্রোজেন (H)	১	১	১	০.০০১	১
সোডিয়াম (Na)	২৩	১	২৩	০.০২৩	২৩
অ্যামোনিয়াম (NH_4)	১৮	১	১৮	০.০১৮	১৮
ক্যালসিয়াম (Ca)	৪০	২	২০	০.০২০	২০
ম্যাগনেসিয়াম (Mg)	২৪	২	১২	০.০১২	১২
পটাসিয়াম (K)	৩৯	১	৩৯	০.০৩৯	৩৯

নমুনা হিসাব

১. পটাসিয়ামের ২ মিলিতুল্যাঙ্ক (মি. তূ.) স্থানান্তর করতে কতটুকু ক্যালসিয়াম লাগবে?

২ মিলিতুল্যাঙ্ক পটাসিয়াম স্থানান্তর করতে ২ মিলিতূল্যাঙ্ক ক্যালসিয়াম লাগে।

এই পরিমাণ ক্যালসিয়ামের ওজন

২ মি. তূ. X ২০ মিলিগ্রাম/মি. তূ. = ৪০ মিলিগ্রাম

২. ৪০ মিলিগ্রাম ক্যালশিয়াম স্থানান্তর করার জন্য কত তুল্যাঙ্ক পটাসিয়াম লাগবে?

$$\frac{৪০ \text{ মিলিগ্রাম}}{২ \text{ মিলি গ্রাম/মি.তূ}} = ২ \text{ মি. তূ.}$$

৩. নিম্নরূপ তথ্য থেকে ১ মি. তূ. পটাসিয়াম/১০০ গ্রাম কে পটাসিয়াম ওজনে (কেজি) রূপান্তর করতে হবে।

তথ্য (ক) মৃত্তিকা স্তর = লাঙল স্তর বা ২০ সেমি.
(খ) মৃত্তিকার আয়তনী = ১ গ্রাম/ঘন সেমি বা সিসি. ঘনত্ব
(গ) জমির পরিমাণ = ১ হেক্টর

উক্ত সমস্যা তিনটি ধাপে সমাধান করা যায়, যেমন —

প্রথম ধাপ : লাঙল স্তর গভীরতায়

মৃত্তিকার ওজন = ১ গ্রাম/ সিসি $\times ১০^{৬}$ সিসি/ঘন মিটার $\times ১০^{-৩}$ কেজি/গ্রাম $\times$ ০.২ মিটার $\times$ ১০,০০০ বর্গমিটার

$= ২ \times ১০^{৬}$ কেজি মৃত্তিকা

দ্বিতীয় ধাপ : পটাসিয়ামের পরিমাণ/কেজি মৃত্তিকা

০.০৩৯ গ্রাম K/মি. তূ. $\times$ ১ মি. তূ. = ০.০৩৯ গ্রাম K/১০০ গ্রাম মৃত্তিকা

$$= \frac{০.০৩৯ \text{ গ্রাম K}}{১০০ \text{ গ্রাম মৃত্তিকা}} = \frac{০.৩৯ \text{ গ্রাম K}}{১০০০ \text{ গ্রাম মৃত্তিকা}} = \frac{০.৩৯ \text{ গ্রাম K}}{১ \text{ কেজি মৃত্তিকা}}$$

তৃতীয় ধাপ : পটাসিয়ামের পরিমাণ/হেক্টর জমি

$$\frac{০.৩৯ \text{ গ্রাম K}}{\text{কেজি}} \times ২ \times ১০^{৬} \text{কেজি}$$

$= ০.৭৮ \times ১০^{৬}$ গ্রাম K/হেক্টর

$= ০.৭৮ \times ১০^{৩}$ কেজি K/হেক্টর

= ৭৮০ কেজি K/হেক্টর

৪. ৫ মি. তূ. Ca/১০০ গ্রামকে হেক্টর লাঙল স্তর মৃত্তিকার ক্যালসিয়ামে রূপান্তর করতে হবে। (হেক্টর লাঙল স্তর মৃত্তিকার ওজন ২×১০^{৬} কেজি)।

৫ মি. তূ $\times$ ০.০২ গ্রাম/মি. তূ. = ০.১ গ্রাম Ca ১০০ গ্রাম মৃত্তিকা

$$\frac{০.১ \text{ গ্রাম Ca}}{১০০ \text{ গ্রাম}} = \frac{০.১ \text{ গ্রাম Ca}}{১০০০ \text{ গ্রাম}} = \frac{১ \text{ গ্রাম Ca}}{\text{কেজি}}$$

$$\frac{১ \text{ গ্রাম Ca}}{\text{কেজি}} \times ২ \times ১০^{৬} \text{কেজি/লাঙল স্তর মৃত্তিকা}$$

$= \times ২ \times ১০^{৬}$ গ্রাম Ca/লাঙল স্তর

মৃত্তিকা = ২০০০ কেজি Ca/লাঙল স্তর মৃত্তিকা = ২ টন

৫. কোনো ২০ গ্রাম মৃত্তিকা নমুনা ০.০৫৪ গ্রাম অ্যামোনিয়াম (NH_4^+) পরিশোষণ করলে উক্ত মৃত্তিকার ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা (CEC) কত হবে?

$\frac{০.০৫৪ \text{ গ্রাম } NH_4^+}{০.০১৮ \text{ গ্রাম/মি. তু.}}$ = ৩ মি. তু NH_4^+ = ২০ গ্রাম মৃত্তিকাতে পরিশোষিত

অতএব, মৃত্তিকার CEC = $\frac{৩ \text{ মি. তু.}}{২০ \text{ গ্রাম}}$ x ১০০ গ্রাম = ১৫ মি. তু./১০০ গ্রাম।

৬. কোনো একটি মৃত্তিকা বিশ্লেষণ করে নিম্নরূপ তথ্য পাওয়া গেল —

বিনিময়ী ধনাত্মক আয়ন	মি. তু/১০০ গ্রাম
Ca	৮
Mg	৪
H	৬
K	১
Na	১

উক্ত মৃত্তিকা CEC এবং ক্ষারক সম্পৃক্তি ٪ কত হবে?

CEC = (৮ + ৪ + ৬ + ১ + ১) মি. তু/১০০ গ্রাম = ২০ মি. তু./১০০ গ্রাম

ক্ষার সম্পৃক্তি ٪ (B S) = $\frac{৮ + ৪ + ১ + ১}{২০ \text{ মি. তু}}$ মি. তু. x ১০০ = ৭০٪

মৃত্তিকার Ca সম্পৃক্তি = $\frac{৮ \text{ মি. তু.}}{২০ \text{ মি. তু.}}$ x ১০০ = ৪০٪

সমস্যা

একজন কৃষকের জমি থেকে সংগ্রহ করা মৃত্তিকা বিশ্লেষণ করে নিম্নরূপ তথ্য পাওয়া গেল।

আয়তনী ঘনত্ব = ১.২ গ্রাম/সিসি.

অম্লমান = ৫.৫

বিনিময়ী ধনাত্মক আয়ন	মি. তু /১০০ গ্রাম
Ca	৬
Mg	৩
H	১০
K	০.৫
Na	০.৫

উক্ত মৃত্তিকা নমুনার নিম্নরূপ তথ্য নির্ণয় করতে হবে —

ক. CEC এবং ক্ষারক সম্পৃক্তি ٪

খ. ২০ সেমি. গভীরতায় (লাঙল স্তর) মৃত্তিকার ওজন

গ. মৃত্তিকার ম্যাগেনসিয়াম সম্পৃক্তি

ঘ. মৃত্তিকার লাঙল স্তরে ম্যাগনেসিয়াম ও পটাসিয়ামের পরিমাণ

পঞ্চম অধ্যায়

মৃত্তিকার অম্লত্ব ও চুন প্রয়োগ

মৃত্তিকার রাসায়নিক পরিবেশ নিয়ন্ত্রণকারী উপাদানসমূহের মধ্য মৃত্তিকার বিক্রিয়া তথা এর অম্লত্ব ও ক্ষারত্ব সর্বাপেক্ষা তাৎপর্যপূর্ণ। মৃত্তিকার অম্লমান (pH) সার্বিকভাবে মৃত্তিকাতে রাসায়নিক দ্রব্যে রূপান্তর, উদ্ভিদ পুষ্টি ও অণুজৈবিক কার্যাবলী নিয়ন্ত্রণ করে। তাই কৃষি উৎপাদন বৃদ্ধি ও পরিবেশ সুরক্ষায় মৃত্তিকার অম্লমান বিষয়ে এই অধ্যায়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হলো।

১। অম্লমান (pH) ও মৃত্তিকার প্রকার

কোনো রাসায়নিক দ্রবণে হাইড্রোজেন (H^+) এবং হাইড্রোক্সাইড (OH^-) আয়নসমূহের ঘনত্বকে সাধারণত অম্লমান বা pH শব্দ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। P^H শব্দের সাধারণ অর্থ হচ্ছে হাইড্রোজেনের ওজন (P = Pondus, ওজন) কারিগরিভাবে, কোনো দ্রবণে বিদ্যমান হাইড্রোজেন ঘনত্বের ঋণাত্মক লগারিদগম (গ্রাম/লিটার)কে অম্লমান বা pH বলা হয়।

$$(pH) = — \text{Log} [\ H^+\ ] \text{ গ্রাম/মিটার}$$

গাণিতিকভাবে ১ থেকে ১৪ সংখ্যা দ্বারা অম্লমান প্রকাশ করা হয়।

মৃত্তিকার রাসায়নিকভাবে সক্রিয় অংশ হচ্ছে মৃত্তিকা দ্রবণ। তাই মৃত্তিকার হাইড্রোজেন কার্যাবলীকে একইভাবে অম্লমান দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ —

মৃত্তিকাতে হাইড্রোজেন ঘনত্বের ঋণাত্মক লগকে (গ্রাম/লিটার) মৃত্তিকার অম্লমান বলা হয়। মৃত্তিকার অম্লমান সাধারণত ৪ থেকে ১০ পর্যন্ত হয়ে থাকে। মৃত্তিকার অম্লমানে ১ একক পরিবর্তন হলে H^+ বা OH^- আয়নে ১০গুণ পরিবর্তন আসে। অর্থাৎ —

মনে করি, কোনো মৃত্তিকার অম্লমান = ৬.০

তাহলে, এতে হাইড্রোজেনের পরিমাণ হবে —

$$— \text{Log} (H^+) = ১০^{-৬} \text{গ্রাম/} \frac{১}{১০০০০০০} \text{ গ্রাম/লিটার}$$

$$= ০.০০০০১ \text{ গ্রাম}$$

অপরদিকে, কোনো মৃত্তিকার অম্লমান ৫.০ হলে —

হাইড্রোজেন আয়নের পরিমাণ হবে = $১০^{-৫}$ গ্রাম/লিটার = $\frac{১}{১০০০০}$ গ্রাম/লিটার

উপরের হিসাব থেকে দেখা যায় যে, অম্লমান ১ কম হওয়াতে হাইড্রোজেনের পরিমাণ ১০ গুণ বেড়ে গেছে।

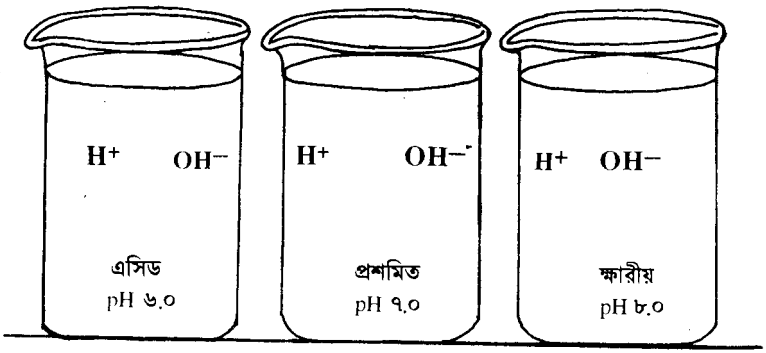
অম্লমানভিত্তিক মৃত্তিকার প্রকার

অম্লমানের ভিত্তিতে মৃত্তিকাতে প্রধানত ৩ ভাগে ভাগ করা যায়। যথা —

ক. *অম্ল মৃত্তিকা* : হাইড্রোজেন আয়ন বেশি, অম্লমান ৭.০ এর কম।

খ. *প্রশম মৃত্তিকা* : হাইড্রোজেন ও হাইড্রোক্সিল আয়ন অম্লমান ৭০ $\pm$.২ প্রায় সমান।

গ. *ক্ষার মৃত্তিকা* : হাইড্রোক্সিল আয়ন বেশি অম্লমান ৭.০ এর বেশি।



চিত্র ৪৪ : মৃত্তিকা অম্লত্বের বহিঃপ্রকাশ

কৃষি উপযোগিতা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে অনেক সময় কেবল এই তিনটি ভাগ দ্বারা মৃত্তিকার প্রকৃত রাসায়নিক আচরণ বোঝা যায় না। সেজন্য অম্লীয় ও ক্ষারীয় মৃত্তিকাকে মৃত্তিকাবিজ্ঞানী কৃষিতাত্ত্বিক বিবেচনায় আরও একাধিক ভাগে ভাগ করেছেন।

সারণি ২৩ : অম্লমানের ভিত্তিতে মৃত্তিকার প্রকার

ক্রমিক	বিক্রিয়া	মিলার পদ্ধতি	ডনাহু পদ্ধতি
১.	তীব্র অম্ল	৫.০ থকে ৫.৫	৫.০ থকে ৫.৫
২.	মধ্যম অম্ল	৬.৫ থকে ৬.০	৫.৫ থকে ৬.০
৩.	ঈষৎ অম্ল	৬.০ থকে ৬.৭	৬.০ থকে ৬.৫
৪.	প্রশম	৬.৭ থকে ৭.৩	৬.৫ থকে ৭.৫
৫.	ঈষৎ ক্ষারীয়	৭.৩ থকে ৮.০	৭.৫ থকে ৮.০
৬.	ক্ষারীয়	৮.০ থকে ৯.০	৮.০ থকে ৮.৫
৭.	তীব্র ক্ষারীয়	৯.০ থকে ১০.০	৮.৫ থকে ৯.০

দেখা যায় যে, বিক্রিয়ার প্রকৃতি ও বিভিন্ন বিজ্ঞানী প্রণীত অম্লমান মাত্রায় প্রায় মিল রয়েছে। প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়ার শ্রেণিবিভাগের সাথে ফসল উল্লেখ থাকলে তা অধিকতর কার্যকর হতে পারে।

সারণি ২৪ : বাংলাদেশের মৃত্তিকার বিক্রিয়া ও ফসল উদাহরণ

মৃত্তিকা	অম্লমান (pH)	ফসল উদাহরণ
তীব্র অম্ল মৃত্তিকা	৫.০ এর কম	চা, কফি
অম্লীয় মৃত্তিকা	৫.০ থকে ৬.৫	আনারস, ধান
প্রশম মৃত্তিকা	৬.৬ থকে ৭.৫	অধিকাংশ ফসল
ক্ষার মৃত্তিকা	৭.৬ থকে ৮.৫	সুগারবিট, বার্লি
তীব্র ক্ষার মৃত্তিকা	৮.৬ থকে ১০.০	প্রায় ফসলহীন

কৃষি জমির অম্লমান মাত্রা ৩.০ থকে ৯.০ হলেও ৪.০ থকে ৮.০ এই মাত্রার জমিতে প্রধানত ফসল চাষ করা হয় এবং অধিকাংশ কৃষি জমির অম্লমান মাত্রা ৬.০ থকে ৭.৫।

মৃত্তিকা অম্লমানের প্রাথমিক বিবেচনায় মৃত্তিকাকে বিভিন্নভাগে ভাগ করা হয়েছে। এক্ষেত্রে ৪৪ সংখ্যক চিত্রে বিজ্ঞানী N. C. Brady প্রদত্ত শ্রেণি উল্লেখ করা হলো।

সারণি ২৫ : মৃত্তিকার অম্লমানভিত্তিক শ্রেণিকরণ (N. C. Brady, 1990 অনুসরণে)

অম্লত্ব	অম্লমান	অবস্থান
তীব্র অম্ল	৪.০–৫.০	
মধ্যম অম্ল	৫.০–৬.০	প্রধানত আর্দ্র অঞ্চলের মৃত্তিকা
ঈষৎ অম্ল	৬.০–৭.০	
প্রশম	৭.০ ± .৩	
ঈষৎ ক্ষার	৭.০–৮.০	প্রধানত শুষ্ক অঞ্চলের মৃত্তিকা
মধ্যম ক্ষার	৮.০–৯.০	
তীব্র ক্ষার	৯.০–১০.০	

মৃত্তিকাতে অম্লত্ব সৃষ্টির উপাদান বা আয়ন

মৃত্তিকার অম্লত্ব সৃষ্টির জন্য প্রধানত দুটি উপাদান গুরুত্বপূর্ণ। এগুলো হচ্ছে —

১. হাইড্রোজেন আয়ন (H^+)

২. এলুমিনিয়াম আয়ন (Al^{+++})

মৃত্তিকা কলয়ড কণার উপরিভাগে উপশোষিত অবস্থায় থেকে এসব আয়ন মৃত্তিকার অম্লমান নিয়ন্ত্রণ করে। মৃত্তিকা দ্রবণে বিভিন্ন প্রক্রিয়ায় ধনাত্মক আয়নসমূহ (H^+, Al^{+++}) মৃত্তিকা অম্লত্বে প্রভাব বিস্তার করে। নিচে সংক্ষেপে প্রধান প্রধান প্রক্রিয়া উল্লেখ করা হলো।

১. বেশি অম্ল (অম্লমান ৫.০ এর কম) মৃত্তিকাতে দ্রবীভূত ও উপশোষিত Al আয়ন বিযোজিত হয়ে মৃত্তিকার অম্লমান বাড়িয়ে তোলে। বিক্রিয়াগুলো নিম্নরূপ :

মাইসিলি Al^{+++} ⇄ Al^{+++}

উপশোষিত মৃত্তিকা দ্রবণ

মৃত্তিকা দ্রবণের Al^{+++} তারপর পানির উপস্থিতিতে বিযোজিত হয়

$$Al^{+++} + H_2O \rightarrow Al(OH)^{++} + H^+$$

মাইসিলি বলতে এখানে কর্দম কলয়ড ও হিউমাস কলয়ড বোঝায়।

২. মধ্যম অম্ল (অম্লমান ৫.০ থেকে ৬.৫) মৃত্তিকাতে এলুমিনিয়াম আয়নের চেয়ে এলুমিনিয়াম হাইড্রোক্সি আয়নে অবস্থান করে এবং বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপাদন করে —

$$Al(OH)^{++} + H_2O \rightarrow Al(OH)_2{}^{++} + H^+$$

২। মৃত্তিকা অম্লত্বের গুরুত্ব ও বৈশিষ্ট্য

ভূমির উর্বরতা ও ফসল উৎপাদনে মৃত্তিকা অম্লত্বের গুরুত্ব এখানে আলোচনা করা হলো।

ভূমির উর্বরতা ও অম্লত্বের গুরুত্ব : যে কোনো মৃত্তিকার অম্লমান নির্ধারণ করে মৃত্তিকার উর্বরতা ও উদ্ভিদ পুষ্টি সংক্রান্ত প্রয়োজনীয় উপাদান সম্পর্কে ধারণা করা যায়।

১. মৃত্তিকা খনিজ দ্রবীভবনের ক্ষেত্রে মৃত্তিকা অম্লমানের গুরুত্ব অপরিসীম।

২. তীব্র অম্ল মৃত্তিকাতে (অম্লমান ৪.০ থেকে ৫.০) দ্রবণীয় এলুমিনিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ বিষাক্ততা মাত্রায় বিদ্যমান থাকে। এরকম অম্লমান মাত্রায় লোহারও আধিক্য পরিলক্ষিত হয়।

৩. উপকারী অণুজীবের কার্যাবলী উৎসাহিত করার জন্য অম্লমানের যথেষ্ট গুরুত্ব রয়েছে।

৪. তীব্র অম্ল মৃত্তিকাতে নাইট্রোজেন সংবন্ধনকারী ব্যাকটেরিয়া ভালভাবে কাজ করতে পারে না।

৫. তীব্র অম্ল মৃত্তিকাতে জৈব পদার্থের বিযোজন হার এবং নাইট্রোজেন ও ফসফরাস বিমুক্তি কম।

৬. ক্ষারীয় মৃত্তিকাতে গৌণ উপাদান সরবরাহকারী অনেক খনিজের, বিশেষ করে লোহা, জিংক ও ম্যাঙ্গানিজ বিযোজন কমে যায়।

৭. ক্ষারীয় মৃত্তিকাতে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম ফসফেট উৎপাদিত হয় বলে ফসফেটের প্রাপ্যতাও কমে যায়।

৮. ক্ষারীয় মৃত্তিকাতে সোডিয়াম লবণেরও আধিক্য দেখা দিতে পারে।

৯. তীব্র অম্ল মৃত্তিকাতে এজালিয়া, চা, কফি, রোডোডেনড্রন, কেনবেরি, আনারস জন্মানো যায়।

১০. প্রশম থেকে মধ্যম ক্ষারীয় জমিতে আলকাফা সুগারবিট ও বার্লির ফলন ভাল হয়। এসব গাছের ক্যালসিয়ামের প্রয়োজনীয়তা বেশি এবং অতিরিক্ত এলুমিনিয়াম মাত্রা সহ্য করতে পারে না।

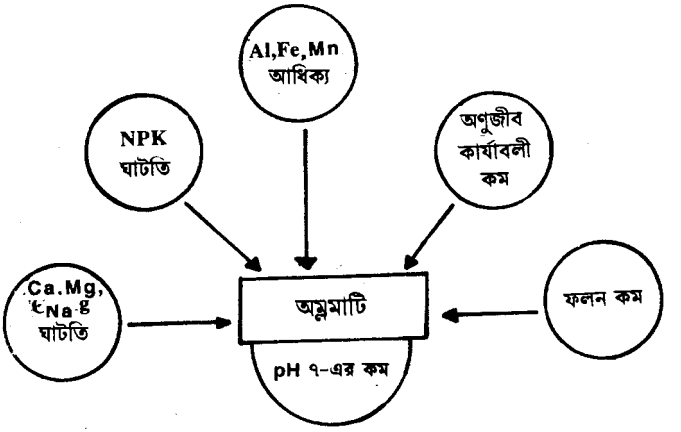
অম্ল মৃত্তিকার সাধারণ বৈশিষ্ট্য

কোনো মৃত্তিকার রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য মৃত্তিকার অম্লমান ও অম্লত্বের মাত্রার উপর নির্ভর করে। কোনো অম্ল মৃত্তিকা ঈষৎ অম্ল থেকে খুব বেশি অম্ল হতে পারে। যাহোক, অম্ল মৃত্তিকার কতগুলো সাধারণ বৈশিষ্ট্য এখানে উল্লেখ করা হলো।

১. মৃত্তিকার অম্লত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে এতে নাইট্রোজেন, ফসফরাস, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও বোরনের দ্রবণীয়তা কমতে থাকে।

২. অম্ল মৃত্তিকাতে এলুমিনিয়াম, লোহা ও ম্যাঙ্গানিজের আধিক্য দেখা দেয়।

৩. অম্ল মৃত্তিকাতে সাধারণ অণুজীবের কার্যাবলী কমে যায়, তবে ক্ষেত্রবিশেষে উপরভূমিতে ছত্রাক কার্যাবলী কিছুটা কম ব্যাহত হয়।



চিত্র ৪৫ : অম্লমৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য

মৃত্তিকা অম্লত্বের বৈশিষ্ট্য

মৃত্তিকার অম্লত্ব বিষয়ে সিদ্ধান্ত গ্রহণের সময় তিনটি প্রধান বৈশিষ্ট্য বিবেচনা করা হয়। যেমন —

১. **মুক্ত এসিডের উপস্থিতি :** কোনো মৃত্তিকা নমুনায় অম্লমান ৪.০ হলে বুঝতে হবে সেখানে মুক্ত এসিড (free acid) রয়েছে।

২. **বিনিময়যোগ্য এলুমিনিয়ামের উপস্থিতি :** কোনো মৃত্তিকা নমুনায় অম্লমান ৫.৫ বা এর কম হলে বুঝতে হবে সেখানে বিনিময়যোগ্য এলুমিনিয়াম উল্লেখযোগ্য পরিমাণে রয়েছে যা উদ্ভিদ বিশেষে বিষাক্ত হতে পারে। তবে চায়ের জন্য এ অবস্থা অনেক সময় উপকারীও হতে পারে।

৩. **মুক্ত সোডিয়ামের উপস্থিতি :** কোনো নমুনায় অম্লমান ৮.০ এর বেশি হলে বুঝতে হবে সেখানে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে মুক্ত সোডিয়াম লবণ ও হাইড্রোক্সিল রয়েছে।

অম্ল মৃত্তিকার পুষ্টি উপাদান বৈশিষ্ট্য

১. মৃত্তিকার অম্লত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে বিশেষ করে নাইট্রোজেন, ফসফরাস ও পটাসিয়াম প্রাপ্যতাও (অম্লমান ৬.৫ এর কম) পরিমাণ কমতে থাকে।

২. অম্ল মৃত্তিকাতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের চুয়ানির ফলে এদের প্রাপ্যতা ও মোট পরিমাণ কমে যায়।

৩. অম্ল মৃত্তিকাতে অতিরিক্তভাবে দ্রবণীয় হয়ে এলুমিনিয়ামের বিষাক্ততা দেখা দিতে পারে। এসব মৃত্তিকাতে লোহার আধিক্যও দেখা দিতে পারে।

৪. মধ্যম অম্ল মৃত্তিকাতে ম্যাঙ্গানিজ, মলিবডেনাম ও বোরনের প্রাপ্যতা বাড়ে, কিন্তু অম্লত্ব তীব্র হলে এদের দ্রবণীয়তা কমে যায়।

অণুজৈবিক কার্যাবলী সংক্রান্ত বৈশিষ্ট্য

১. তীব্র মৃত্তিকাতে অণুজীবের মধ্যে তুলনামূলকভাবে ছত্রাকের কার্যাবলী বেশি।

২. মধ্যম অম্ল মৃত্তিকাতে ব্যাকটেরিয়ার এবং ক্ষারীয় মৃত্তিকাতে ব্যাকটেরিয়া ও একটিনোমাইসেটিসের কার্যাবলী বেশি।

৩. অধিক অম্ল মৃত্তিকাতে অণুজৈবিক নাইট্রোজেন সংযোজন হার কমে যায়।

৪. তীব্র অম্ল মৃত্তিকাতে সকল অণুজীবের কার্যাবলী হ্রাস পায় বলে জৈব পদার্থ বিযোজন হারও কমে যায়।

ভূমির উর্বরতা সংক্রান্ত বৈশিষ্ট্য

১. অম্ল মৃত্তিকাতে নাইট্রোজেনের বিযোজন হার এবং অপচয় কম হয়।

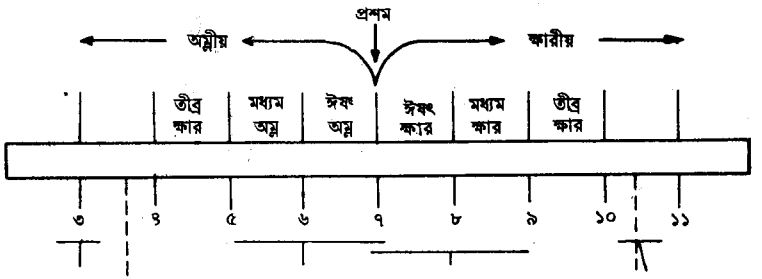
২. তীব্র অম্ল মৃত্তিকাতে চুন প্রয়োগ ব্যতীত অধিকাংশ মাঠ ফসল চাষ করা যায় না।

৩. অম্ল মৃত্তিকাতে ফসফেট সংবন্ধন বেশি অর্থাৎ প্রাপ্যতা কমে যায়।

৪. অম্ল মৃত্তিকার জলাবদ্ধ হলে অম্লমান বৃদ্ধি পায় বলে সব জমিতে ধানের চাষ করা যায়।

৫. অম্লত্ব বৃদ্ধির সাথে সাথে মৃত্তিকাতে অ্যামোনিকরণ ও নাইট্রিকরণ হার কমতে থাকে।

ভূমির উর্বরতা অর্থাৎ উদ্ভিদ পুষ্টি প্রাপ্যতায় মৃত্তিকার অম্লমানের প্রভাব ৪৮ সংখ্যক চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ৪৬ : মৃত্তিকার অম্লমানভিত্তিক শ্রেণীকরণ (N. C. Brady, 1990)

৩। মৃত্তিকা অম্লত্বের প্রকার

কার্যকারিতা প্রদর্শনের ভিত্তিতে মৃত্তিকার অম্লত্বকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা যায়, যথা —

১. সক্রিয় অম্লত্ব (Active acidity)
২. বিনিময়ী অম্লত্ব (Exchangeable acidity)
৩. অবশিষ্ট অম্লত্ব (Residual acidity)

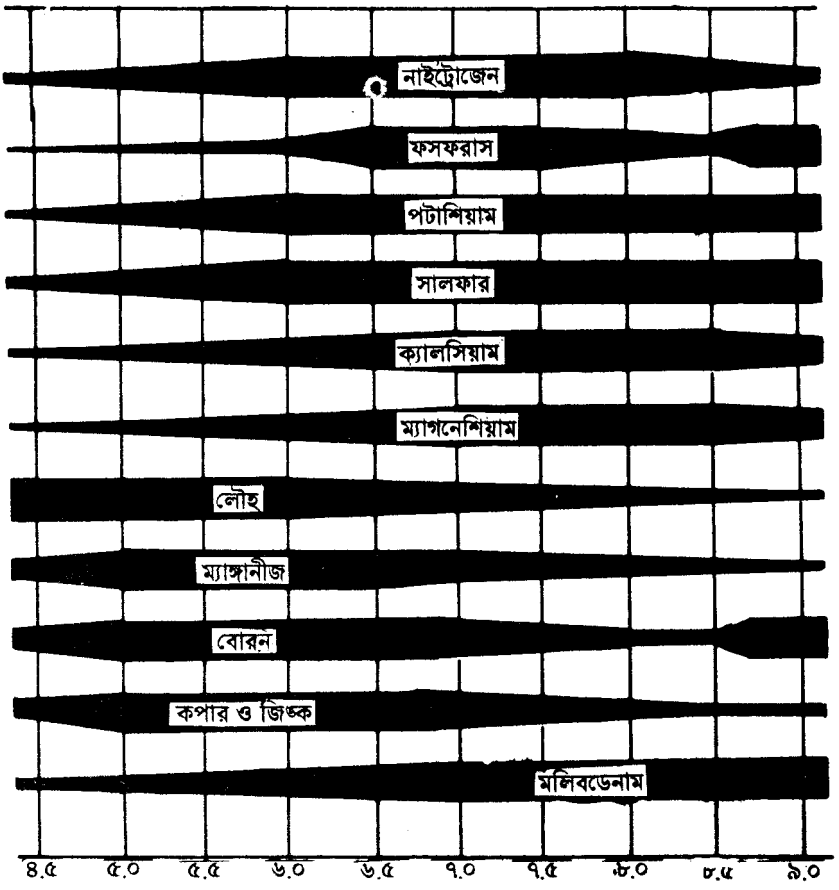
১. সক্রিয় অম্লত্ব : মৃত্তিকা দ্রবণে নির্দিষ্ট সময়ে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন সক্রিয় থাকে তাকে উক্ত মৃত্তিকার সক্রিয় অম্লত্ব বলে। মৃত্তিকার মোট হাইড্রোজেন আয়ন বা মোট অম্লত্বের তুলনায় নির্দিষ্ট এক সময়ে সক্রিয় অম্লত্বের পরিমাণ খুবই কম থাকে। ৪.০ অম্লমান সম্পন্ন এক হেক্টর জমির একবারে পরিমাপ করা সক্রিয় অম্লত্ব প্রশমিত করতে ২ কেজি ক্যালসিয়াম কার্বনেটই যথেষ্ট।

২. বিনিময়ী অম্লত্ব : মৃত্তিকা দ্রবণে বিনিময়যোগ্য আকারে অবস্থানরত এলুমিনিয়াম ও হাইড্রোজেন আয়নসমূহ সৃষ্ট অম্লত্বকে বিনিময়ী অম্লত্ব বলে। মৃত্তিকাতে বিনিময়ী আয়নসমূহকে পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা অবমুক্ত করে তারপর তা পরিমাপ করা হয়।

$$\underset{\text{মাইসিলি}}{\overset{Al^{---}}{\boxed{}}}\overset{H^+}{} + 4\,KCl \rightleftarrows \underset{\text{মাইসিলি}}{\overset{K^+}{\overset{K^+}{\boxed{}}}}\overset{K^+}{} + AlCl_3 + HCl$$

উপশোষিত — মৃত্তিকা দ্রবণ — উপশোষিত — মৃত্তিকা দ্রবণ

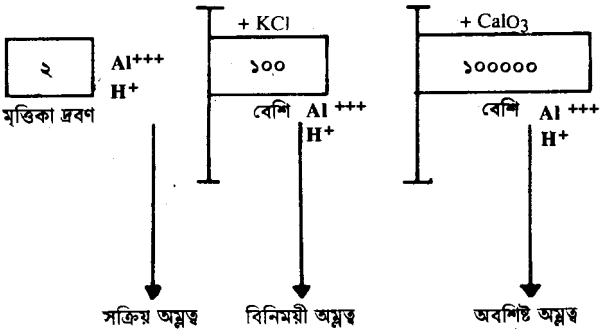
মৃত্তিকাতে বিনিময়ী অম্লত্বের তীব্রতা বা পরিমাণ মধ্যম। অর্থাৎ ৪.০ অম্লমান সম্পন্ন ১ হেক্টর উপর মৃত্তিকার অম্লত্ব প্রশমিত করতে ২০০ কেজি ক্যালসিয়াম কার্বনেট লাগতে পারে।



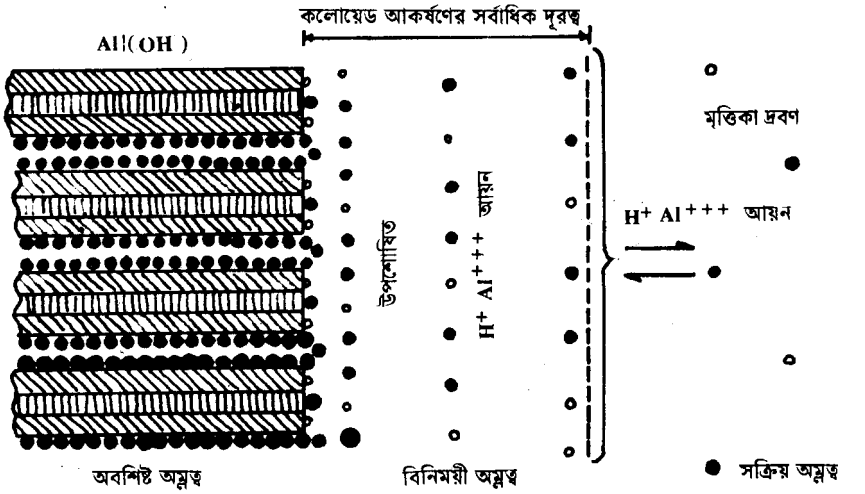
চিত্র ৪৭ : মৃত্তিকার অম্লমান ও পুষ্টি-উপাদানের প্রাপ্যতা

অবশিষ্ট অম্লত্ব

কোনো মৃত্তিকার সক্রিয় অম্লত্ব ও বিনিময়ী অম্লত্ব প্রশমিত করার পরও যে পরিমাণ অম্লত্ব থেকে যায় তাকে অবশিষ্ট অম্লত্ব বলে। মৃত্তিকার জৈব ও কর্দম কলয়ড অবস্থানরত এলুমিনিয়াম ও হাইড্রোজেনের সমন্বয়ে মৃত্তিকার অবশিষ্ট অম্লত্ব সৃষ্টি হয়। সক্রিয় অম্লত্ব বা বিনিময়ী অম্লত্বের চেয়ে অবশিষ্ট অম্লত্বের পরিমাণ হাজার গুণ বেশি।



চিত্র ৪৮ : মৃত্তিকা অম্লত্বের স্বরূপ



চিত্র ৪৯ : মৃত্তিকা অম্লত্বে কলয়ড ও মৃত্তিকা দ্রবণের প্রভাব

৪। মৃত্তিকাতে অম্লত্ব সৃষ্টির কারণ

মৃত্তিকাতে অম্লত্ব সৃষ্টির কারণ হিসেবে মৃত্তিকা অম্লত্ব দুই প্রকার হতে পারে, যথা —

১. উৎসগত অম্লত্ব (Genetic acidity)

২. অর্জিত অম্লত্ব (Acquired acidity)

১. উৎসগত অম্লত্ব : মৃত্তিকাতে অম্লত্ব সৃষ্টির উৎসগত কারণের মধ্যে প্রধান প্রধান হচ্ছে অম্লীয় শিলা ও জলবায়ু।

ক. উৎস শিলা

মৃত্তিকা উৎপাদনের মূল শিলা অম্লীয় হলে সৃষ্ট মৃত্তিকাও অম্লীয় হবে। মৃত্তিকা গঠনকারী অম্লীয় বিক্রিয়া সম্পন্ন শিলার মধ্যে রয়েছে গ্রেনাইট, রায়োলাইট, বালিপাথর ও নিস। এসব শিলায় ক্ষার দ্রব্যের চেয়ে সিলিকা, এলুমিনিয়াম ও লোহা যৌগের পরিমাণ বেশি থাকে। ক্ষয় প্রক্রিয়ায় এসব শিলার রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটলে মৃত্তিকা দ্রবণে সিলিসিক এসিড ও অন্যান্য এসিড তৈরি হয়। বাংলাদেশের পাহাড়ী ও সোপান এলাকায় এসব শিলার ক্ষয়দ্রব্য থাকায় সেখানকার মৃত্তিকা অম্লত্বপ্রাপ্ত হয়েছে।

খ. জলবায়ু

কোনো এলাকার জলবায়ু মোটামুটি স্থায়ী। জলবায়ুর প্রধান দুটি উপাদান যথা — বৃষ্টিপাত ও তাপমাত্রার প্রভাবে মৃত্তিকা তৈরি শুরু থেকেই অম্লত্বপ্রাপ্ত হতে থাকে। অধিক বৃষ্টিপাতসম্পন্ন এলাকায় মৃত্তিকা থেকে ক্ষার উপাদান যথা — ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের চুয়ানী অপচয় ঘটতে থাকে। এভাবে মৃত্তিকা তৈরি পর্যায়েই মৃত্তিকা অম্লত্বপ্রাপ্ত হয়।

বাংলাদেশের উঁচু ও মাঝারি উঁচু জমিতে ক্ষার দ্রব্য চুয়ানীর ফলে অম্ল মৃত্তিকা তৈরি হয়েছে।

২. অর্জিত অম্লত্ব : কৃষি উৎপাদন কাজে মৃত্তিকার ব্যবহার পদ্ধতি বিশেষে এর অম্লত্ব বাড়তে থাকে। বিশেষ করে অম্লীয় সার ব্যবহার ও নিবিড় চাষের কারণে মৃত্তিকার অম্লত্ব বেড়ে যেতে পারে।

ক. অম্লীয় সার ব্যবহার

অম্লধর্মী রাসায়নিক সার যথা — এমোনিয়াম সালফেট ইউরিয়া, এমোনিয়ামসম্পন্ন সারসহ অন্যান্য অম্লত্ব সৃষ্টিকারী সার ব্যবহার করলে মৃত্তিকার অম্লত্ব বেড়ে যায়।

$$(NH_4)_2SO_4 + H_2O \rightarrow NH_4 + H_2SO_4$$

$$NH_4 + O_2 \rightarrow HNO_3 + H_2O$$

ফসল জমিতে অম্লত্ব সৃষ্টির কারণ

মৃত্তিকাতে অম্লত্ব সৃষ্টি বা অম্লত্ব প্রকাশের প্রধান প্রধান কারণ হচ্ছে —

১. সক্রিয় হাইড্রোজেন আয়নের উপস্থিতি ও মৃত্তিকা দ্রবণে এর প্রভাব বিস্তার ;

২. এলুমিনিয়াম আয়নের উপস্থিতি ও হাইড্রোজেন আয়ন উৎপাদনে সহায়তা করে এবং এলুমিনিয়াম আয়ন পানির সাথে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

ফসল উৎপাদন ও মৃত্তিকার অম্লত্ব উৎপাদন সংশ্লিষ্ট ব্যাপারে মৃত্তিকার অম্লমানের প্রধান প্রধান পর্যায় হচ্ছে —

১. মৃত্তিকা মৌলিকভাবে অম্লীয় হওয়া অম্লীয় শিলার উপস্থিতি ও আর্দ্রতা জলবায়ুতে তীব্র প্রাকৃতিক চুয়ানীর জন্য।

২. মৃত্তিকার অম্লমান কমে যাওয়া।

অম্লীয় সার ব্যবহার, ভূমি ক্ষয়, চুয়ানী ও ফসল কর্তৃক অধিক হারে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম পরিশোষণের জন্য অম্লীয় উৎস শিলা গ্রেনাইট ও রায়োলাইট (rhyolite) থেকে সৃষ্ট মৃত্তিকা স্বভাবতই অম্লীয় হয়। কিন্তু উপযুক্ত ব্যবস্থাপনা বা মৃত্তিকা পরিচর্যা দ্বারা অনায়াসে মৃত্তিকার অম্লমান ফসলের উপযোগী বা কাঙ্ক্ষিত পর্যায়ে বিদ্যমান রাখা যায়। তবে মৃত্তিকাতে অম্লত্ব সৃষ্টির জন্য মৌলিকভাবে অম্লীয়ভাবে শিলা গুরুত্বপূর্ণ। ৩১ সংখ্যক সারণিতে দেখা যায় গ্রেনাইট শিলায় বেসল্টের চেয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের পরিমাণ অনেক কম। তাই গ্রেনাইট শিলা থেকে উৎপন্ন মৃত্তিকাতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের পরিমাণ অনেক কম। তাই গ্রেনাইট শিলা থেকে উৎপন্ন মৃত্তিকাতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের পরিমাণ কমে গিয়ে হাইড্রোজেন আয়নের পরিমাণ বেড়ে যাওয়া খুবই স্বাভাবিক। গ্রেনাইটে সিলিকার পরিমাণ বেশি থাকায় তা সিলিসিক এসিড উৎপাদনের মাধ্যমে মৃত্তিকার অম্লত্ব বৃদ্ধি করে।

মৃত্তিকার অম্লত্ব বৃদ্ধির অন্যান্য কারণের মধ্যে রয়েছে অম্লীয় সারের ব্যবহার এবং জমি চাষের মাধ্যমে ফসলে অধিক হারে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম পরিশোষণ।

সারণি ২৬ : শিলায় সিলিকা ও ক্ষারক উপাদানের পরিমাণ (٪)

শিলা	সিলিকন ডাই-অক্সাইড	ক্যালসিয়াম অক্সাইড + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড
গ্রেনাইট	৭৬	<১
বেসল্ট	৫৩	১১

মৃত্তিকা উৎপাদনের উৎস শিলা অম্লীয় হলে উৎপন্ন মৃত্তিকা স্বভাবত অম্লীয় হবে। মৃত্তিকা গঠনকারী বা গঠনে প্রভাব বিস্তারকারী অম্লীয় প্রক্রিয়া সম্পন্ন শিলার মধ্যে রয়েছে গ্রেনাইট, রায়োলাইট, বালি পাথর ও নিস। এসব শিলায় ক্ষারীয় উপাদানের চেয়ে সিলিকার পরিমাণ বেশি থাকে। সময়ের ব্যবধানে ও প্রাকৃতিক শক্তির প্রভাবে এসব শিলা ক্ষয়প্রাপ্ত মৃত্তিকা

দ্রবণে সিলিসিক এসিড উৎপন্ন হয়। বাংলাদেশের পুরাতন তৃতীয় ক্রম পাহাড়ী এলাকায় কম-বেশি পরিমাণে এসব শিলা উপস্থিত থাকায় মৃত্তিকা উৎসগতভাবে অম্লত্ব প্রাপ্ত হয়েছে।

৩. বৃষ্টিপাত ও চুয়ানী : অধিক বৃষ্টিপাত সম্পন্ন যেমন — আর্দ্র ও উষ্ণ আর্দ্র অঞ্চলে বৃষ্টির পানি চুয়ানীর মাধ্যমে ভূমি ক্ষয়সহ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ক্ষারক উপাদানের অপচয় ঘটায় বা কমপক্ষে উদ্ভিদ শিকড়াঞ্চলের নিচে বয়ে নিয়ে যায়। এসব কারণে উষ্ণ ও অব-উষ্ণ অঞ্চলের মৃত্তিকার উপর স্তরে স্বাভাবিকভাবে অম্লত্ব সৃষ্টি হয়। বার্ষিক বৃষ্টিপাতের পরিমাণ ১০০ সেন্টিমিটারের বেশি হলে এবং উপর ভূমিতে ক্যালসিয়াম কার্বনেট কম থাকলে (চুনবিহীন) সেখানে চুয়ানী অম্লত্ব সৃষ্টির একটি প্রধান কারণ হতে পারে। মৃত্তিকা পানিতে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হলে ক্ষারজ উপাদানের অপচয় বৃদ্ধি পায়।

বাংলাদেশের উঁচু, মাঝারি উঁচু, মধ্যম নিষ্কাশিত পলি মৃত্তিকার অধিকাংশই ক্ষারক চুয়ানীর ফলে অম্লত্বপ্রাপ্ত হয়েছে। অবশ্য চুনযুক্ত মৃত্তিকার উপরিভাগে পর্যাপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকায় সেখানে এখনও অম্লীয়ভাবে সৃষ্টি হয়নি। উঁচু ও মাঝারি ও নিম্ন সকল পাহাড়ী এলাকায় ক্ষারকের চুয়ানী অপচয়ের কারণে অম্লত্ব বৃদ্ধি পেয়েছে। বাংলাদেশে বৃষ্টিপাত (মোট বৃষ্টিপাত ও বিতরণ) পানির চুয়ানী প্রক্রিয়া মৃত্তিকার ক্ষারক উপাদান অপচয়ের খুবই অনুকূল।

৪. নিবিড় চাষ, ফসলের পুষ্টি পরিশোষণ ও চুনদ্রব্য অপচয়

যে কোনো জমিতে ফসল উৎপাদনের তীব্রতা যতো বাড়ে, সেই মৃত্তিকার অম্লত্ব বৃদ্ধির আশঙ্কাও ততো বৃদ্ধি পায়। প্রত্যেক বছর বা প্রতি ফসল ঋতুতে কর্তিত ফসলের মাধ্যমে পর্যাপ্ত পরিমাণ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম অপসারিত হয়। এসব জমিতে সাধারণত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম সার ব্যবহার করা হয় না বলে অম্লত্ব সৃষ্টি হওয়া স্বাভাবিক।

সারণি ২৭ : বাংলাদেশের প্রধান প্রধান অম্ল মৃত্তিকার বিবরণ

মৃত্তিকা অঞ্চলের নাম	জমির পরিমাণ (হাজার হেক্টর)	অম্লমান
পুরাতন হিমালয় পাদভূমি	৪০০	৫.৫–৬.০
তিস্তা প্লাবনভূমি	১০৮৩	৫.৭–৬.২
নিম্ন আত্রাই ও পূর্ণভবা বেসিন	১০৫	৫.৬–৬.৩
ব্রহ্মপুত্র ও যমুনা প্লাবনভূমি	১৬০২	৫.৮–৬.৭
সিলেট বেসিন ও বিল এলাকা	৬৯৪	৫.৪–৬.০
উত্তর-পূর্ব পাদভূমি ও পাহাড়ি অঞ্চল	২২০৪	৪.২–৫.২
বরেন্দ্র, মধুপুর ও সোপান এলাকা	১১৯২	৫.৩–৬.০
করতোয়া ও মেঘনা প্লাবনভূমি	৮৮৫	৫.৯–৬.৬
মোট	৮১১৪	

সারণি ২৮ : মৃত্তিকা থেকে চুন দ্রব্য অপচয়ের বিবরণ (আর্দ্র অঞ্চল) কেজি/হেক্টর

অপচয়/প্রশমন প্রকৃতি	ক্যালসিয়াম সমাঙ্ক	ম্যাগনেসিয়াম সমাঙ্ক
চুয়ানী	১৫০	৩০
ভূমি ক্ষয়	১৫০	৩০
ফসল কর্তৃক পরিশোষণ	২০০	৫০
অম্লীয় সার দ্বারা প্রশমন	২০০	—
বৃষ্টির অম্লীয় পানি	৫০	১০
মোট	৭৫০	১২০

* উৎস : ডনাহু (১৯৭৭) সহ অন্যান্য উৎস থেকে অভিযোজিত।

২৮ সংখক সারণিতে প্রতি বছর মৃত্তিকা থেকে ফসল পরিশোষণের মাধ্যমে কি পরিমাণ চুন দ্রব্য অপচয় হতে পারে তা দেখা যাবে। অবশ্য ফসলের কি পরিমাণ অংশ কর্তিত হয়ে জমি থেকে অপসারিত হয় তার উপর প্রকৃত পরিমাণ নির্ভর করে।

৫. রাসায়নিক সার প্রয়োগ : মৃত্তিকাতে প্রধানত এমোনিয়াম উৎপাদনকারী বা এমোনিয়াম নাইট্রোজেন সার, সালফার সার বা অম্ল উৎপাদনকারী সার বছরের পর বছর ব্যবহার করলে মৃত্তিকার অম্লমান বৃদ্ধি পায়। কয়েকটি প্রধান সার হচ্ছে— এমোনিয়াম সালফেট, ইউরিয়া, সালফার গুঁড়া, এমোনিয়াম ক্লোরাইড, এমোনিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদি। এসব সারের এমোনিয়াম ধনাত্মক আয়ন ক্যালসিয়াম প্রতিস্থাপিত করতে পারে এবং জারিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে। এজন্য মৃত্তিকার অম্লত্ব উৎপাদিত হয় তা প্রশমনের জন্য ১০৯ কেজি ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োগের প্রয়োজন হয়। কয়েকটি রাসায়নিক সারের অম্লাঙ্ক নিম্নরূপ —

সারের নাম	অম্লাঙ্ক
ইউরিয়া	৭৪
এমোনিয়াম সালফেট	১০৯
এমোনিয়াম ক্লোরাইড	১২৮

৬. অণুজৈবিক কার্যাবলী : জৈব পদার্থ বিয়োজন ও রাসায়নিক রূপান্তরের ক্ষেত্রে অণুজীব প্রভাবিত জৈব-রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় মৃত্তিকাতে নানা প্রকার জৈব এসিড ও নাইট্রোজেন আয়ন উৎপাদিত হয়। এই হাইড্রোজেন ও জৈব এসিড স্বভাবতই অন্তত সাময়িকভাবে মৃত্তিকার অম্লত্ব বাড়ানোর জন্য নাইট্রিকরণ প্রক্রিয়ার প্রভাব খুবই বেশি। মৃত্তিকাতে অণুজৈবিক শ্বসন থেকে উৎপাদিত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও পানি মিলিত হয়ে কার্বনিক এসিড উৎপন্ন করে। এই কার্বনিক এসিড ক্ষারক উপাদানের অপচয় ঘটিয়ে বা এসিড হিসেবে কার্যকর হয়ে মৃত্তিকার অম্লত্ব বাড়াতে পারে। মৃত্তিকাতে অণুজৈবিক সালফার জারণ ও অম্লত্ব বৃদ্ধি করে।

সারণি ২৯ : অম্ল মৃত্তিকার উপযোগী প্রধান ফসল (উদাহরণ হিসেবে)

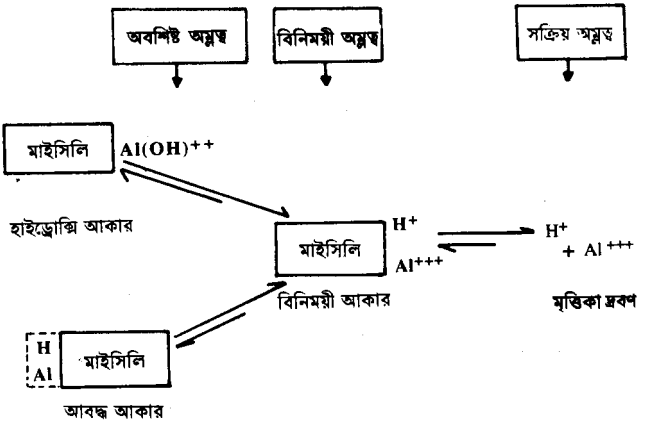
উপযোগিতা	অম্লত্ব ও অম্লমান		
	তীব্র অম্ল ৫.০	মধ্যম অম্ল ৫.০ থেকে ৬.০	ঈষৎ অম্ল ৬.১ থেকে ৬.৫
অনুকূল	সীমিত ফসল	ক্রেস্ট, টিমোথি যই, রাই, সরগম, তামাক, লেসপেজা	ভুট্টা, তুলা, ফেস্কুঘাস, টিমোথি, লেসপেজা, চীনাবাদম,দানা ফসল, সয়াবিন।
সহ্যশীল	তুলা, ফেস্কুঘাস টিমোথি, লেসপেজা, যই, রাই, গম, সরগাম, তামাক ইত্যাদি	ভুট্টা, তুলা, চীনাবাদাম, বার্লি, গম ও সয়াবিন ইত্যাদি	অনেক মাঠ ফসল

সারণি ৩০ : ফসলের সহ্যশীল অম্লমান মাত্রা

ফসলের নাম	অম্লমান মাত্রা
ভুট্টা, বার্লি, বার শিম	৬.০ থেকে ৭.৫
মিলেট	৫.০ থেকে ৬.৫
ধান	৪.০ থেকে ৬.০
সরগাম, গম	৬.০ থেকে ৭.৫
অট	৫.০ থেকে ৭.৫
ফ্রেঞ্চ বিন, সয়াবিন, মটর, মশুর	৫.৫ থেকে ৭.০
চীনাবাদাম	৫.৩ থেকে ৬.৫
ইক্ষু	৬.০ থেকে ৭.৫
তুলা	৫.০ থেকে ৬.৫
গোল আলু	৫.০ থেকে ৫.৫
চা, কফি	৪.০ থেকে ৬.০

৫। মৃত্তিকার বাফার ক্রিয়া

মৃত্তিকা দ্রবণে অম্লত্ব পরিবর্তনের প্রতিরোধ প্রক্রিয়াকে মৃত্তিকার বাফার ক্ষমতা বলে। মৃত্তিকার সক্রিয় অম্লত্ব, বিনিময়ী অম্লত্ব ও অবশিষ্ট অম্লত্বের পারস্পরিক ভারসাম্য থেকে বাফার ক্ষমতা সৃষ্টি হয়। মৃত্তিকার অবশিষ্ট, বিনিময়ী ও সক্রিয় অম্লত্বের ভারসাম্য সম্পর্ক নিম্নরূপে উল্লেখ করা যায়।

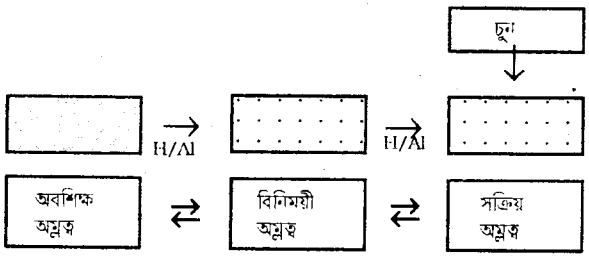


চিত্র ৫০ : রেখাচিত্রে মৃত্তিকার বাফার ক্রিয়া।

এক লিটার পাতিত (distilled) পানিতে ০.০১ সাধারণ শক্তির ১ মিলি হাইড্রোক্লোরিক এসিড প্রয়োগ করে দেখা গেল যে, সেই পানির অম্লমান ৭.০ থেকে ৫.০ পর্যায়ে নেমে এসেছে। হাইড্রোক্লোরিক এসিড এবং অম্লমানের গাণিতিক হিসাব থেকেও উক্ত পানির অম্লমান প্রায় ৫.০ হওয়ার কথা। কিন্তু কোনো অপরিষ্কার জলাশয় থেকে ১ লিটার পানি সংগ্রহ করে সেই পানিতে উক্ত এসিডের ১০ মিলি প্রয়োগ করে দেখা গেল পানির অম্লমান হয়েছে ৫.৫। নদীর ঘোলা পানি নিয়ে পরীক্ষা করে দেখা গেল, উক্ত পরিমাণ এসিড প্রয়োগ করায় অম্লমান হয়েছে ৬.১। প্রায় ৪% জৈব পদার্থ সম্পন্ন এঁটেল মৃত্তিকাতে প্রয়োগ করে পাওয়া গেল ৬.৫। এই পরীক্ষা থেকে বোঝা যায়, একই এসিডের সমপরিমাণ প্রয়োগ করার পর জলাশয়ের পানি, নদীর পানি এবং মৃত্তিকা অবলম্ব (suspension) ও মৃত্তিকার অম্লমান হলো যথাক্রমে ৫.৯, ৬.১ ও ৬.৫। এতে বোঝা যায়, আবদ্ধ জলাশয় এবং নদীর পানি ও মৃত্তিকা অবলম্বে বা মৃত্তিকাতে এমন কিছু রাসায়নিক দ্রব্য ছিল যা অম্লমান কমে যাওয়ার পথে বাধা সৃষ্টি করেছিল এবং বিশুদ্ধ পানিতে সেসব দ্রব্য ছিল না। বলা যায়, বিশুদ্ধ পানি ব্যতীত অন্যান্য দ্রব্য বাফার ক্রিয়া প্রদর্শন করেছে।

কোনো মৃত্তিকাতে চুন প্রয়োগ করে সক্রিয় অম্লত্ব প্রশমিত করতে থাকলে বিনিময়ী অম্লত্বের H^+/Al^{+++} আয়ন সক্রিয় অম্লত্বে যোগ হতে থাকে। এর ফলে দেখা যাবে যে, চুন প্রয়োগ করার পরও মৃত্তিকাতে অম্লমানের পরিবর্তন হয়নি। অর্থাৎ অম্লমান পরিবর্তনে মৃত্তিকা দ্রবণে প্রতিরোধ সৃষ্টি হয়েছে। এই প্রতিরোধের নামই বাফার ক্ষমতা।

কোনো মৃত্তিকাতে অবশিষ্ট অম্লত্ব ও বিনিময়ী অম্লত্ব বেশি হলে এর বাফার ক্ষমতা বেশি হয়। মৃত্তিকাতে জৈব পদার্থ (হিউমাস) ও কর্দম কলয়ড বেশি থাকলে মৃত্তিকার বাফার ক্ষমতা বেশি হয়।



মৃত্তিকার বাফার ক্ষমতা নিয়ন্ত্রণের নীতিমালা অম্লমৃত্তিকা ও ক্ষার মৃত্তিকার জন্য একই। অর্থাৎ মৃত্তিকার অম্লত্ব প্রশমন ও মৃত্তিকার ক্ষারত্ব পরিশোধনে মৃত্তিকা বাফার ক্ষমতা প্রদর্শন করতে পারে।

কোনো অম্লমৃত্তিকার অম্লমান স্থায়ীভাবে বাড়াতে হলে চুন প্রয়োগ করে এর অবশিষ্ট অম্লত্ব, বিনিময়ী অম্লত্ব ও সক্রিয় অম্লত্ব অর্থাৎ মোট অম্লত্ব প্রশমন করতে হবে।

৬। চুনের উপকারিতা

মৃত্তিকার ভৌত রাসায়নিক গুণাবলী ও ফসল উৎপাদনে চুনের উপকারিতা অনেক। এখানে অম্ল মৃত্তিকাতে চুন প্রয়োগের কয়েকটি প্রধান উপকারিতা উল্লেখ করা হলো —

১. মৃত্তিকার অম্লমান বাড়ে।
২. নাইট্রোজেন, ফসফরাস, পটাসিয়ামসহ প্রায় সকল উদ্ভিদ পুষ্টি উপাদানের দ্রবণীয়তা বাড়ে।
৩. ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের প্রাপ্যতা বাড়ে।
৪. মৃত্তিকাতে অণুজৈবিক কার্যাবলী বাড়ে।
৫. মৃত্তিকাতে এলুমিনিয়াম, লোহা ও ম্যাঙ্গানিজে বিষাক্ততা হ্রাস পায়।
৬. মৃত্তিকার ভৌত গুণাবলী উন্নত হয়।
৭. জৈব পদার্থের বিযোজন হার বাড়ে।
৮. কৃষি ও ফসল উৎপাদন বাড়ে।
৯. কৃষি পণ্যের মান উন্নত হয়।
১০. মৃত্তিকার দানা রঞ্জন ও ভৌত গুণাবলী উন্নত হয়।

কৃষি জমির চুন প্রয়োগের পরিমাণ

কোনো জমিতে কি পরিমাণ চুন প্রয়োগ করতে হবে তা প্রধানত নিচে উল্লিখিত বিষয়ের উপর নির্ভর করে।

১. **মৃত্তিকার বাফার ক্ষমতা :** মৃত্তিকার বাফার ক্ষমতা বেশি হলে চুনের পরিমাণ বেশি লাগে। মৃত্তিকার বাফার রেখা থেকে বাফার ক্ষমতার তথ্য নেওয়া যায়।

২. **চুনের প্রকার ও আকার :** চুনের প্রশমন ক্ষমতা বেশি হলে চুনের পরিমাণ কম লাগে।

৩. **মৃত্তিকার বর্তমান ও কাঙ্খিত অম্লমান :** মৃত্তিকার বর্তমান এবং কাঙ্খিত অম্লমানের মধ্যে পার্থক্য যতো বেশি হয়, চুনের পরিমাণও ততো বেশি লাগে।

৪. **ফসলের চুন প্রয়োজনীয়তা :** ফসলের চুন প্রয়োজনীয়তা বেশি হলে চুনের পরিমাণ বেশি লাগে। ডালজাতীয় ফসলের ক্যালসিয়াম চাহিদা বেশি। আম, লিচু, গোল আলু প্রভৃতির ম্যাগনেসিয়াম চাহিদা বেশি।

সারণি ৩১ : চুন দ্রব্যের গঠন

দ্রব্য	প্রকৃত দ্রব্য (%)	CaO সমাঙ্ক	$CaCO_3$* সমাঙ্ক	উপাদান (%)	
				Ca	Mg
পোড়া চুন	৭৭ CaO ১৮ MgO	১০২.২	১৮২.৫	৫৫	১০.৯
সিক্ত চুন	$Ca(OH)_2$ ৭৫ $Mg(OH)_2$ ২৩	৭৮.৯	১৪০.৮	৪০.৫	৯.৬
চুনা পাথর (Calcite)	$CaCO_3$ ৯৫	৫৩.২	৯৫	৩৮	—
ডলোমাইট	$CaCO_3$ ৩৫ $CaMg(CO_3)_2$ ৬০	৫৬ —	১০০ —	২৭ —	— ৭.৯

*একে মোট প্রশমন ক্ষমতাও বলা হয়।

৭। চুন প্রয়োগ

অম্ল মৃত্তিকাতে সাধারণ চুন প্রয়োগ করে এর অম্লত্ব প্রশমন করা যায়। মৃত্তিকা অম্লত্ব প্রশমনের জন্য ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের কার্বনেট, অক্সাইড ও হাইড্রোক্সাইড দ্রব্যসমূহকে কৃষি চুন বলা হয়।

১. **কার্বনেট চুন :** প্রাকৃতিকভাবে প্রাপ্ত কার্বনেট আকারে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম সম্পন্ন দ্রব্য গুঁড়া করে কার্বনেট চুন পাওয়া যায়।

জমিতে প্রয়োগযোগ্য কার্বনেট চুনের প্রাকৃতিক দ্রব্যের মধ্যে রয়েছে —

মার্ল (Marl), শামুক-ঝিনুক (Oyster Shells), বেসিক স্ল্যাগ (Basic slag), গুঁড়া চুনাপাথর (Ground limes tone), ক্যালসাইট ($CaIO_3$), ডলোমাইট [$CaMg(CO_3)_2$]।

২. **অক্সাইড চুন :** অক্সাইড চুনের অপর নাম পোড়া চুন (burned lime) বা কলিচুন (quicklime) বাণিজ্যিকভাবে বড় চুল্লীতে চুনাপাথর পুড়িয়ে এই দ্রব্য তৈরি করা হয়।

$$CaCO_3 + \text{উত্তাপ} \rightarrow CaO + CO_2\uparrow (\text{উদ্বায়ন})$$

$$CaMg(CO_3)_2 + \text{উত্তাপ} \rightarrow CaO + MgO + 2CO_2\uparrow (\text{উদ্বায়ন})$$

কার্বনেট চুনের চেয়ে অক্সাইড চুনের অম্ল প্রশমন কার্যকারিতা বেশি। এগুলো সাবধানে নাড়া-চাড়া করতে হয়।

৩. **হাইড্রোক্সাইড চুন :** হাইড্রোক্সাইড চুনের অপর নাম কলিচুন (hydrated lime) পোড়াচুন পানিতে ভিজিয়ে এ চুন তৈরি করা হয়।

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

$MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$

মৃত্তিকাতে প্রয়োগের পর হাইড্রোক্সাইড চুন খুব দ্রুত অম্লত্ব প্রশমন করে।

৮। **চুন দ্রব্যের তালিকা ও বিবরণ :** আমেরিকা উদ্ভিদ খাদ্য নিয়ন্ত্রণ সমিতির মতে প্রধান প্রধান চুন দ্রব্যের তালিকা এখানে উল্লেখ করা হলো —

১. ক্যালসাইট চুনাপাথর ও অবিশুদ্ধ দ্রব্য ;

২. ডলোমাইট চুনাপাথর ও অবিশুদ্ধ দ্রব্য ;

৩. মার্ল ক্যালসাইট, কর্দম ও জৈবদ্রব্য ;

৪. পোড়া চুন ও কুইক লাইম ;

৫. কলিচুন ;

৬. ক্যালসিক দ্রব্য-চুন দ্রব্যে ৫% বা এর বেশি সমাঙ্ক দ্রব্য ;

৭. ম্যাগনেসিয়াম চুন ১০% বা এর বেশি ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড সমাঙ্ক দ্রব্য ;

৮. পানিযোজিত চুন-ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইড মার্ল দ্রব্য ;

৯. গুঁড়া চুনাপাথরের ৭৫% মেশ-১০০ এবং ১০০% মেশ-২০ বিশিষ্ট চালুনির সাহায্যে চালনা করা যায় ;

১০. পুড়া চুন-কুইক লাইম-চুনা পাথর ৩৫০-৮২৫° সে. উত্তাপে পুড়িয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড দূরীভূত করা হয় ;

১১. পুড়া চুন-কুইক লাইম — চুনা পাথর ৩৫০-৮২৫° সে. উত্তাপে পুড়িয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড দূরীভূত করা হয় ;

১২. বর্জ্য চুন যেমন —

এসিটাইলিন চুন, ক্যালসিয়াম সিলিকেট, চামড়া চুন (tenar's lime)।

চুন দ্রব্যের বিবরণ

১. চুনাপাথর

ক্যালসাইট ($CaCO_3$) এবং অবিশুদ্ধ দ্রব্য।

ডলোমাইট ($CaCO_3 . MgCO_3$) এবং অবিশুদ্ধ দ্রব্য।

২. **মার্ল :** মার্ল একটি মৃত্তিকা ধরনের (earthy) দ্রব্য। মার্ল পরিষ্কার পানি সম্পন্ন পুকুরের তলদেশে শতাব্দীব্যাপী জমা হয়ে উৎপন্ন হয়। এতে বিভিন্ন পরিমাণে ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকে। উদাহরণ — ক্যালসিয়াম কার্বনেট, কর্দম ও জৈব পদার্থ।

৩. **গুঁড়া (Pulverized) চুনাপাথর :** ক্যালসাইট বা ডলোমাইটজাতীয় চুনাপাথর এমনভাবে গুঁড়া করা যে, এর ১০০% ২০ মেশ চালনিতে চালনা করা যায় এবং ৭৫% দ্রব্য ১০০ মেশ চালনিতে চালনা করা যায়। উদাহরণ : গুঁড়া চুন বা কুইক লাইম (CaO)।

৪. **কলিচুন :** $Ca(OH)_2$

৫. **উচ্চ ক্যালসিক চুন দ্রব্য :** কোনো চুন দ্রব্যে ৩৫% বা এর বেশি সমাঙ্ক দ্রব্য থাকলে তাকে উচ্চ ক্যালসিয়াম চুন দ্রব্য বলা হবে।

৬. **উচ্চ ম্যাগনেসিয়াম চুন দ্রব্য :** কোনো চুন দ্রব্যে ১০% বা এর বেশি ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড সমাঙ্ক দ্রব্য থাকলে একে উচ্চ ম্যাগনেসিয়াম চুন দ্রব্য বলা হবে।

৭. **পানিযোজিত চুন :** এর মধ্যে প্রধানত রয়েছে ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড বা ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্সাইড

৮. **কুইক লাইম :** পোড়া চুন-ইত্যাদি ক্যালসিক, চুনাপাথর ৩৫০° থেকে ৮২৫° সে. উত্তাপে পুড়িয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড দূরীভূত করা হয়। উৎপন্ন দ্রব্যের ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড বা এদের মিশ্রণ থাকে। রাসায়নিক বিবেচনায় চুন বলতে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম চুন বলতে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড বোঝায়।

৯. **বর্জ্য চুন বা উপদ্রব্য চুন :** এতে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা উভয়ই থাকে, যেমন — এসিটাইলিন চুন, ক্যালসিয়াম সিলিকেট, চামড়া চুন ইত্যাদি।

৯। চুন দ্রব্যের প্রশমন ক্ষমতা ও চুনের প্রয়োজনীয়তা

কৃষি জমিতে চুন দ্রব্যের প্রশমন ক্ষমতা বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সমান হিসেবে নির্ণয় করা হয়। বাজারে প্রাপ্ত চুন দ্রব্যের সাধারণত ৫০% থেকে প্রায় ১০০% ভাগ ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকতে পারে। কোনো কোনো দ্রব্যে বেশ কিছু পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটও থাকে। ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের তূল্যাঙ্ক ৮৪ এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেটের তূল্যাঙ্ক ১০০। অতএব, ক্যালসিয়াম কার্বনেটের চেয়ে ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের (১০০÷৮৪ =) ১.২ গুণ অধিক প্রশমন ক্ষমতা রয়েছে (একক পরিমাণ চুন দ্রব্যের হিসেবে চুনের গ্যারান্টিতে সর্বদা ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সমকার্যকারিতার মান উল্লেখ থাকে।

চুন দ্রব্যের কার্যকারিতা সূচক ও রূপান্তর

ক্যালসিয়াম	=	ক্যালসিয়াম কার্বনেট × ২.৪৯৭৩
	=	ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড × ১.৮৪৮৭
	=	ক্যালসিয়াম অক্সাইড × ১.৩৯৯২
ক্যালসিয়াম কার্বনেট	=	ক্যালসিয়াম × ০.৪০০৪
	=	ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড × ০.৭৪০১
	=	ক্যালসিয়াম অক্সাইড × ০.৫৬০৪
ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড	=	ক্যালসিয়াম × ০.৫৪০৯
	=	ক্যালসিয়াম কার্বনেট × ১.৩৫১১
	=	ক্যালসিয়াম অক্সাইড × ০.৭৫৭০
ক্যালসিয়াম অক্সাইড	=	ক্যালসিয়াম × ০.৭১৪৭
	=	ক্যালসিয়াম কার্বনেট × ১.৭৮৪৮
	=	ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইড × ১.৩২১০

সারণি ৩২ : চুন দ্রব্যের প্রশমন মান

দ্রব্যের নাম	প্রশমন মান
ক্যালসাইট ক্যালসিয়াম কার্বনেট	১০০
ডলোমাইট চুন	১০৫
পোড়া চুন	১৭৮
ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট	১২০
কলিচুন	১৩৪
বেসিক স্ল্যাগ	৭০
ফ্লু ডাস্ট	৯৬
ঝিনুক গুঁড়া	৮০
কাঠের ছাই	৪০
রক ফসফেট	৭

বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম অক্সাইডের তূল্যাঙ্ক

$$\text{ক্যালসিয়াম} = \frac{\text{ক্যালসিয়াম কার্বনেটের আণবিক ওজন}}{\text{ক্যালসিয়াম অক্সাইডের আণবিক ওজন}}$$

$$\text{কার্বনেট সমাঙ্ক} = \frac{১০০}{৫৬} \times ১০০ = ১৭৮.৫\%$$

অর্থাৎ ক্যালসিয়াম অক্সাইডের পরিমাণকে ১৭৮.৫ দ্বারা গুণ করলে তা ক্যালসিয়াম কার্বনেট হিসাবে প্রকাশ করা যাবে।

কৃষি জমিতে চুনের প্রয়োজনীয়তা

কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ জমির ১৫ সেমি. গভীরতা পর্যন্ত মৃত্তিকার অম্লমান মাঠ অবস্থায় কাঙ্ক্ষিত পর্যায়ে উন্নীত করার জন্য যে পরিমাণ কৃষি চুনাপাথর (বা অন্যান্য চুন দ্রব্যের সমাঙ্ক পরিমাণ) প্রয়োজন হয় তাকে চুন প্রয়োজনীয়তা বলে। জমির চুন প্রয়োজনীয়তা নির্ণয়ের প্রচলিত পদ্ধতির মধ্যে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে, মৃত্তিকার কর্দমের পরিমাণভিত্তিক অনুমিত বাফার ক্ষমতা এবং অম্লমানের ইন্টিগ্রেশন বা সংহতি রেখা থেকে চুনের পরিমাণ নির্ণয়। ফসল উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য জমির চুন প্রয়োজনীয়তার প্রধান দুটি উপাদান হচ্ছে —

১. মৃত্তিকার অম্লমান পরিবর্তনের জন্য চুন প্রয়োজনীয়তা ;

২. ফসলের চুন প্রয়োজনীয়তা।

মৃত্তিকা চুন প্রয়োজনীয়তা

জমির চুন প্রয়োজনীয়তা নির্ণয়ের প্রধান ভিত্তি হচ্ছে, মৃত্তিকার বুনট এবং উপস্থিত অম্লমান। মৃত্তিকার বুনট যতো ভারি হয় চুনের পরিমাণ ততো বাড়িয়ে দিতে হয়। বেলে মৃত্তিকার চেয়ে এঁটেল মৃত্তিকার চুন প্রয়োজনীয়তা প্রায় দ্বিগুণ। মৃত্তিকার অম্লমান যতো কম মাত্রায় থাকে চুনের পরিমাণ ততো বৃদ্ধি পায়। কোনো মৃত্তিকার অম্লমান ৬.০ থেকে ৬.৪ এ বাড়াতে যে পরিমাণ চুন প্রয়োজন মৃত্তিকার অম্লমান ৪.৫ থেকে ৪.৯ এ উন্নীত করতে প্রায় ৩ গুণ বেশি চুন প্রয়োজন।

ফসলের চুন প্রয়োজনীয়তা

ফসলের মধ্যে সাধারণভাবে বার্লি, তুলা, শিম, মটর, সয়াবিন, সুগারবিট ও সূর্যমূখীর চুন প্রয়োজনীয়তা বেশি। ভুট্টা, সরগম, চীনাবাদাম, মিষ্টি আলু, তামাক, গম, যই, গোল আলু, ধান ও রাইয়ের চুন প্রয়োজনীয়তা মধ্যম এবং আনারস ও ব্লু বেরির চুন প্রয়োজনীয়তা কম। চুনদ্রব্যের প্রশমন মান–ক্যালসাইট–১০০, ডলোমাইট–১০৫, গুঁড়াচুন–১৭৮, ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট–১২০, কলিচুন–১৩৪।

সারণি ৩৩ : মৃত্তিকার চুন প্রয়োজনীয়তা (টন/হেক্টর ক্যালসিয়াম কার্বনেট সমাঙ্ক)

মৃত্তিকা বাফার অবলম্বের pH	চুন দেওয়ার পর কাঙ্ক্ষিত অম্লমান		
	৬.০	৬.৪	৬.৮
৬.৭	২.৫	৩.০	৩.৫
৬.৬	৩.৫	৪.৩	৪.৮
৬.৫	৪.৫	৫.৫	৬.৩
৬.৪	৫.৮	৬.৮	৭.৮
৬.৩	৬.৮	৮.০	৯.৩
৬.২	৭.৮	৯.৩	১০.৫
৬.১	৮.৮	১০.৫	১২.০

৬.০	৯.৭	১১.৮	১৩.৫
৫.৯	১১.০	১৩.০	১৫.০
৫.৮	১২.০	১৪.৩	১৬.৩
৫.৭	১৩.০	১৫.৫	১৭.৮
৫.৬	১৪.০	১৬.৮	১৯.৩
৫.৫	১৫.০	১৮.০	২০.৭
৫.৪	১৬.২	১৯.৩	২২.৩
৫.৩	১৭.৩	২০.৫	২৩.৫
৫.২	১৮.৫	২১.৫	২৫.০
৫.১	১৯.৫	২২.৮	২৬.৫
৫.০	২০.৫	২৪.০	২৮.০
৪.৯	২১.৫	২৫.৩	২৯.৫
৪.৮	২২.৮	২৬.৫	৩১.০

ক. রাসায়নিক রূপান্তর :

যে প্রকার বা আকারেই চুন প্রয়োগ করা হোক, তা মৃত্তিকাতে রাসায়নিকভাবে রূপান্তরিত হয়। নিচে কয়েকটি বিক্রিয়া উল্লেখ করা হলো।

$$CaO + H_2O + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$$

উপরের বিক্রিয়াসমূহ থেকে দেখা যায় মৃত্তিকাতে অক্সাইড, হাইড্রোক্সাইড বা কার্বনেট যে আকারেরই চুন হোক না কেন তা পানি ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাথে মিশে বাইকার্বনেট উৎপন্ন করে।

খ. মৃত্তিকা কলয়ডের সাথে বিক্রিয়া

অম্ল মৃত্তিকাতে প্রয়োগ করার পর চুনের ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম উপশোষিত হয় অথবা হাইড্রোজেন বা এলুমিনিয়াম প্রতিস্থাপিত করে। যেমন —

$$\begin{matrix}H^+\\H^+\end{matrix}\boxed{\text{মাইসিলি}} + Ca(OH)_2 \rightleftarrows Ca^{++}\boxed{\text{মাইসিলি}} + 2H_2O$$

$$\begin{matrix}H^+\\H^+\end{matrix}\boxed{\text{মাইসিলি}} + Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows Ca^{++}\boxed{\text{মাইসিলি}} + 2H_2O + 2CO_2$$

$$\begin{matrix}H^+\\H^+\end{matrix}\boxed{\text{মাইসিলি}} + CaCO_3 \rightleftarrows Ca^{++}\boxed{\text{মাইসিলি}} + H_2O + CO_2$$

চুন দ্রব্যের সমাংক হিসাব : বিভিন্ন চুন দ্রব্যের রাসায়নিক গঠন ও কার্যকারিতা ভিন্ন হওয়ায় হিসাবের সুবিধার জন্য সকল চুন দ্রব্যকে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের প্রশমন মানের ভিত্তিতে সমাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

[$CaCO_3$ = ৪০ + ১২ + ৪৮ = ১০০]

একটি সমস্যা সমাধানের মাধ্যমে বিষয়টি এখানে তুলে ধরা হলো।

সমস্যা

কোনো দোঁ-আশ মৃত্তিকার অম্লমান ৫.২। এই অম্লমান ৬.৮ এ উন্নীত করতে ১০ টন ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন। কিন্তু বাজারে বেসিক স্ল্যাগ সস্তা। তাই বেসিক স্ল্যাগ প্রয়োগ করতে হলে কত টন প্রয়োগ করতে হবে ?

সমাধান

১ টন ক্যালসিয়াম কার্বনেট = $\frac{১০০}{\text{দ্রব্যের প্রশমন মান}}$ (বেসিক স্ল্যাগ)

$= \frac{১০০}{৭০}$

১০ টন ক্যালসিয়াম কার্বনেট $= \frac{১০০ \times ১০}{৭০} = ১৪.৩$ টন।

চুনের সমাঙ্ক ও হিসাব নির্ণয়

পোড়া চুনের (CaO) ক্যালসিয়াম কার্বনেট সমাঙ্ক

আণবিক (molecular) অনুপাত $\frac{CaCO_3}{CaO} = \frac{১০০}{৫৬} = ১.৭৮৬$ / কেজি

১০০ কেজি = ১৭৮.৬

$CaCO_3$ এর Ca সমাঙ্ক $= \frac{Ca}{CaCO_3} = \frac{৪০}{১০০} = 0.৪০$

$CaCO_3$ এর CaO সমাঙ্ক $= \frac{CaO}{CaCO_3} = \frac{৫৬}{১০০} = 0.৫৬$

$MgCO_3$ এর CaO সমাঙ্ক $= \frac{CaO}{MgCO_3} = \frac{৫৬}{৮৪} = 0.৬৭$

$MgCO_3$ এর $CaCO_3$ সমাঙ্ক $= \frac{CaCO_3}{MgCO_3} = \frac{১০০}{৮৪} = ১.১৯$

$MgCO_3$ এর Mg সমাঙ্ক $= \frac{Mg}{MgCO_3} = \frac{২৪}{৮৪} = 0.২৯$

MgO এর Mg সমাঙ্ক $= \frac{Mg}{MgO} = \frac{২৪}{৪০} = 0.৬০$

ষষ্ঠ অধ্যায়

চুনযুক্ত মৃত্তিকা ও লোনা মৃত্তিকা

কোনো মৃত্তিকার অম্লমান ৭-এর বেশি হলে একে ক্ষার মৃত্তিকা বলে। মৃত্তিকাতে প্রাকৃতিকভাবে ক্যালসিয়াম কার্বনেট (ম্যাগনেসিয়ামসহ) বেশি থাকলে তাকে চুনযুক্ত মৃত্তিকা বলে। শুষ্ক ও অব-শুষ্ক অঞ্চলে বৃষ্টিপাত কম হয় বলে সেখানকার মৃত্তিকাতে ক্ষার দ্রব্যের চুয়ানী অপচয় কম হয়। এসব ক্ষার দ্রব্য মৃত্তিকার উপর স্তরে জমা হয়ে মৃত্তিকার ক্ষারত্ব বাড়ায়। মৃত্তিকাতে প্রাকৃতিকভাবে চুনাপাথর, শামুক, ঝিনুক উৎস থেকে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ বেশি থাকলে একে চুনযুক্ত মৃত্তিকা বলে। চুনযুক্ত মৃত্তিকার অম্লমান ৭.০ থেকে ৮.৫ পর্যন্ত হতে পারে। বাংলাদেশের গঙ্গা প্লাবনভূমি অঞ্চলে চুনযুক্ত মৃত্তিকা রয়েছে।

ক্ষার ও চুনযুক্ত মৃত্তিকার কলয়ড বিনিময়ী অবস্থায় অধিক হারে Ca^{++} এবং Mg^{++} উপশোষিত থাকে। তবে Na^{+} এবং K^{+} আয়নের পরিমাণও অম্ল মৃত্তিকা ও অম্ল মৃত্তিকার চেয়ে বেশি থাকে। এই মৃত্তিকাতে Al. Fe এবং Mn এর পরিমাণ কম থাকে। অব-শুষ্ক অঞ্চলে বৃষ্টিপাতের তীব্রতাভেদে মৃত্তিকার উপর স্তরের চেয়ে নিম্নস্তরে ক্যালসিয়াম কার্বনেট বেশি থাকতে পারে।

১। চুনযুক্ত (Calcareous) মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য

চুনযুক্ত ক্ষার মৃত্তিকার প্রধান প্রধান বৈশিষ্ট্য নিচে উল্লেখ করা হলো —

১. আয়ন বিনিময় প্রক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের প্রাধান্য থাকে।

২. মৃত্তিকাতে লোহা, এলুমিনিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ ও দস্তার পরিমাণ কম থাকে।

৩. পানি সেচের ফলে বা অতিবৃষ্টিতে দিনে দিনে উপর স্তরের মৃত্তিকার অম্লমান কমে যেতে পারে।

৪. অম্লমান ৭.০ এর বেশি হয়ে থাকে।

৫. মৃত্তিকা নমুনায় হাইড্রোক্লোরিক এসিড দিলে বুদবুদের মতো কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

৬. চুনযুক্ত মৃত্তিকাতে দস্তা সার দিলে তা মৃত্তিকা কণায় আবদ্ধ হয়ে যেতে পারে, তাই কিলেট দস্তা সার ব্যবহার করতে হয়।

৭. চুনযুক্ত মৃত্তিকাতে নাইট্রোজেনের অপচয় বেশি হতে পারে।

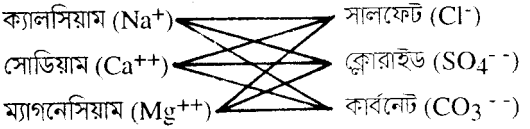
$$\text{ইউরিয়া} \rightarrow NH_4OH \xrightarrow{\text{উদ্বায়ন}} N_2O + NH_3\uparrow$$

সারণি ৩২ : বাংলাদেশের চুনযুক্ত মৃত্তিকার বিবরণ

মৃত্তিকা অঞ্চলের নাম	জমির পরিমাণ (হাজার হেক্টর)	অম্লমান (pH)
সক্রিয় গঙ্গা প্লাবনভূমি	৩৩০	৭.৫–৮.৪
উচ্চ গঙ্গা প্লাবনভূমি	১৩২০	৭.৪–৮.০
নিম্ন গঙ্গা প্লাবনভূমি	২০০	৭.৩–৭.৯
গঙ্গা জোয়ার প্লাবনভূমি	১৭০০	৭.৫–৮০
বিবিধ ক্রান্তীয় এলাকা	১০০	৭.৩–৭.৭
মোট	২৬৫০	

২। লোনা মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য

কোনো মৃত্তিকাতে দ্রবীভূত অবস্থায় সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড, সালফেট ও কার্বনেট লবণের আধিক্য থাকলে তাকে লোনা মৃত্তিকা বলে।



[NaCl, Na_2SO_4, Na_2CO_3, $CaCl_2$, $CaSO_4$, $CaCO_3$, $MgCl_2$, $MgSO_4$, $MgCO_3$]= ৯টি যৌগ।

মৃত্তিকাতে এসব লবণের প্রধান প্রধান উৎস হচ্ছে (স্বল্প বৃষ্টিপাতের স্থানে)

১. সামুদ্রিক লোনা পানি ;

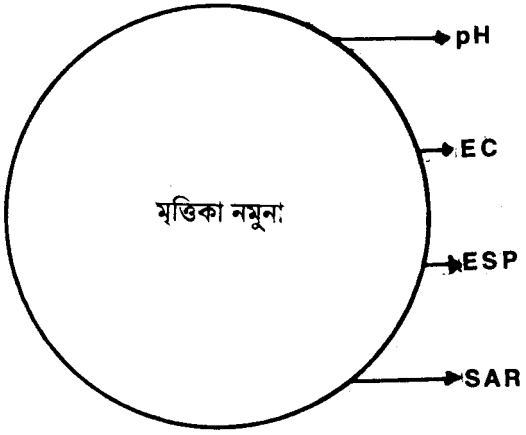
২. লবণাক্ত সেচ পানি ;

৩. ক্ষার লবণযুক্ত উৎস শিলা ও খনিজ।

মৃত্তিকার দ্রবণে এসব লবণ যৌগের ঘনত্ব বেশি থাকলে তা অধিকাংশ উদ্ভিদ সহ্য করতে পারে না, ফলে ফসলের ফলন কম হয় বা অনেক গাছ মরে যায়। লবণাক্ততা বিভিন্নভাবে গাছের বৃদ্ধি বিঘ্নিত করতে পারে। যেমন —

১. অতিরিক্ত (বিভিন্ন) লবণ গাছের ক্ষতি করে।

২. অতিরিক্ত সোডিয়াম (Na^+) আয়ন গাছের ক্ষতি করে। বিশেষ করে Ca^{++} ও Mg^{++} এর তুলনায় Na^{++} এর পরিমাণ বেশি হলে।



চিত্র ৫১ : লোনা মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য নির্ণয় ছক

মৃত্তিকা লবণাক্ততা পরিমাপ

লোনা মত্তিকার বৈশিষ্টপূর্ণ দিকগুলো ব্যাখ্যা বিশ্লেষণের জন্য মৃত্তিকার বিভিন্ন রাসায়নিক গুণাবলী পরিমাপ করতে হয়। পরিমাপের জন্য রাসায়নিক গুণাবলীর মধ্যে উল্লেখযোগ্য হচ্ছে —

১. **অম্লমান** (pH) : লোনা মৃত্তিকার অম্লমান ৭.০ এর বেশি হয়। এর অম্লমান সর্বোচ্চ ১০০ পর্যন্ত হতে পারে।

২. **বৈদ্যুতিক পরিবাহিতা** (Electrical Conductivity বা EC) : পরিমাপের একক EC (ds/m—decisiemens permenter) সর্বোচ্চ ১০০ পর্যন্ত হতে পারে।

৩. **সোডিয়ামের পরিমাণ বা বিনিময়ী সোডিয়াম (%)** (Exchangeable sodium percentage — ESP) :

$$\text{বিনিময়ী সোডিয়াম \% (ESP)} = \frac{\text{বিনিময়ী সোডিয়াম (Cmol/Kg)}}{\text{ধনাত্মক আয়ন বিনিময় ক্ষমতা (Cmol/Kg)}}$$

৪. **সোডিয়াম পরিশোষণ অনুপাত** (Sodium Absorption Ratio, SAR) : মৃত্তিকাতে Na^+, Ca^{++} ও Mg^{++} তুলনামূলক ঘনত্ব সোডিয়াম পরিশোষণ অনুপাতের (SAR) তথ্য থেকে জানা যায়। সোডিয়াম পরিশোষণ অনুপাত নির্ণয়ের সূত্র হচ্ছে —

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}[(Ca^{++}) + (Mg^{++})]}}$$

বর্তমানে সেচের পানির লবণাক্ততা পরিমাপ ও মৃত্তিকাতে লবণের তীব্রতা পরিমাপের জন্য SAR এর ব্যবহার বাড়ছে।

৩। লোনা মৃত্তিকা শ্রেণিকরণ

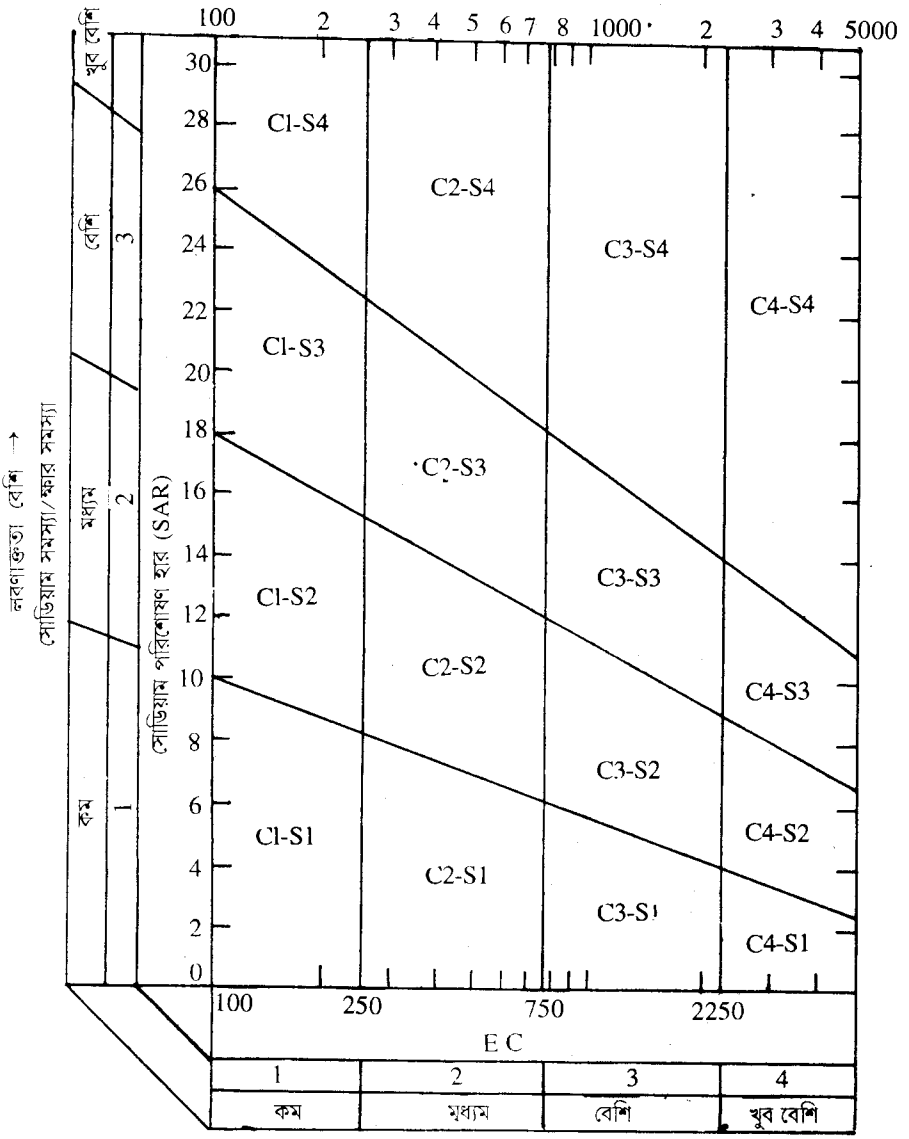
লোনা মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্য নিরূপণের পরিমাপ একক যথা — অম্লমান (pH), বিদ্যুৎ পরিবাহিতা (EC), বিনিময়ী সোডিয়াম % (ESP) এবং সোডিয়াম পরিশোষণ অনুপাত (SAR) অনুসারে লোনা মৃত্তিকাকে প্রধান তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যথা —

১. লোনা মৃত্তিকা (Saline soils)
২. লোনা সোডিক মৃত্তিকা (Saline-sodic soils)
৩. সোডিক মৃত্তিকা (Sodic soils)

এই তিন প্রকার মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্যসমূহ সংক্ষেপে ৩৩ সংখ্যক সারণিতে উল্লেখ করা হলো :

সারণি ৩৩ : লোনা মৃত্তিকার তুলনামূলক রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য

মৃত্তিকা	অম্লমান (pH)	E C (ds/.m)	SAR/ESP
সাধারণ মৃত্তিকা	৬.৫–৭.২	<৪	<১৩/<১৫
অম্ল মৃত্তিকা	<৬.৫	<৪	<১৩/<১৫
লোনা মৃত্তিকা	<৮.৫	>৪	<১৩/<১৫
লোনা–সোডিক মৃত্তিকা	<৮.৫	>৪	>১৩/>১৫
সোডিক মৃত্তিকা	>৮.৫	<৪	>১৩/>১৫



চিত্র ৫২ : লোনা মৃত্তিকা শ্রেণিকরণ ছক

লোনা মৃত্তিকা

কোনো মৃত্তিকাতে প্রশম দ্রবীভূত লবণের পরিমাণ বেশি থাকলে এবং তা অধিকাংশ ফসলের বৃদ্ধি ব্যাহত করলে তাকে লোনা মৃত্তিকা বলে।

লবণাক্ত মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্যগুলো হচ্ছে —

১. . অম্লমান (pH) < ৮.৫
২. বিদ্যুৎ পরিবাহিতা (EC) > ৪ (ds/m)
৩. বিনিময়ী সোডিয়াম ٪ (ESP) < ১৫
৪. সোডিয়াম পরিশোষণ অনুপাত (SAR) < ১৩

লোনা মৃত্তিকাকে অনেক সময় সাদা ক্ষার (white alkali) মৃত্তিকাও বলা হয়, কারণ মৃত্তিকার উপর স্তরে লবণ জমা হয়ে একটি পাতলা সাদা আস্তরণ সৃষ্টি করায় মৃত্তিকাকে সাদা দেখায়।

লোনা মৃত্তিকার প্রধান লবণ হচ্ছে — ক্লোরাইড ও সালফেট। এসব লবণ প্রশম ধরনের বলে মৃত্তিকার অম্লমান ৮.৫ এর কম থাকে। লোনা মৃত্তিকাতে Ca^{++} ও Mg^{++} এর চেয়ে Na^{+} এর পরিমাণ বেশি হতে পারে তবে এর অনুপাত ১৩ এর কম থাকে।

লবণাক্ত সোডিক মৃত্তিকা

কোনো মৃত্তিকাতে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ প্রশম দ্রবীভূত লবণ এবং যথেষ্ট সোডিয়াম আয়ন থাকলে, যাতে অধিকাংশ গাছের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়, তাকে লোনা সোডিক মৃত্তিকা বলে। লোনা-সোডিক মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্যসমূহ নিচে উল্লেখ করা হলো :

১. অম্লমান (pH) ৮.৫ বা এর কম ;
২. বিদ্যুৎ পরিবাহিতা (EC) ৪ (ds/m) এর বেশি ;
৩. বিনিময়ী সোডিয়াম ٪ (ESP) ১৫ এর বেশি ;
৪. সোডিয়াম পরিশোষণ অনুপাত (SAR) ১৩ বা এর বেশি।

সোডিক মৃত্তিকা

যে মৃত্তিকাতে প্রশম দ্রবীভূত লবণ কম থাকে অথচ অতিরিক্ত পরিমাণ Na^{+}, HCO_3^{-} এবং OH^{-} আয়ন থাকে তাকে সোডিক মৃত্তিকা বলে। এই মৃত্তিকার বৈশিষ্ট্যগুলো নিচে উল্লেখ করা হলো :

১. অম্লমান (pH) -- ৮.৫-১০.০ ;
২. বিদ্যুৎ পরিবাহিতা (EC) -- ৪ (ds/m) এর কম ;
৩. বিনিময়ী সোডিয়াম ٪ (ESP) -- ১৫ এর বেশি ;
৪. সোডিয়াম পরিশোষণ অনুপাত (ESP) -- ১৩ বা এর বেশি।

সোডিক মৃত্তিকাতে সোডিয়াম কার্বনেট বিযোজিত হয়ে মৃত্তিকার অম্লত্ব বাড়িয়ে দেয়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

$$2Na^+ + CO_3^{--} + H_2O \rightleftarrows 2Na^+ + HCO_3^- + OH^-$$

অতিরিক্ত সোডিয়ামের উপস্থিতির ফলে তঞ্চত্ (deflouculation) প্রক্রিয়ায় মৃত্তিকার সংযুতি ভেঙে যায়। ফলে মৃত্তিকাতে চাপবদ্ধতা (compactness) বা দৃঢ়তা বেড়ে যায়।

সোডিক মৃত্তিকার অম্লমান বেশি এবং সোডিয়ামের পরিমাণ খুবই বেশি থাকায় মৃত্তিকার হিউমাস তঞ্চিত হয়ে কৈশিক নালী দিয়ে মৃত্তিকার উপরে এসে কালো আবরণ তৈরি করে এবং সোডিক মৃত্তিকাকে কালো ক্ষার মৃত্তিকা (black alkali) বলে।

৪। লোনা মৃত্তিকা ব্যবস্থাপনা

বিভিন্ন উপায়ে লোনা মৃত্তিকার ব্যবস্থাপনা সম্পাদন করা যায়। যথা —

১. **মৃত্তিকা ব্যবস্থাপনা**

(ক) মৃত্তিকা পরিশোধন ; (খ) মৃত্তিকা পরিচর্যা ; (গ) লোনা প্রতিরোধ।

২. **কৃষিতাত্ত্বিক ব্যবস্থাপনা**

(ক) পরিচর্যা ; (খ) ফসল নীতি।

৩. **পরোক্ষ ব্যবস্থাপনা**

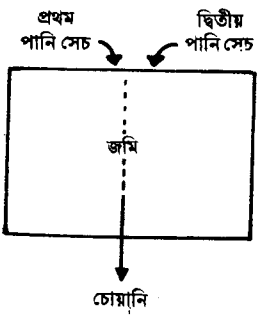
মৃত্তিকা ব্যবস্থাপনা

মৃত্তিকা ব্যবস্থাপনা সম্পর্কে নিচে আলোচনা করা হলো।

মৃত্তিকা পরিশোধন : মৃত্তিকার লবণাক্ততা ব্যবস্থাপনার জন্য নিম্নরূপ মৃত্তিকা পরিশোধন (Reclamation) পদ্ধতি অবলম্বন করা যায়।

১. **দূরীকরণ** (Eradication) : লোনা জমি থেকে লবণ দ্রব্য অপসারণকে দূরীকরণ বলে। দূরীকরণ বলতে এখানে লবণ দূরীকরণ বলে (removal of salts)। দূরীকরণ পদ্ধতির প্রধান প্রধান ধাপ হচ্ছে —

(১) জমিতে পর্যাপ্ত পানি সরবরাহ করা ; (২) নালা কেটে অতিরিক্ত পানি অপসারণের বা চুয়ানীর সুযোগ সৃষ্টি করা।



কোনো জমিতে পানি দিয়ে তা পূর্ণ চুয়ানীর ব্যবস্থা করে পুনরায় পানি দিলে লবণ দূরীকরণ সন্তোষজনক হয়।

সেচযুক্ত জমিতে এই পদ্ধতিতে লবণ দূরীকরণ করতে হলে সেচের পানিতে যাতে লবণ না থাকে, বিশেষ করে সোডিয়াম (Na^+) না থাকে সেদিকে খেয়াল রাখতে হবে।

দূরীকরণ পদ্ধতি ব্যবহারোপযোগী জমির নিম্নরূপ বৈশিষ্ট্য থাকতে হবে ; যথা —

২. দ্রবীভূত লবণ প্রশম হবে এবং তাতে বেশি পরিমাণ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম থাকতে হবে। অবশ্য সামান্য পরিমাণ বিনিময়ী সোডিয়ামও থাকতে হবে।

দূরীকরণ পদ্ধতিতে লোনা মৃত্তিকা পরিশোধন করা যায়। মৃত্তিকাতে লবণের মধ্যে সোডিয়ামের পরিমাণ কম থাকলে এবং মৃত্তিকাতে পানির চুয়ানীর হার বেশি হলে লোনা–সোডিক, মৃত্তিকা এমন কি সাবধানতার সাথে স্বল্পমাত্রায় সোডিক মৃত্তিকাও দূরীকরণ পদ্ধতিতে পরিশোধন করা যায়।

লবণাক্ত সোডিক মৃত্তিকাতে পর্যাপ্ত Ca^{++} ও Mg^{++} না থাকলে সে জমিতে চুয়ানী ঘটালে মৃত্তিকার অম্লমান বেড়ে যায়। চুয়ানীর প্রশম দ্রবীভূত লবণসমূহ অপসারিত হওয়ার ফলে সোডিয়াম বিযোজিত হয়ে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। ফলে মৃত্তিকার অম্লমান বেড়ে যায়। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে উল্লেখ করা যায়।

$$Na^+ \boxed{\text{মাইসিলি}} + H_2O \rightleftarrows \underset{\text{মৃত্তিকা দ্রবণ}}{H^+} \boxed{\text{মাইসিলি}} \underset{\text{মৃত্তিকা দ্রবণ}}{Na^+} + OH^-$$

মৃত্তিকাতে Na^+সহ দ্রবীভূত লবণ থাকলে অম্লমান বাড়ে না, কিন্তু দ্রবীভূত লবণ অপসারিত হয়ে গেলে Na^+ মৃত্তিকা দ্রবণে বিযোজিত হতে থাকে এবং অম্লমান বেড়ে যায়। মৃত্তিকার অম্লমান বেড়ে এর সংযুতি বিচ্ছুরিত হয়ে মৃত্তিকা চাপবদ্ধ হওয়ায় পানির চুয়ানী কমে যায়। সাথে সাথে গাছে Na^+ বিষাক্ততা বেড়ে গিয়ে তা ক্ষতিগ্রস্থ হয়।

রূপান্তর (Conversion)

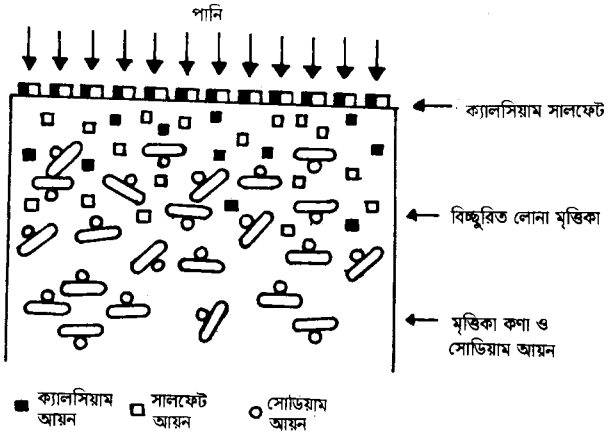
মৃত্তিকাতে জিপসাম প্রয়োগ করে মৃত্তিকা থেকে সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে সোডিয়াম সালফেটে রূপান্তর ঘটিয়ে তা দূর করাকে রূপান্তর পদ্ধতি বলে। বিষয়টি ৫৪ সংখ্যক চিত্রে দেখানো হয়েছে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

(ক) $2NaHCO_3 + \underset{\text{জিপসাম}}{CaSO_4} \rightarrow CaCO_3 + Na_2SO_4 + CO_2$

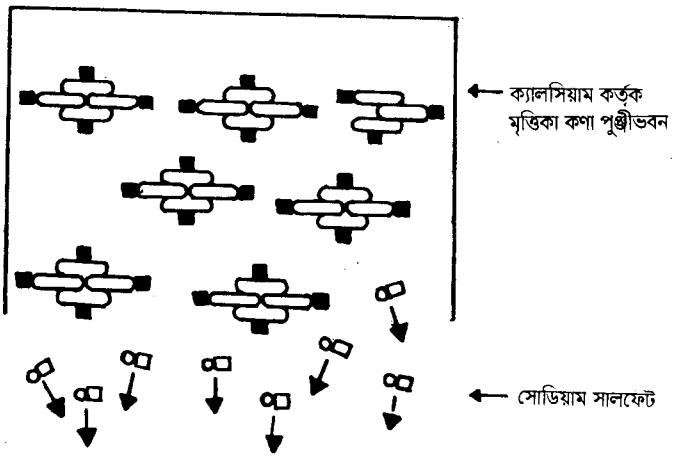
(খ) $Na2CO_3 + CaSO_4 \rightleftharpoons CaCO_3 + Na_2SO_4$

(গ) $\begin{matrix}Na^+\\Na^+\end{matrix}\boxed{\text{মাইসিলি}} + \underset{\text{জিপসাম}}{CaSO_4} \rightleftharpoons Ca^{++} \boxed{\text{মাইসিলি}} + \underset{\text{চুয়ানীযোগ্য}}{Na_2SO_4}$

লবণাক্ত সেডিক ও সোডিক মৃত্তিকাতে জিপসাম প্রয়োগ করে সরাসরি পানি দিয়ে চুয়ানী ঘটালে মৃত্তিকা থেকে বাইকার্বনেট ও কার্বনেট অপসারিত হয়ে সোডিয়ামের বিযোজন (hydrolysis) ঘটবে যা মৃত্তিকা ও ফসলের জন্য ক্ষতিকর হতে পারে (বিক্রিয়াসমূহ ইতোপূর্বে দূরীকরণ অংশে উল্লেখ করা হয়েছে)। রূপান্তর পদ্ধতিতে মৃত্তিকাতে হেক্টর প্রতি কয়েক টন জিপসাম প্রয়োগ করে তা মৃত্তিকার সাথে মিশিয়ে দিতে হয়। এসময়ে মৃত্তিকাতে পরিমিত আর্দ্রতা থাকতে হবে।



চিত্র ৫৩ : লোনা জমিতে পানি ও ক্যালসিয়াম সালফেট দিয়ে পরিশোধন।



চিত্র ৫৪ : লোনা জমি পরিশোধন:সোডিয়াম সালফেটের অপসারণ

এ ধরনের জমিতে পর্যাপ্ত পানি দিয়ে মৃত্তিকাতে চুয়ানী ঘটাতে হবে যাতে মৃত্তিকা থেকে সোডিয়াম সালফেট অপসারিত হয়।

মৃত্তিকাতে জিপসামের বদলে উপাদানিক সালফার (S) বা সালফিউরিক এসিড প্রয়োগ করেও সোডিয়াম কার্বনেটকে সোডিয়াম সালফেটে রূপান্তরিত করা যায়। বিক্রিয়াগুলো নিম্নরূপ :

$$S + O_2 \xrightarrow{\text{অণুজৈবিক জারণ}} SO_4 \rightarrow H_2SO_4$$

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4$$

$$\begin{matrix} Na^+ \\ Na^+ \end{matrix}\boxed{\text{মাইসিলি}} + H_2SO_4 \rightleftharpoons \begin{matrix} H^+ \\ H^+ \end{matrix}\boxed{\text{মাইসিলি}} + Na_2SO_4$$

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট বা কার্বনেটের চেয়ে সোডিয়াম সালফেট লবণ অনেক মৃদু। এছাড়া পানি প্রয়োগ করলে চুয়ানীতে সোডিয়াম সালফেট সহজেই অপসারিত হয়ে যায়।

নিয়ন্ত্রণ (Control)

মৃত্তিকার লবণাক্ততা যাতে উদ্ভিদ বৃদ্ধি ব্যাহত করার পর্যায়ে না পৌঁছে সে লক্ষ্যে বিভিন্ন ব্যবস্থাপনা দ্বারা মৃত্তিকাতে লবণের মাত্রায় ভারসাম্য রক্ষা করার পদ্ধতিকে নিয়ন্ত্রণ বলে। মৃত্তিকা লবণাক্ততা নিয়ন্ত্রণের জন্য যেসব বিষয়ের প্রতি যত্নবান হতে হবে তারমধ্যে প্রধান প্রধান হচ্ছে —

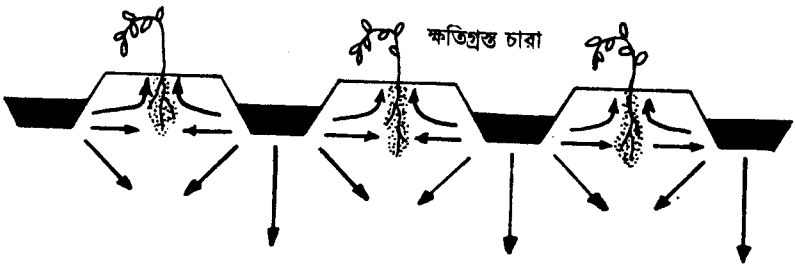
১. মৃত্তিকাতে বাষ্পায়ন হ্রাস করা যাতে নিচের লবণ উপরে উঠে না আসে।

২. জমিতে অল্প পরিমাণে তবে ঘন ঘন সেচ দেওয়া, যাতে মৃত্তিকাতে লবণের ঘনত্ব কম হয়। কারণ পানির উপস্থিতিতে লবণ তরলীকৃত হয়।

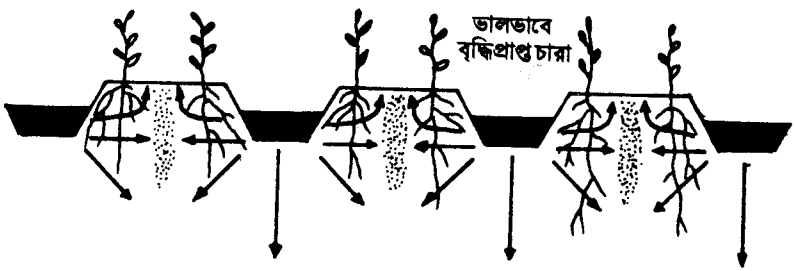
৩. গ্রীষ্মকালে সেচ নিয়ন্ত্রণ করা, যাতে কোনো অবস্থায় শুষ্কতার কারণে মৃত্তিকাতে লবণের ঘনত্ব না বাড়ে।

৪. মৃত্তিকার অম্লমান যাতে কম থাকে সেজন্য সেচের পানিতে সালফিউরিক এসিড মিশিয়ে দেওয়া যায়।

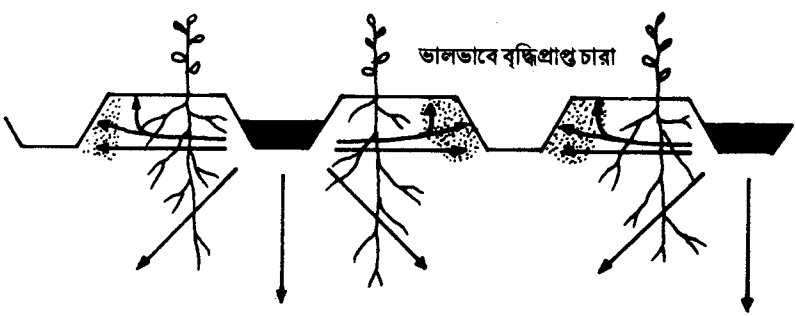
৫. লবণ সহ্যশীল ফসল ও ফসলের জাত ব্যবহার করা ফসলের নাম এবং তার তালিকা উল্লেখ করা হলো।



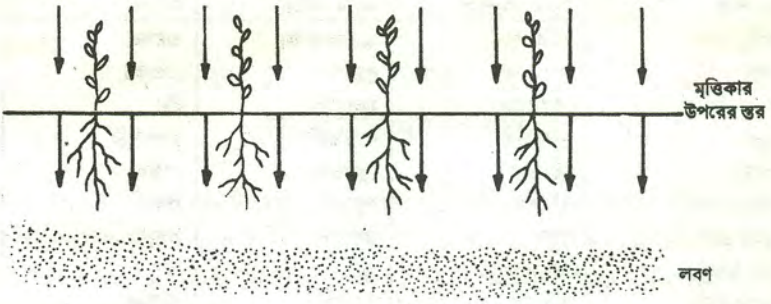
চিত্র ৫৫ : একক সারির ভেলির পানিতে গাছ ক্ষতিগ্রস্থ



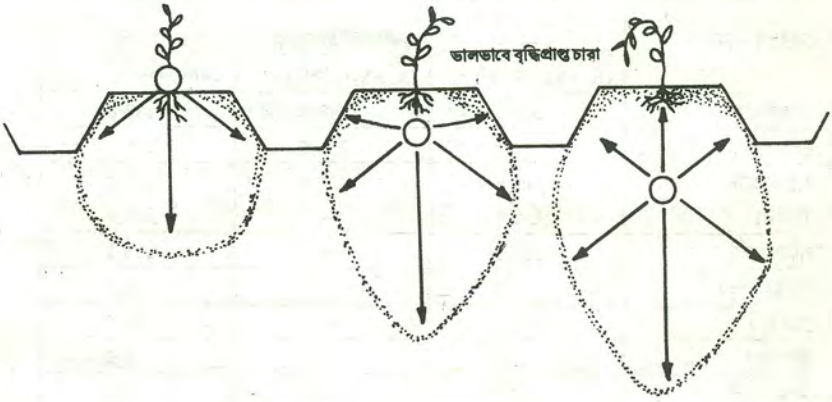
চিত্র ৫৬ : ভেলির পাশে রোপিত চারার বৃদ্ধি ভাল



চিত্র ৫৭ : ভেলির একপাশে রোপিত চারার বৃদ্ধি ভাল



চিত্র ৫৮ : সেচের পানিতে লবণের চুয়ানী ও চারা বৃদ্ধি



চিত্র ৫৯ : পানির সরাসরি চুয়ানী চারার বৃদ্ধি ভাল

সারণি ৩৪ : লোনা জমিতে ফসলের সহনশীলতা

সহ্যশীল	মধ্যম সহ্যশীল	মধ্যম কাতর	কাতর
বার্লি, দানা	বার্লি, গাছ	আলফাল ফা	আপেল
দুর্বা	বাগান বিট	ব্রড বিন	এপ্রিকট
বাগান বিলাস	ব্রোকোলি	ফুলকপি	বীন
তুলা	ব্রোম ঘাস	বাধা কপি	ব্ল্যাকবেরি
খেজুর	ক্লোভার	ক্লোভার	গাজর
নেটাল প্লাস	বারশিম	স্ট্রবেরি	সিলারি
মুটল এলকালি	ডুমুর	লেডিনো	আঙুর
ঘাস (এলি)	অর্চাড ঘাস	ভুট্টা	লেবু
রেস্কু ঘাস	অট, যব	কার্ডপি	পেঁয়াজ
রোজ মেরি	রাই, গাছ	শসা	কমলা
সুগারবিট	সরগাম	লেটুস	পীচ
লবণ ঘাস	সুদান ঘাস	মটর	পিয়ার
গম ঘাস	ট্রিফয়েল	চিনাবাদাম	আনারস
বন রাই	কাকপায়া	ধান	পেয়ারা
	গম	সয়াবিন	গোলআলু
	গম ঘাস	সুইট ক্লোভার	রাস্পবেরি
		টিমোথি	গোলাপ
			স্ট্রবেরি
			টমেটো

সারণি ৩৫ : বাংলাদেশে উপকূলবর্তী এলাকায় লোনা মৃত্তিকার বিস্তৃতি (হাজার হেক্টর)*

জেলার নাম	লবণাক্ততা (ds/m)		
	(S_1+S_2) (২–৮)	(S_3+S_4) (>৮)	মোট জমি
সাতক্ষীরা	১০০.১	৪৪.৩	১৪৪.৪
খুলনা	৯৪.৩	২৩.৫	১১৭.৮
বাগেরহাট	১০৫.৪	২.৫	১০৭.৯
বরগুনা	১০৩.৫	—	১০৩.৫
পটুয়াখালী	১১৪.১	—	১১৪.১
পিরোজপুর	২০.২	—	২০.২
ভোলা	৪০.২	—	৪০.২
চাঁদপুর	১.৫	—	১.৫
নোয়াখালী	৪৪.১	৩.৪	৪৭.৫
ফেনী	৮.৩	০.৭	৯.০
চট্টগ্রাম	৩১.৪	১২.২	৪৩.৬
কক্সবাজার	২২.৩	৪১.২	৬৪.৫
মোট	৬৮৬.৫	১২৭.৭	৮১৪.২

*উৎস : The collection and Analysis of land degradation data, Asian Network on Problem Soil

সপ্তম অধ্যায়

জলাবদ্ধ ভূমির বৈশিষ্ট্য

বাংলাদেশের প্রায় আট কোটি হেক্টর জমি অতিবৃষ্টি, বন্যা ও সেচের কারণে বছরে ৩ থেকে ৫ মাস জলাবদ্ধ থাকে। এসব জমিকে ধান জমিও বলা হয়। বৈজ্ঞানিক বিবেচনায় উঁচু জমি বা প্লাবনমুক্ত জমি ও জলাবদ্ধ জমির ভৌত, রাসায়নিক ও জৈবিক বৈশিষ্ট্য ভিন্ন। তাই জলাবদ্ধ জমির ব্যবস্থপনা জানা খুবই দরকার। এই অধ্যায়ে তাই জলাবদ্ধ জমির রাসায়নিক বৈশিষ্ট্যসমূহ আলোচনা করা হলো। কোনো একটি উঁচু বা শুকনো জমি প্লাবিত হওয়ার সাথে এর ভৌত রাসায়নিক ও জৈবিক বৈশিষ্ট্যে বিশেষ বিশেষ পরিবর্তন আসতে শুরু করে। আলোচনার সুবিধার জন্য এ অধ্যায়ে বিষয়টি নিয়ে পৃথকভাবে আলোচনা করা হলো। অবশ্য অনেকগুলো বৈশিষ্ট্য ভৌত, রাসায়নিক ও জৈবিক বৈশিষ্ট্যের সাথে পারস্পরিক সম্পর্কযুক্ত।

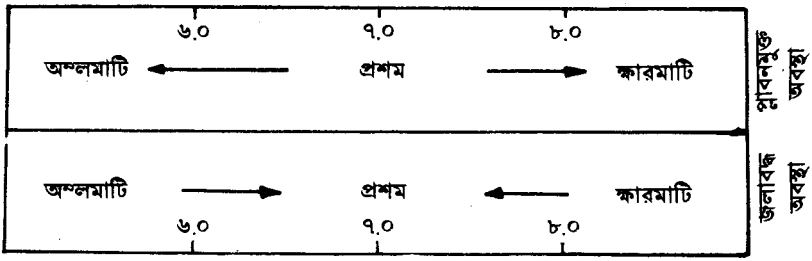
১. জলাবদ্ধ জমির ভৌত-রাসায়নিক বৈশিষ্ট্য

কোনো জমি জলাবদ্ধ হওয়ার পর নিম্নরূপ গুণাবলী পরিবর্তিত হতে থাকে, যথা —

১. অম্লমান ;
২. জারণ-বিজারণ বিভব (Redox-Potential) ;
৩. নাইট্রোজেন ;
৪. লোহা, ম্যাঙ্গানিজ ও এলুমিনিয়াম ;
৫. ফসফরাস ও সালফার ;
৬. গৌণ উপাদান ও বিষাক্ত যৌগে পরিবর্তন ;

১. জলাবদ্ধ জমির অম্লমান পরিবর্তন

যে কোনো মৃত্তিকা প্লাবিত হওয়ার পর এর অম্লমান পরিবর্তিত হয়ে প্রশম পর্যায়ে আসতে থাকে।



পূর্বে অম্লমান যতোই থাকুক না কেন কোন জমি জলাবদ্ধ হওয়ার পর কিছুদিনের মধ্যে অম্লমান সাধারণত ৬.৫ থেকে ৭.৫এর মধ্যে চলে আসে। এটাকে জলাবদ্ধ জমির বাফার ব্যবস্থা বলে। জলাবদ্ধ জমির বাফার ক্রিয়া সৃষ্টি হওয়ার পিছনে প্রধান ৩টি কারণ রয়েছে, যথা —

ক. অম্লীয় মৃত্তিকাতে লোহা ও মেঙ্গানিজের জারণ–বিজারণ ক্রিয়া ;

খ. ক্ষারীয় মৃত্তিকাতে কার্বনিক এসিড উৎপাদন ;

গ. আয়ন বিজারণ বিক্রিয়া।

জলাবদ্ধ জমির প্রধান প্রধান জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ার একটি ৩৬ সংখ্যক সারণি দেওয়া হলো।

ক. অম্লীয় মৃত্তিকাতে লোহা ও ম্যাঙ্গানিজের জারণ–বিজারণ : উঁচু জমি লোহা ফেরিক অক্সাইড আকারে থাকে। সে জমি জলাবদ্ধ হলে এর অক্সিজেন বিমুক্ত হয়ে ফেরাস আয়নে রূপান্তরিত হয়, ফলে মৃত্তিকা দ্রবণের সক্রিয় হাইড্রোজেন ফেরিক অক্সাইডের অক্সিজেনের সাথে মিলিত হয়ে পানিতে পরিণত হয়। এভাবে সক্রিয় হাইড্রোজেনের (H^+) পরিমাণ কমে গিয়ে মৃত্তিকার অম্লত্ব যায় ও প্রশম পর্যায়ে চলে আসতে থাকে।

$$Fe_2O_3 + 6H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2Fe^{++} + 3H_2O$$

অপ্লাবিত জমি — জলাবদ্ধ জমি

অম্লীয় পর্যায় — প্রশম পর্যায়

সারণি ৩৬ : জলাবদ্ধ জমিতে প্রধান প্রধান জারণ–বিজারণ বিক্রিয়া*

বিক্রিয়া	উৎপাদিত দ্রব্য	শক্তি Eo (PH ৭)
$O_2 + 4H^+ + 4e^-$	$= 2H_2O$	০.৮১৪
$2NO_3^- + 12H^+ + 10e^-$	$= N_2 + 6H_2O$	০.৭৪১
$MnO_2 + 4H^+ + 2e^-$	$= Mn^{++} + 2H_2O$	০.৪০১
$CH_3(CO)COOH + 2H^+ + 2e^-$ (পাইরুবিক এসিড)	$= CH_3(CHOH)COOH$ (ল্যাকটিক এসিড)	– ০.১৫৮
$Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^-$	$= Fe^{++} + 3H_2O$	– ০.১৮৫
$SO_4^{--} + 10H^+ + 8e^-$	$= H_2S + 4H_2O$	– ০.২১৪
$CO_2 + 8H^+ + 8e^-$	$= CH_4 + 2H_2O$ মিথেন	– ০.২৪৪
$N_2 + 8H^+ + 6e^-$	$= 2NH_4$	– ০.২৭৪
$NADP^+ + 2H^+ + 2e^-$	$= NADPH$	– ০.৩১৭
$NAD^+ + 2H^+ + 2e^-$	$= NADH$	– ০.৩২৯
$2H^+ + 2e^-$	$= H_2$	– ০.৪১৩

*এক্ষেত্রে, প্রধান অণুজীব অবাত শ্রেণীর

একইভাবে জলাবদ্ধ অবস্থায় ম্যাঙ্গানিক আয়ন ম্যাঙ্গানাসে এবং মৃত্তিকা সক্রিয় হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) পানিতে পরিণত হয়।

$$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{++} + 2H_2O$$

অপ্লাবিত জমিতে অম্লীয় পর্যায় প্রশম পর্যায়

$$Al_2O_3 + 6H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Al^{++} + 3H_2O$$

খ. ক্ষারীয় জলাবদ্ধ মৃত্তিকাতে কার্বনিক এসিড উৎপাদন : ক্ষারীয় মৃত্তিকা জলাবদ্ধ হওয়ার পর সেখানকার জৈব পদার্থ পচন থেকে উৎপাদিত কার্বন ডাই-অক্সাইড পানিতে মিশে কার্বনিক এসিড উৎপন্ন করে। এই কার্বনিক এসিড তারপর হাইড্রোজেন (H^+) ও বাইকার্বনেট (HCO_3^-) আয়নে বিযোজিত হয়। বিক্রিয়াসমূহ নিচে উল্লেখ করা হলো।

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$

$$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$$

কার্বনিক এসিড

$$H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$$

ক্ষারীয় পর্যায় পশম পর্যায়

২। আয়ন বিজারণ বিক্রিয়া

জলাবদ্ধ অবস্থায় জমির জারিত ঋণাত্মক আয়নসমূহ বিজারিত হয়ে মৃত্তিকার সক্রিয় হাইড্রোজেন আয়নের (H^+) কার্যাবলী কমিয়ে দেয়, ফলে সাধারণ অবস্থায় অম্লীয় মৃত্তিকার বিক্রিয়া প্রশম পর্যায়ে চলে আসতে থাকে। এ ধরনের কয়েকটি বিক্রিয়া নিম্নরূপ :

$$SO_4^{--} + 10H^+ + 8e^- \rightleftarrows H_2S + 4H_2O$$

$$2H^+ + 2e^- \rightleftarrows H_2$$

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftarrows 2H_2O$$

$$CO_2 + 8H^+ + 8e^- \rightleftarrows CH_4 + 2H_2O$$

$$2NO_3 + 12H^+ + 10e^- \rightleftarrows N_2 + 6H_2O$$

অম্লীয় পর্যায় প্রশম পর্যায়

জলাবদ্ধতার ফলে জারণ-বিজারণ বিভবের পরিবর্তন

কোনো মৃত্তিকা জলাবদ্ধ হওয়ার পর সেখানে মুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ হ্রাস পায়। এই অবস্থায় মৃত্তিকার অবাত অণুজীব শ্বসনের জন্য অক্সিজেনের উৎস হিসেবে জারিত যৌগের অক্সিজেন ব্যবহার করে। এতে মৃত্তিকার জারণ-বিজারণ বিভবের পরিবর্তন আসে।

অবাত অণুজীবের শ্বসনের জন্য অক্সিজেনের উৎস — জারিত অবস্থা O_2 (মুক্ত অক্সিজেন); বিজারিত অবস্থা SO_4, NO_3 (আবদ্ধ অক্সিজেন)

একইভাবে ফেরিক ও ম্যাঙ্গানিক আয়ন বিস্তারিত হলে মৃত্তিকা জারণ-বিজারণ বিভবে পরিবর্তন আসে। নিচে জলাবদ্ধ অবস্থায় জারণ-বিজারণ বিভব পরিবর্তনের কয়েকটি বিক্রিয়া উল্লেখ করা হলো।

সারণি ৩৭ : জলাবদ্ধ জমির বিভব পরিবর্তন

বিজারণ	বিভব পরিবর্তন
$O_2 \rightarrow H2O$	+ 380 --------- + 320
$NO_3 \rightarrow N_2$, $Mn^{+++} \rightarrow Mn^{++}$	+ 280 --------- + 220
$Fe^{+++} \rightarrow Fe^{++}$	+ 180 --------- + 150
$SO_4^{--} \rightarrow S^{---}$	- 120 --------- - 180
$CO_2 \rightarrow CH_4$	- 200 --------- - 280

৩। জলাবদ্ধ জমিতে নাইট্রোজেন রূপান্তর

কোনো জমি জলাবদ্ধ হওয়ার পর এর নাইট্রোজেন যৌগ ও যৌগ রূপান্তরে ব্যাপক পরিবর্তন আসে। এই পরিবর্তনের প্রধান কারণ হলো জমি জলাবদ্ধ হওয়ার পর সবাত (aerobic) অণুজীবের কার্যাবলী হ্রাস পেয়ে অবাত (anarobic) অণুজীবের কার্যাবলী বেড়ে যায়। নিচে জলাবদ্ধ জমির নাইট্রোজেন রূপান্তরের কয়েকটি বিক্রিয়া উদাহরণ হিসেবে উল্লেখ করা হলো।

নাইট্রেট নাইট্রোজেন বিজারণ

মৃত্তিকা জলাবদ্ধ হওয়ার সাথে সাথে মুক্ত অক্সিজেনের অভাবে নাইট্রেটের (NO_3) অক্সিজেন দূরীভূত হয়ে তা নাইট্রোজেন গ্যাসে রূপান্তরিত হয়। এই প্রক্রিয়াকে ডিনাইট্রিফিকেশন (Denitrification) বলে। এটি একটি অণুজৈবিক প্রক্রিয়া। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :

ক. $2NO_3^- \xrightarrow{-2[O]} 2NO_2^-$

বা $2NO_3^- + H \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$

নাইট্রাস এসিড

নাইট্রাইট আয়ন

খ. $2HNO_2 \rightarrow NO, N_2O, N_2$

গ্যাস

সমগ্র বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ উল্লেখ করা যায় —

$$2NO_3^- \xrightarrow{-2[O]} 2NO_2^- \xrightarrow{-2[O]} 2NO \xrightarrow{\uparrow -[O]} N_2 \xrightarrow{\uparrow -[O]} N_2\uparrow$$

গ্যাস

নাইট্রিক অক্সাইড — নাইট্রাস অক্সাইড — নাইট্রোজেন গ্যাস

চিত্র ৪২–এ জলাবদ্ধ মৃত্তিকাতে নাইট্রোজেন রূপান্তর চক্র বর্ণনা করা হয়েছে।

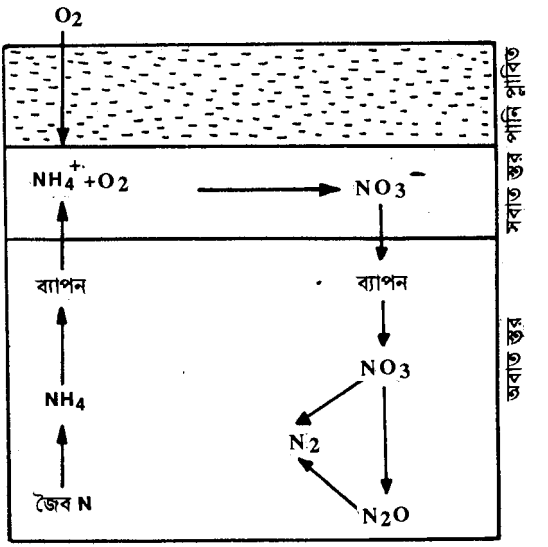
২. নাইট্রিফিকেশন প্রক্রিয়ার হার কমে যায় : *Nitrosomonas* এবং *Nitrobacter* ব্যাকটেরিয়ার সাহায্যে সংঘটিত নাইট্রিফিকেশন একটি জারণ প্রক্রিয়া।

$$NH_4 + O_2 \rightarrow NO_3$$

কিন্তু জমি জলাবদ্ধ হওয়ার পর এসব সবাত ব্যাকটেরিয়ার কার্যাবলী কমে যায় বলে জমিতে নাইট্রেটের বদলে অ্যামোনিয়াম জমা হতে থাকে।

NO_3 ⇌ NH_4

সবাত জমি — অবাত জমি

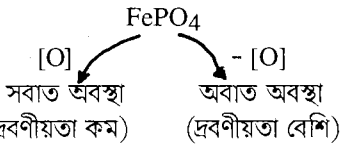


চিত্র ৬০ : প্লাবিত জমিতে নাইট্রোজেন রূপান্তর (অণুজীব সংঘটিত প্রধান প্রধান প্রক্রিয়া — এমোনিফিকেশন, নাইট্রিফিকেশন ও ডিনাইট্রিফিকেশন)।

এছাড়াও জলাবদ্ধ অবস্থায় সবাত অণুজীব সংঘটিত আমিষ বিযোজন, জৈব নাইট্রোজেন সংযোজনসহ অন্যান্য প্রক্রিয়ার হার কমে যায়।

৪। ফসফরাস ও সালফার রূপান্তর

মৃত্তিকার অবাত পরিবেশে ফসফরাসের প্রাপ্যতা বাড়ে। জলাবদ্ধ মৃত্তিকাতে লোহা বিজারিত হয়ে যাওয়ার দরুন আয়রন ফসফেটের ফসফরাস বিমুক্ত হলে এর প্রাপ্যতা বাড়ে। অম্লমান প্রশম পর্যায়ে থাকার দরুনও ফসফরাসের এই রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে।



জলাবদ্ধ জমিতে সালফেট বিজারিত হয়ে সালফাইডে রূপান্তরিত হয়। মৃত্তিকাতে ফেরাস আয়রন বেশি থাকলে ফেরাস সালফাইড, অথবা কম থাকলে তা হাইড্রোজেন সালফাইডে রূপান্তরিত হয়। বিক্রিয়াগুলো নিচে উল্লেখ করা হলো —

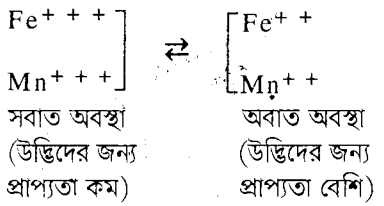
$$SO_4^{--} \xrightarrow{-[O]} S$$

$$Fe^{++} + S \longrightarrow FeS$$

$$2H^{+} + S \longrightarrow 2H_2S$$

৫। লোহা, ম্যাঙ্গানিজ ও এলুমিনিয়াম বিজারণ

জলাবদ্ধ মৃত্তিকাতে ফেরিক ও ম্যাঙ্গানিক আয়ন ফেরাস ও ম্যাঙ্গানাস আয়নে রূপান্তরিত হয়। এতে উদ্ভিদের জন্য লোহা ও ম্যাঙ্গানিজের প্রাপ্যতা বাড়ে।



বিক্রিয়াগুলো নিচে উল্লেখ করা হলো —

$$Fe_2O_3 + 3H_2O \rightleftarrows 2Fe(OH)_3$$

$$Fe(OH)_3 + 3H^{+} + e^{-} \rightleftarrows Fe^{++} + 3H_2O$$

$$Mn_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2Mn(OH)_3$$

$$Mn(OH)_3 + 3H^{+} + e^{-} \rightleftarrows Mn^{++} + 3H_2O$$

একইভাবে এলুমিনিয়ামও পানিতে বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) পরিশোষণ করে এবং এর দ্রবণীয়তা কিছুটা বাড়ে।

৬। জৈব রাসায়নিক পরিবর্তন

মৃত্তিকার জৈব–রাসায়নিক সিস্টেম খুবই গতিশীল। মৃত্তিকার আর্দ্রতা পরিবর্তনের সাথে সাথে এতে কার্যশীল সবাত ও অবাত অণুজীবের কার্যাবলীতে পরিবর্তন আসে।

সারণি ৩৮–এ জলাবদ্ধ জমির প্রধান প্রধান বিক্রিয়া উল্লেখ করা হয়েছে। কয়েকটি প্রক্রিয়া নিম্নরূপ —

কার্বন ডাই–অক্সাইড $\longrightarrow$ মিথেন

অ্যাসেটিক এসিড $\longrightarrow$ বিযোজন, কার্বন ডাই–অক্সাইড

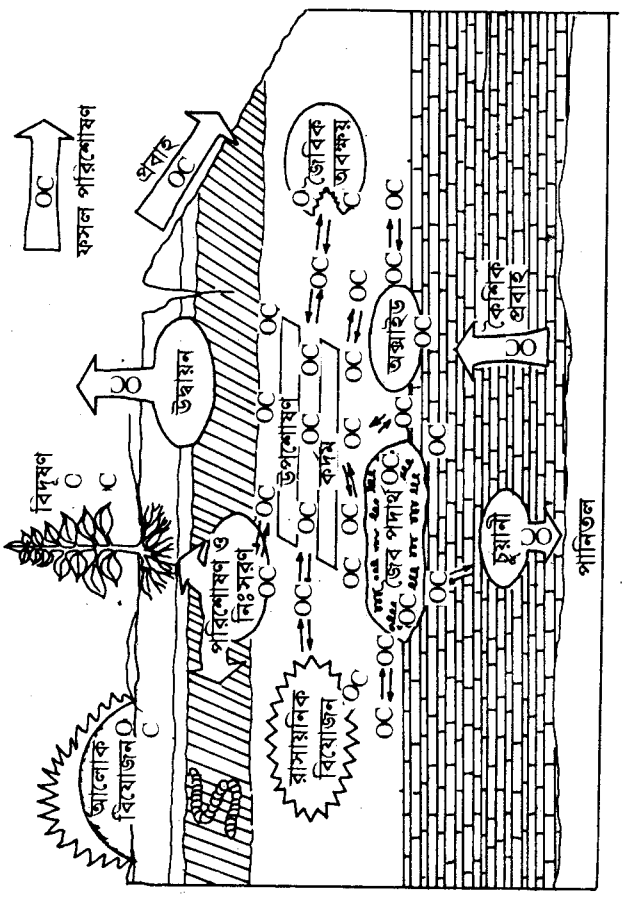
সারণি ৩৮ : প্লাবিত জমির প্রধান প্রধান জৈব–রাসায়নিক বিক্রিয়া

বিক্রিয়া	উৎপাদিত দ্রব্য	অণুজীব/প্রক্রিয়া
$C_6H_{12}O_6$	$\rightarrow CO_2 + 2C_2H_2OH$	অন্যজীবী
$C_6H_{12}O_6 + 4NO_3$	$\rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2N_2$	ডিনাইট্রিফিকেশন
$CH_3COOH + MnO_2$	$\rightarrow 2CO_2 + Mn^{--} + 4H^+$	ম্যাঙ্গানিজ বিজারণকারী
$CH_3COOH + 8Fe^{+++} 2H_2O$	$\rightarrow 2CO_2 + 8Fe^{++} + 8H^+$	লোহা বিজারণকারী
$4H_2 + SO_4^{--}$	$\rightarrow S^{--} + 4H_2O$	ডিসালফোভিব্রিও
$2CH_3CHOHCOOH + SO_4^{--}$	$\rightarrow 2CH_3COOH + 2CO_2 + S^{--}$	সালফেট বিজারণকারী
$CO_2 + 4H_2$	$\rightarrow CH_4 + 2H_2O$	মিথানোমোনাস

গৌণ উপাদানের পরিবর্তন আসে

মৃত্তিকাতে গৌণ পুষ্টিসমূহের প্রাপ্যতা জলাবদ্ধতার ফলে রাসায়নিকভাবে প্রভাবিত হয়। তবে এসব উপাদান সরাসরি জারণ–বিজারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না।

জলাবদ্ধ জমিতে দস্তা ও কপারের প্রাপনীয়তা কিছুটা কমে যায়।



চিত্র ৬১ : মৃত্তিকাতে বালাইনাশক জাতীয় জৈব কার্বন (OC) এর রূপান্তর ও বিদূষণ

৭। বিষাক্ত দ্রব্য রূপান্তর

জলাবদ্ধ জমিতে বিষাক্ত দ্রব্যের স্থায়িত্ব সবাত জমির চেয়ে কিছুটা কম। তবে ক্লোরডেন, ডায়েলড্রিন, এনড্রিন, অলড্রিনজাতীয় কীটনাশকের স্থায়িত্ব জলাবদ্ধ জমিতেও বেশি (সারণি- ৩৯)। সবাত জমির চেয়ে ২-৪ ডি যৌগের স্থায়িত্ব অবাত জমিতে বেশি। প্যারাথিন ও ডায়াজিনন যৌগের স্থায়িত্ব জালাবদ্ধ জমিতে যথাক্রমে ৯ দিন এবং ১৫ দিন, অথচ সবাত জমিতে এদের স্থায়িত্ব যথাক্রমে ২০ দিন ও ৩৫ দিনের বেশি।

সারণি ৩৯ : মৃত্তিকাতে বিষাক্ত দ্রব্যের স্থায়িত্ব

দ্রব্যের নাম	ঘনত্ব (ppm)	৫০% অবক্ষয়ের সময় (দিন)	
		প্লাবিত জমি	সবার্ত জমি
বিএইচসি	৫	২০ দিন	৩০ দিনের বেশি
ডিডিটি	২০	৩০ দিন	৩০ দিনের বেশি
হেপ্টাক্লোর	১৫	৬০ দিন	৯০ দিন
ক্লোরডেন	১৫	১০০ দিনের বেশি	১০০ দিনের বেশি
ডায়েলড্রিন	১৫	১০০ দিনের বেশি	১০০ দিনের বেশি
এনড্রিন	২০	৬০ দিনের বেশি	৬০ দিন
অলড্রিন	২০	৬০ দিন	৫০ দিন
প্যারাথিয়ন	৬০	৯ দিন	২০ দিনের বেশি
ডায়াজিনন	১০	১৫ দিন	৩৫ দিন
সেভিন	৩০	১৩ দিন	২৭ দিন
২-৪ ডি	২০	২৮ দিন	৯ দিন
হিনোসান	৫০	৪ দিন	১০ দিন

উৎস : Soil and Rice, IRRI ১৯৭৮, পৃ. ৪৮১ অনুসরণে

BANSDOC Library
Accession : 17777

গ্রন্থপঞ্জি

BRADY, N. C. 1990. *The Nature and Properties of Soils.* 10th edition. Macmillan Publishing Co. New York 1, 23, 91, 153, 431, 517.

BISWAS, T.D AND S. K. MUKNERJEE. 1987. *Textbook of Soil Science.* TATA-Mcgrow-Hill Publiohing Co. Ltd. New Delhi. P. 177.

SINGH, G. 1991. Environmental deterioration in Indian-Canses and Control. Agri-Cole Publishing Academy. New Delhi. P. 1-40.

FOTH, H. D. 1989. *Fundamentals of Soil Science,* 7th edition. John Willey & Sons Inc. New York P. 21, 373.

SINGER, M. J. and D. N. MUNNS. 1987. *Soils : An Introduction.* McMillan Publishing Co. New York P. 4-10, 21, 57

FITZPATRICK, E. A. 1986. *An Introduction to Soil Science.* Second edition. English language Book Society Longman. HongKong. P. 4, 10, 56.

ROBINSON, D. H. 1977. *Elements of Agriculture.* 15th edition. John Murray. London. P. 1. 37.

DAJI, J. A. 1980. *A Textbook of Soil Science.* Media Promoters & Publisher, Pvt. Ltd. Bombay. P. 8, 22, 42, 167. 316.

Zonn, S. V. 1986, *Tropical and Sub-tropical Soil Science.* Mir Publishers. Moscow. p. 25, 47, 146.

BRIONES, A. M. 1983. *Principles of Soil Science.* University of Philippines. Los Banors. P. 8, 22, 123.

BECKETT, B. S. 1986. *Biology : A Modern Introduction.* GLSE edition. Oxford University Press. P. 251, 262, 272, 283.

MOORMANN, F. R. and N. V. BREEMAN. 1978. Rice : *Soil, Water, Land.* IRRI. LosBanos. Laguna, Philippins. P. 53, 107, 131.

KRAL. D. M. (edited). 1984. Erosion and Productivity of Soils Containing Rock Fragments. Soil Science Society of America. Madison, USA. p. 83.

UNDP-FAO. 1988. Land Resource Appraisal of Bangladesh for Agricultural Development. Report 1. Executive Summary. BARC. Bangladesh.

BARC. 1990. Salinily Problems and Crop Intensification in the Coastal Rigions of Bangladesh. Soils Publication No. 33. MOA. Bangladesh. 22, 31.

KAR. 1980. Handbook on Agriculture. India Council of Agricultural Research New Delhi. 20-72.

IRRI. 1978. 1978. *Soils and Rice.* Los Banos. Philipping. P. 35. 221. 227.

PCARR. 1978. The Philippins Recommends for Soil Fertility Management. Philippins. 1-4,

MUCHOW, R. C. and BELLAMY, J. A. (edited). 1990. Climatic Risk in Crop Production. C. A. B. Internátional. Wallingford. U. K. p. 283, 307.

SANCHEZ, P. A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics.* Wiley Interscience Publication London. p. 52, 96.

AMIN, M. S. 1992. Establishment of Upazial (Thana) Land-Soil Resource Database : Computerizing Thana Soil Nirdeshika, SRDI/BARC. ARP-II (s). Us. AID. MOA. Bangladesh.

মো: সদরুল আমিন। ১৯৯০। *বাংলাদেশ মৃত্তিকার পরিচিতি ও ব্যবহার।* পৃ. ১-৩৯।

মোঃ শহিদুল ইসলাম এবং মোঃ সদরুল আমিন। ১৯৮৮। *সার ব্যবহার নির্দেশিকা।* পৃ. ২৬১।

মোঃ সদরুল আমিন ও অন্যান্য, ১৯৯৩। *কৃষি ও বনায়ন* । ইমাম প্রশিক্ষণ একাডেমী। ইসলামিক ফাউন্ডেশন বাংলাদেশ, পৃ. ১, ৬, ১১৫, ৩৪৯।

আফতাব হোসেন (অনূদিত)। *বিপন্ন ধরণী : প্রতিবেশ ও মানুষ* (মূল : সেনেটর আল গোর)। ১৯৯৫। বাংলা একাডেমী, ঢাকা। পৃ. ১১০, ১২৭, ১৬১।

মোঃ সদরুল আমিন ও অন্যান্য : *মৃত্তিকাবিজ্ঞান।* ১৯৮৩।